

# ДЕФОРМАЦИИ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

М. С. ФРИДМАН

А. И. СТЕЛЬМАХ

В. М. СТАРЕВСКИЙ

В. М. СУХАРЕВСКИЙ,  
А. П. СТЕЛЬМАХ,  
И. С. ФРИДМАН

**ДЕФОРМАЦИИ  
ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ТЕХНИКА“  
КИЕВ — 1970

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
<i>Предисловие</i>	3
<b>Состояние породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик</b>	5
Качественный и фракционный состав отвальной массы	6
Динамика самовозгорания и горения породных отвалов	10
Влияние горения породных отвалов на условия их эксплуатации	17
<b>Основные причины деформаций породных отвалов</b>	18
Выветривание и горение отвальных пород	20
Переувлажнение отвальных пород	27
Деформация оснований отвалов	31
Разработка отвалов прямым забоем в откос	32
<b>Характер деформаций породных отвалов</b>	33
Деформации отвалов в результате их горения	33
Оползневые деформации отвалов в результате их переувлажнения	57
Характер деформаций отвалов при превышении несущей способности основания	66
Обвалы пород откосов отвалов	71
<b>Пути повышения безопасной эксплуатации породных отвалов</b>	78
Требования к размещению породных отвалов	80
Предупреждение самовозгорания породных отвалов	83
Тушение горящих породных отвалов	86
Разборка породных отвалов	91
Меры безопасности при эксплуатации, тушении и разборке породных отвалов	92
Утилизация пород в шахте и на поверхности	95
<b>Приложения</b>	100
<b>Литература</b>	106

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

В последние годы на породных отвалах угольных шахт и обогатительных фабрик участились аварии, выражающиеся в сдвигении и стремительном перемещении значительных объемов пород вниз по откосу. В условиях горящих породных отвалов такие перемещения сопровождаются, помимо механического, еще и тепловым воздействием движущихся нагретых или раскаленных пород и облака пыли и газов, что делает их особо опасными.

На начало 1968 г. в угольных бассейнах страны насчитывалось 2220 породных отвалов, из которых 1303 находились в эксплуатации. Большинство действующих породных отвалов эксплуатируются в горящем состоянии. В последние годы на породных отвалах угольных шахт и обогатительных фабрик произошло 113 оползней и обвалов пород.

Причинами оползней и обвалов пород с откосов отвалов являются изменение химико-физических свойств отвальных пород под воздействием их горения, изменение физико-механических свойств отвальных пород в результате их переувлажнения, превышение несущей способности оснований отвалов и разработка отвалов прямым забоем от основания.

Под воздействием высоких температур отвальные породы образуют спекшийся конгломерат, а на откосах горящих отвалов появляются очаговые полости, в которых сыпучие материалы (зола, перегоревшая и неперегоревшая порода и др.)держиваются в неестественном для них состоянии спекшимися обожженными породами, образующими стенки этих полостей. С нарушением равновесия стенки очаговых полостей разрушаются и вся масса в виде золы, горящих и негорящих пород,

стремясь принять естественный угол откоса, приходит в движение.

При чрезмерном увлажнении отвальных пород угол их естественного откоса уменьшается. Однако спекшиеся или неувлажненные породы на откосах отвала препятствуют увлажненным породам принять естественный для них угол откоса. В результате в средней или нижней части откоса отвала образуется своеобразная «подпорная стенка» из спекшихся или неувлажненных пород. Дальнейшее увлажнение пород приводит к оползневой деформации отвала.

Размещение породных отвалов вблизи искусственных или естественных откосов приводило к оползанию как самих откосов, так и части отвалов, опирающихся на них. Разборка породных отвалов прямым забоем от основания приводила к нарушению устойчивости откосов.

Оползневые деформации и обвалы на откосах отвалов носят скоротечный, лавинообразный характер и происходят в один или несколько циклов. Интервал между циклами равен 5—10 мин и более.

На основании анализа причин, условий возникновения и характера аварий на породных отвалах разработаны мероприятия, позволяющие предупредить возникновение на отвалах оползней и обвалов пород. Наиболее радикальными из предложенных мероприятий являются тушение горящих породных отвалов, профилактика самовозгорания и разборка отвалов, а также утилизация отвальных пород.

Книга написана на основании проведенных авторами в МакНИИ расследований аварий на породных отвалах, изучения и анализа фактических материалов по авариям, а также по результатам обработки сведений о состоянии породных отвалов и исследований, выполненных в течение 1963—68 гг. При написании книги были использованы материалы других исследователей в этой области, теоретические разработки по рассматриваемым вопросам из курсов инженерной геологии, механики грунтов, химии и физики процессов горения твердого топлива и обжига негорючих материалов, физики трения твердых тел.

Авторы будут благодарны читателям за критические замечания и отзывы, которые просят присыпать по адресу: Киев, 4, Пушкинская, 28, издательство «Техника».

## СОСТОЯНИЕ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ И ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

В угледобывающих районах страны имеется значительное количество породных отвалов, большинство из которых подвержено горению. Отвалы загрязняют воздух пылью и продуктами горения. В тех случаях, когда горящие породные отвалы располагаются в пределах промплощадок шахт и обогатительных фабрик, воздух, содержащий вредные и ядовитые газы, может попадать к рабочим местам как на поверхности, так и в подземных выработках.

На породных отвалах могут возникать условия для их периодических деформаций, среди которых наибольшую опасность представляют оползни пород.

В настоящее время в породные отвалы угольных шахт и обогатительных фабрик по ориентировочным подсчетам складировано около 2,6 млрд. т отвальной массы. В породные отвалы ежегодно поступает примерно 120 млн. т породы и наблюдается тенденция возрастания ее потока.

Значительная часть общего количества отвальной массы (60%) складируется в отвалы предприятий угледобывающей и углеперерабатывающей промышленности Донбасса, где выдаваемая из шахт порода составляет 30—35% веса добываемого угля.

Породные отвалы занимают значительную площадь земли, пригодной для строительных и сельскохозяйственных целей. Так, только в Донецком и Львовско-Волынском бассейнах непосредственно отвалами (без учета площади под защитными зонами) занято свыше 17 км<sup>2</sup> земли.

Проведенная в последние годы реконструкция угольных предприятий по существу не коснулась породных

комплексов, в связи с чем в настоящее время самой распространенной формой отвалообразования продолжают оставаться терриконы. Терриконы составляют 83,3% общего числа действующих отвалов. Остальная часть породных отвалов представлена хребтовидными отвалами, отсыпаемыми с подвесных канатных дорог (7,9%), плоскими отвалами и гидроотвалами (8,8%). Этим и объясняется то, что в эксплуатации находятся породные отвалы, достигшие значительных высот и объемов. В СССР 53,5% действующих отвалов имеет высоту более 40 м, а в УССР — 63,6%; преобладают отвалы высотой 40—60 м, которых насчитывается соответственно 467 (35,8%) и 323 (41,8%). Большинство действующих породных отвалов (67,2 и 74,8%) эксплуатируется в горящем состоянии.

При применяемых схемах отвалообразования горению подвержены породные отвалы всех форм: 759 терриконов из 1086 действующих (70,0%), 67 хребтовидных отвалов из 103 (65,0%) и 50 плоских отвалов из 114 (44,7%); по Украине соответственно 75,3; 86,7 и 55,8%. Анализом установлена прямая связь между высотой действующих отвалов и подверженностью их горению. Такая связь характерна для всех применяемых схем отвалообразования, за исключением гидроотвалов. Наибольшей подверженностью горению характеризуются отвалы, имеющие высоту 40—60 м. Для недействующих отвалов также характерно горение отвальной массы: из 918 отвалов горению подвержено 458 (50,0%) (по Украине — 229 из 494, или 46,3%). Наибольшей пожарной опасностью отличаются недействующие отвалы, имеющие высоту 30—60 м (24—28%).

### КАЧЕСТВЕННЫЙ И ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ОТВАЛЬНОЙ МАССЫ

По данным УкрНИИуглеобогащения, наибольшие потери угля с отвальной породой имеют место на шахтах, добывающих антрациты, а минимальные — добывающих коксующиеся угли. В первом случае эти потери относятся к мелким классам отвальной массы (0—25 мм), во втором — ко всем классам, включая и самые крупные. Содержание угля в отвальной массе класса + 25 мм, по

Таблица 1

Зависимость теплового состояния породных отвалов от содержания в породе серы

Содержание серы, %	Количество отвалов	
	Всего	Горючих
<0,5	135	76
0,5—1,0	62	39
1,0—1,5	118	58
1,5—3,0	204	160
3,0—5,0	222	178
≥5,0	125	116

данным ДонУГИ, колеблется в пределах от 1,7 до 12,4%, класса — 25 + 0 мм от 28,61 до 38,68%.

Содержание горючих веществ в отвальной массе углеобогатительных фабрик Донбасса составляет в среднем 40%, хотя на некоторых обогатительных фабриках (Калининская ЦОФ, Мостовская БОФ, Брянская ЦОФ) содержание горючих веществ достигает 45—50%, что объясняется применением малоэффективных способов обогащения, недостаточной отработкой технологии обогащения в тяжелых средах и отсутствием повторного обогащения для извлечения угля из отходов обогащения. Местные скопления горючих веществ в отвалах обогатительных фабрик возможны за счет складирования в них «хвостов» обогащения.

Отвальная масса, помимо угля, содержит значительное количество серы.

На основании данных табл. 1, полученных в результате обследования 866 породных отвалов Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов, можно сделать вывод о наличии прямой связи между тепловым состоянием породных отвалов и содержанием серы в отвальной массе.

Кусковатость отвальных пород может быть самой разнообразной: от нескольких микронов до нескольких сотен миллиметров в поперечнике (табл. 2). Поскольку разгрузка транспортного сосуда обычно ведется на откос отвала, то при скатывании отвальной массы по склону происходит разделение ее по крупности и удельному весу (сегрегация). При этом крупные куски породы располагаются у основания отвала, а вершина отвала слагается, как правило, породами мелких фракций. Такой процесс наблюдается на породных отвалах высотой 40 м и более. За счет сегрегации отвальных пород по крупности и удельному весу содержание горючих веществ в верхней половине терриконов и хребтовидных отвалов

Таблица 2

## Гранулометрический состав пород, направляемых в отвал (по данным ДонУГИ)

Шахта	Выход классов, %					
	+10 мм	25—100 мм	13—25 мм	6—13 мм	1—6 мм	0—1 мм
№ 19/20 треста «Красноармейскуголь»	44,04	29,02	10,14	4,66	8,85	3,29
«Ново-Моспино» треста «Пролетарскуголь»	46,46	39,08	6,14	2,57	3,84	1,91
№ 3-бис треста «Торезантрацит»	38,6	28,7	13,99	7,73	8,55	2,43
№ 10 «Чекист» треста «Петровскуголь»	23,2	33,68	10,97	8,68	14,71	8,76
№ 11-бис треста «Петровскуголь»	30,0	27,7	15,5	9,4	11,2	6,2
«Красная Звезда» треста «Торезантрацит»	38,1	38,8	11,0	9,2	2,3	0,6
«Украина» треста «Селидовуголь»	16,6	43,55	9,0	11,05	10,75	9,05

на 15—25%, а иногда и на 35% выше среднего их содержания в потоке. Кроме того, отсыпка породных отвалов происходит в условиях неравномерного поступления горючих веществ с отвальной массой, так как наряду с породой в отвалы зачастую направляется и уголь, полученный при зачистке горных выработок и их ремонте. В результате возникают скопления горючих веществ в отдельных участках отвала, достигающие в некоторых случаях 70% по объему.

В качестве примера характера сегрегации отвальной массы по крупности и удельному весу могут служить ситовые анализы, выполненные ДонУГИ на породных отвалах шахт «Красная Звезда» треста «Торезантрацит» и «Украина» треста «Селидовуголь» (табл. 3). С ростом отвалов происходит увеличение и слоев отвала (зон сегрегации). Этим и объясняется зависимость между тепловым состоянием отвалов и их высотой. Различия в зонах сегрегации на терриконах и хребтовидных отвалах объясняются условиями формирования отвалов (рис. 1).

Общим для структуры терриконов и хребтовидных отвалов является характер изменения их плотности: вершина отвала (зона 3), сложенная породой мелких фрак-

Таблица 3

## Гранулометрический состав отвальных пород

Шахта	Бед. отвалы, нас. засол.	Крепость отвала нах. горюч. (по противопожар.)	Место отвала посл. нарезки	Борд. классы, %					
				-100 мм	-50 мм	0-50 мм	0-13 мм	1-6 мм	6-1 мм
«Красная Звезда» треста «Го- разднегаз»	Первый. 42,5 №	Антитектон. —2,0	На полога	38,1	38,6	11,0	9,2	2,3	0,5
				26,1	38,9	12,9	11,6	9,5	1,7
				33,9	35,2	7,3	6,4	4,4	0,8
Первый — 64		В средней части сти- кости	На полога	63,3	18,5	5,4	5,0	2,4	0,3
				66,3	18,5	5,4	5,0	2,4	0,3
				63,3	18,5	5,4	5,0	2,4	0,3
«Левобережный» треста Семилов- ского	Христофор стриж 28,5 №	Уголь — 134	На полога	16,6	33,5	4,0	11,05	10,75	9,05
				17	8,6	19,2	25,0	36,6	6,9
				17	8,6	19,2	25,0	36,6	6,9
Первый — 392		В средней части сти- кости	На полога	21	19,95	25,9	21,6	24,2	6,25
				11,0	26,6	8,4	1,8	1,3	0,9
				11,0	26,6	8,4	1,8	1,3	0,9

ций, обладает наибольшей плотностью; затем плотность отвалов уменьшается в направлении от вершины (через среднюю зону 2) к подножью (зона 1). Поэтому для некоторых терриконов нижняя  $\frac{1}{3}$  часть отвала (для дру-

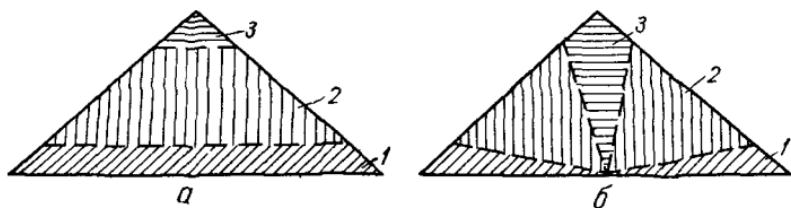


Рис. 1. Структура породных отвалов:  
а — террикон; б — хребтовидный отвал.

гих нижняя  $\frac{1}{2}$  часть) хорошо проницаема для воздуха, а остальная — слабо или практически непроницаема.

Различия в структуре отвалов углеобогатительных фабрик по высоте наблюдаются менее отчетливо, что объясняется отсутствием существенного различия в отвальной массе по фракционному составу.

## ДИНАМИКА САМОВОЗГОРАНИЯ И ГОРЕНИЯ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Причиной возникновения горения на породных отвалах в большинстве случаев является самовозгорание горючих веществ, которые содержатся в отвальной массе в виде угля, сростков породы с углем, углистых сланцев, аргиллитов, древесины и различных соединений серы, в основном в виде пирита. Горючие вещества в потоке отвальной массы угольных шахт составляют 15—30%, при этом, по данным УкрНИИуглеобогащения, содержание угля в потоке отвальной массы угольных шахт Донбасса составляет в среднем 5—7% по объему.

Самовозгорание материалов в отвалах носит очаговый характер, а его развитие происходит за счет последующего расширения участков горения. В основе самовозгорания отвальных пород лежат те же принципы, что и при самовозгорании угля и других самовозгорающихся материалов.

Склонность материалов к самовозгоранию не определяется однозначно только их химической активностью.

Прогрессирующее самонагревание зависит также от физического состояния материала и достаточно длительного поступления кислорода к его поверхности, когда тепло, генерированное при окислительных процессах, будет накапливаться в материале (пассивная теплоотдача).

Наиболее благоприятные условия для самовозгорания породной массы шахтных терриконов и хребтовидных отвалов создаются на границе 1 и 2 зон (рис. 1). На терриконах и хребтовидных отвалах углеобогатительных фабрик такие условия возникают между 2 и 3 зонами. Не менее благоприятные условия для самовозгорания могут возникнуть также в 1 и 2 зонах терриконов и хребтовидных отвалов шахт и обогатительных фабрик при попадании в плотные слои кусков пород, труб, древесины, рельсов и др.

Относительно плотная структура вершин терриконов и хребтовидных отвалов затрудняет воспламенение их отвальной массы и приводит к чрезвычайно медленному распространению горения: горючие вещества на вершинах таких отвалов продолжают гореть в течение многих лет после прекращения отсыпки на них пород.

Неравномерная усадка отвальной массы, вследствие ее неоднородности, осадка основания отвала, в результате его перегрузки, приводят к возникновению в отвале трещин, способствующих проникновению воздуха к его внутренним частям и возникновению в них очагов самовозгорания и горения.

На действующих породных отвалах возникший процесс горения поддерживается в зоне отсыпки пород новыми поступлениями горючих веществ с отвальной массой. Вне зоны отсыпки пород или же при прекращении отсыпки породы на отвал горение заканчивается после выгорания горючих веществ. Возникшее горение воздействует даже на слои с незначительной концентрацией горючих веществ, подвергая их негорючую составную часть тепловой обработке.

В течение 1963—67 гг. для изучения теплового состояния породных отвалов Донбасса и характера их горения были выполнены температурные съемки ряда породных отвалов разных форм и высот, в результате чего было установлено, что горение породных отвалов приурочено обычно к зоне отсыпки пород, происходит на глубине

0,2—3 м от поверхности отвала и носит очаговый характер.

В качестве примера приводим результаты температурной съемки террикона Ново-Моспинской брикетно-обогатительной фабрики (БОФ). Ко времени температурной съемки (весна 1963 г.) террикон достигал высоты 20 м, угол откоса в зоне отсыпки пород составлял 38°. На террикон ежесуточно поступало 200 м<sup>3</sup> отвальной массы с зольностью 55—65% и содержанием серы 2,5—3%. На всей поверхности террикона, за исключением хвостовой части, наблюдалось интенсивное горение отвальных пород.

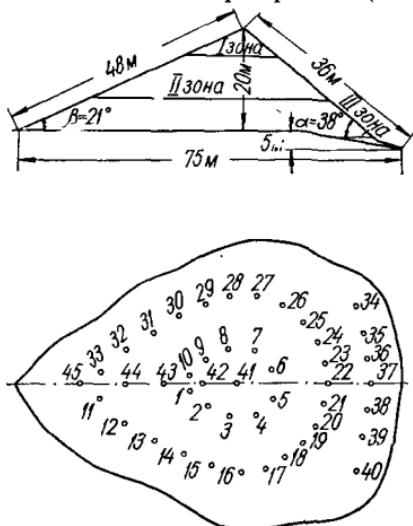


Рис. 2. Схема размещения шпуров.

разделен на три зоны, в которых были пройдены шпуры глубиной 0,5—2 м (рис. 2). Шпуры первой зоны (№ 1—10) располагались в верхней части террикона, шпуры второй (№ 11—33) — в средней, третьей (№ 34—40) — в нижней его части. Шпуры № 41—45 располагались вдоль рельсовых путей террикона. При прохождении шпуров в отдельных местах отвала встречались спекшиеся породы мощностью 0,2—0,3 м. В средней части откоса отвала, в зоне отсыпки пород, была пройдена контрольная скважина на глубину 7 м.

Измерение температуры пород в шпурах и скважине производилось хромель-алюмелевыми термопарами типа ТХА с помощью потенциометров ПП-02. Температура поверхности породного отвала замерялась ртутными термометрами.

Из-за значительной загазованности атмосферы у поверхности породного отвала пожарными газами все работы выполнены в изолирующих самоспасателях СК-4. Высокие температуры пород (300—1000° С) были обна-

ружены во всех трех зонах, при этом максимальная температура ( $1023^{\circ}\text{C}$ ) была замерена в шпуре № 16 на глубине 1 м.

Первая зона (рис. 3) была представлена перегоревшими породами с температурой около  $50^{\circ}\text{C}$ , а также породами с температурой около  $500^{\circ}\text{C}$ , находящимися в стадии горения. Максимальная температура пород на перегоревших участках отвала распределилась следующим образом: 0,5 м — 95; 1 м — 76; 1,5 м — 83 и 2 м —  $86^{\circ}\text{C}$ . Для пород, находящихся в стадии горения, это распределение носило следующий характер: 0,5 м — 482; 1 м — 409; 1,5 м — 501 и 2 м —  $331^{\circ}\text{C}$ .

Вторая зона была представлена перегоревшими и остывшими породами с температурой около  $18^{\circ}\text{C}$ , перегоревшими и неостывшими породами с температурой около  $240^{\circ}\text{C}$  и породами с температурой до  $800^{\circ}\text{C}$ , находящимися в стадии горения.

Максимальная температура пород второй зоны распределилась следующим образом. Для перегоревших и остывших пород: 0,5 м — 13; 1 м — 18; 1,5 м — 15 и 2 м —  $18^{\circ}\text{C}$ . Для перегоревших, но не остывших пород: 0,5 м — 240; 1 м — 131; 1,5 м — 50 и 2 м —  $88^{\circ}\text{C}$ . Для пород, находящихся в стадии горения: 0,5 м — 941; 1 м — 1023; 1,5 м — 967 и 2 м —  $933^{\circ}\text{C}$ .

Третья зона слагалась породами, тепловое состояние которых было аналогичным породам второй зоны. Распределение максимальных температур пород третьей зоны, находящихся в стадии горения, следующее: 0,5 м — 428; 1 м — 383; 1,5 м — 373 и 2 м —  $216^{\circ}\text{C}$ .

Распределение температуры пород в скважине показано на рис. 4.

Породный отвал Ново-Моспинской БОФ в тепловом отношении, в соответствии с результатами обследования, можно условно разделить на две части: хвостовая, сложенная выветрившимися, перегоревшими и остывшими породами красно-серого цвета, средняя температура пород не превышала температуру окружающей среды; боковые и лобовая части отвала (зона отсыпки пород), сложенные горящими породами, интенсивное горение отвальных пород наблюдалось на глубине 0,2—1,5 м, цвет пород был от темно-серого до красного.

Таким образом, в результате исследований МакНИИ характера горения и теплового состояния породных

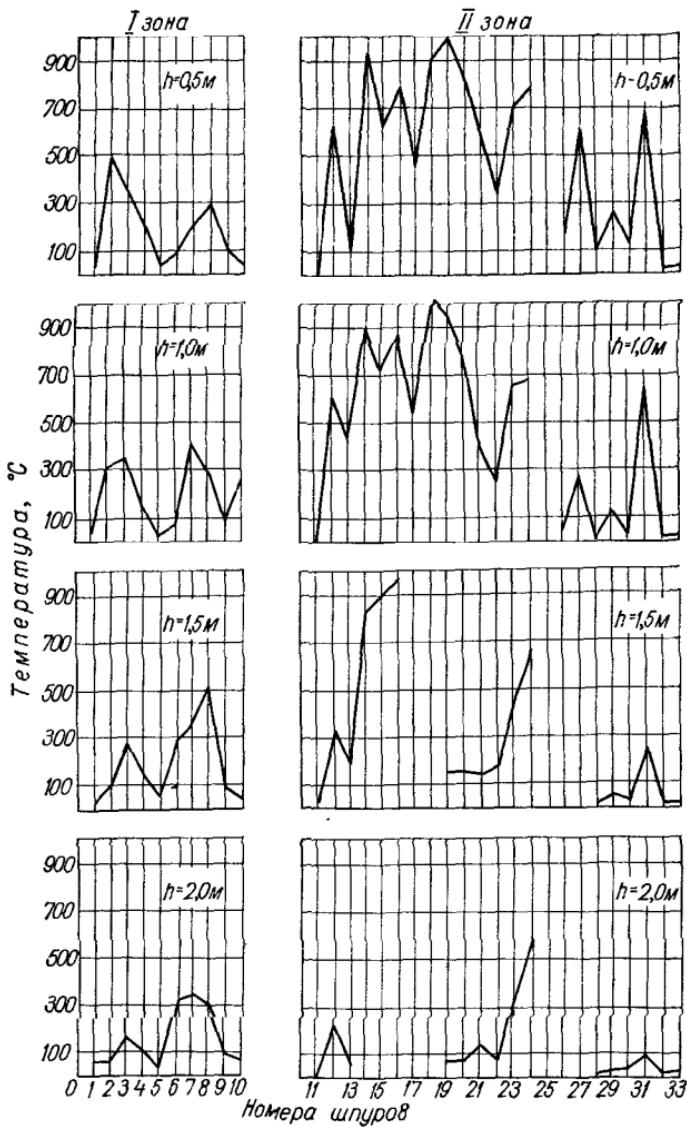


Рис. 3. Графики распределения температуры в шпурах.

отвалов установлено следующее: горение носит очаговый характер и на действующих отвалах в зоне отсыпки пород имеет устойчивый характер. Температура пород в зоне горения достигает  $800$ — $1200^{\circ}\text{C}$ ; в слоях породы, расположенных выше и ниже очага горения, температура золы и пород несколько ниже. По степени подверженности горению терриконы и хребтовидные отвалы по высоте можно условно разделить на три части: верхнюю,

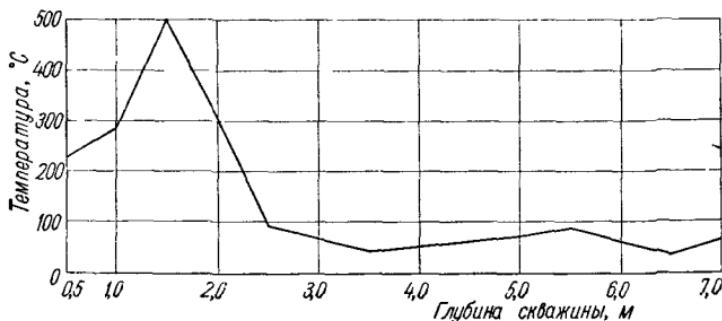


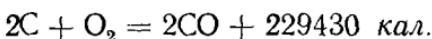
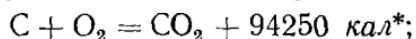
Рис. 4. График распределения температуры в скважине.

сложенную неперегоревшей, но нагретой породой; среднюю горящую часть; нижнюю, негорящую, где возможны только отдельные поверхностные очаги горения. Высокая температура пород может сохраняться длительное время (десятилетия).

Глубина горения отвальной массы, при прочих равных условиях, определяется интенсивностью отвалаобразования и горения пород: при низкой интенсивности отсыпки пород горящий слой располагается обычно непосредственно на поверхности отвала; при значительной интенсивности отсыпки глубина горения достигает 3 м, а в некоторых случаях, когда воздух в слой горения поступает только по трещинам в отвальной массе, даже 5—6 м.

Для очагов горения характерно наличие спекшейся и обожженной породы, горящей и негорящей (свежеотсыпанной) отвальной массы. В горящем породном отвале происходит газообразование, которое соответствует следующим основным процессам: окислению и газификации горючих материалов, реагированию отдельных компонентов продуктов горения с раскаленным углеродом и между собой (восстановительные реакции).

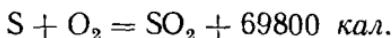
Основными продуктами процессов окисления и газификации являются газы:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и жирные углеводороды  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  и  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Окисление угля и углистых пород происходит по реакциям



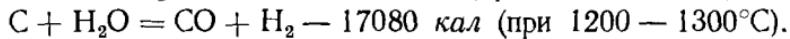
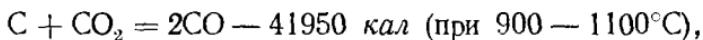
Нагретый колчедан ( $\text{FeS}_2$ ) взаимодействует с парами воды



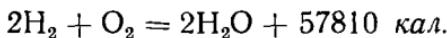
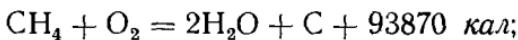
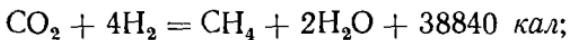
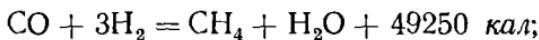
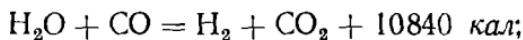
Находящаяся в отвальной массе сера сгорает, образуя сернистый газ,



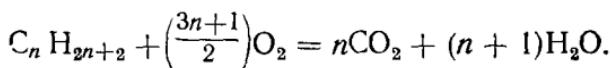
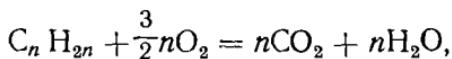
Газовые компоненты продуктов окисления и газификации реагируют с углеродом в отвальной массе (восстановительные реакции):



Продукты горения и газификации материалов при длительном контакте могут реагировать также и между собой (вторичные реакции):



Образующиеся при нагреве жирные углеводороды сгорают по уравнениям:



\* Согласно ГОСТ 9867—61 за единицу количества тепла принят джоуль (дж), 1 кал=4,1868 дж.

Горючие газы ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$  и др.) образуются при окислении отвальной массы и реагировании продуктов горения между собой и с раскаленными продуктами в слое мощностью не более 5—6 м. Под действием тепловой диффузии возможно фильтрование образовавшихся газов через пористые слои породы к поверхности отвала и рассеивание их в атмосфере, окружающей отвал, т. е. скопление больших количеств взрывчатой смеси горючих газов в породном отвале, по-видимому, произойти не может.

### ВЛИЯНИЕ ГОРЕНИЯ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ НА УСЛОВИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

При инструментальном обследовании теплового состояния горящих породных отвалов Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов пустот выгорания значительных объемов обнаружено не было, так как усадка отвалов в этих бассейнах происходит по мере выгорания из них горючих материалов.

Постоянное горение отвалов вызывает разрушение рельсовых путей и их деформацию, перекос разгрузочных ферм и усиленную коррозию металла, создавая неблагоприятные условия для их эксплуатации. В связи с этим возникает необходимость в присутствии людей на отвалах для устранения неполадок оборудования, вызванных действием горения отвальной массы.

Дополнительный объем ручных работ на горящих терриконах шахт Донбасса, в зависимости от степени их горения и применяемых средств механизации, колеблется по данным ДонпромстройНИИпроекта, от 15 до 100 чел-смен в месяц.

Анализ технико-экономических показателей эксплуатации породных отвалов показал, что эксплуатация горящих терриконов обходится в 1,5—2 раза дороже эксплуатации негорящих. На отдельных отвалах наблюдалось настолько интенсивное горение отвальной массы, что работы по передвижке ферм и другие ремонтные работы приходилось выполнять в респираторах. Так, в Кузбассе на шахтах «Капитальная» № 1 и «Капитальная» № 2 треста «Осинникиуголь» ремонтные работы на терриконах обогатительных фабрик выполнялись

работниками ВГСЧ. При этом в течение года на шахте «Капитальная» № 1 в респираторах было отработано 10 774 чел.-ч, на шахте «Капитальная» № 2 — 6224 чел.-ч.

## ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИЙ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Породы в действующих и недействующих отвалах угольных шахт и обогатительных фабрик непрерывно подвергаются воздействию приземного слоя воздуха, в результате чего физико-химические свойства отвальных пород претерпевают изменения, а отвалы подвергаются деформациям.

По внешнему проявлению деформации породных отвалов можно подразделить на следующие виды: осьпи, оплывы, размывы, просадки и трещины (разломы), оползни и обвалы. Наиболее опасными из этих деформаций являются оползни и обвалы пород.

Под оползнем пород со склона отвала понимают смещение (скольжение) массы отвальных пород вниз по склону под влиянием силы тяжести. Оползни следует рассматривать как результат нарушения равновесия пород под воздействием выветривания или переувлажнения их атмосферными осадками или подземными водами, процесса горения отвальных пород, а также действия внешних сил (сейсмические толчки, увеличение нагрузки в верхней части склона, накопление отвальных пород и др.).

Обвал — это отрыв и перемещение массы отвальных пород вниз по склону, их опрокидывание и дробление. Обвалы происходят в результате ослабления связности отвальных пород и действия силы тяжести. Их возникновению способствует неправильное ведение работ при разборке отвалов, сводящееся к образованию круtyх или вертикальных откосов, особенно в условиях трещиноватости и слоистой структуры откоса отвала.

По данным анализа, оползневые деформации наиболее часто возникали на действующих и недействующих терриконах и хребтовидных отвалах (табл. 4), однако действующие терриконы (особенно горячие) все же чаще подвергались оползням.

Таблица 4

## Деформации породных отвалов

Формы и состояние породных отвалов	Количество по-родных отвалов	Количество де-формированных отвалов	Деформированные отвалы		
			от просадки отдельных участков отвала	от оползней и обвалов пород	от пластич-кого течения грунтов основания
Терриконы: действующие недействующие	1086 825	146 32	36 23	104 9	6 —
Хребтовидные отвалы: действующие недействующие	103 23	9 1	3 1	6 —	— —
Плоские отвалы: действующие недействующие	114 70	4 —	1 —	3 —	— —
Всего отвалов: действующих недействующих	1303 918	159 33	40 24	113 9	6 —

Деформации породных отвалов возникают вследствие изменения физико-механических свойств пород как в поверхностном слое, так и на различной глубине отвалов; превышения несущей способности грунтов, служащих основанием отвалов; нарушения устойчивости откосов отвалов при разборке прямым забоем от основания и др.

Просадки, трещины и разломы на отвалах могут явиться следствием как неустойчивости их оснований, так и горения отвала отдельными очагами. Последнее по мере выгорания горючих материалов вызывает неравномерное опускание отдельных частей отвала, особенно его вершины. Когда угол естественного откоса отвала превышает угол внутреннего трения отвальных пород, возникают осьпи из отдельных частиц и кусков породы, сползающих по откосу к подошве отвала; осьпи характерны для участков горения отвальных пород.

При оползании пород со склонов негорячих отвалов опасность представляет механическое воздействие перемещающегося кускового материала, а на горячих, помимо механического воздействия, еще и тепловое воздействие нагретого или раскаленного кускового материала и облака раскаленной пыли и нагретых газов.

## ВЫВЕТРИВАНИЕ И ГОРЕНИЕ ОТВАЛЬНЫХ ПОРОД

Физико-механические и химические свойства пород в отвале под воздействием приземного слоя воздуха (климатическое воздействие), процессов горения, естественного увлажнения пород изменяются непрерывно как по всей поверхности, так и в толще отвалов.

**Климатические воздействия.** Физико-механические свойства отвальных пород изменяются под воздействием климата, главным образом, в поверхностном слое, выражающимся в значительных колебаниях температуры воздуха, периодической подсушке и увлажнении пород.

Воздействие климата сказывается в первую очередь на изменении угла естественного откоса пород, в связи с чем они стремятся занять новое, естественное для них положение, и проявляется на отвале в виде перемещения самых мелких частиц породы (аэрозоль) движущимся потоком воздуха, медленного сползания мелких кусков породы в сухую погоду (осыпь) и перемещения мелких кусков породы водой (сель).

Мельчайшие частицы породы (пыль), уносимые ветром в виде аэрозоля, распространяются на большой площади вокруг отвалов.

Во время выпадения атмосферных осадков или при орошении отвалов водой мелкие частицы пород с большей или меньшей скоростью, в зависимости от объема поступающей на поверхность отвала воды, перемещаются к его основанию. На поверхности отвала образуются размывы (рис. 5), а у основания отвала и на некотором расстоянии от него (при спокойном рельефе местности в 5—10 м от основания) образуется заметное скопление частиц (оплывы) породы.

Таким образом, под влиянием климата породные отвалы деформируются весьма медленно, а последствия

деформаций в преобладающем большинстве случаев не являются катастрофическими.

**Горение отвальных пород.** В процессе горения отвальная порода претерпевает существенные химико-физические изменения: горючая масса отвала сгорает, а негорючая часть подвергается обжигу; при этом часть породы под воздействием высоких температур образует спекшийся конгломерат или же шлак.

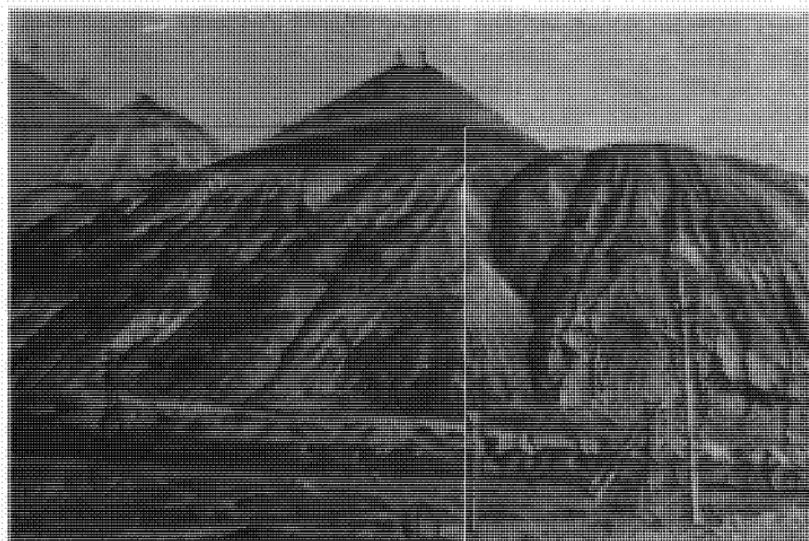


Рис. 5. Характер деформации поверхности отвалов под воздействием климатических процессов

В процессе обжига негорючая часть отвальной массы претерпевает изменения, среди которых следует отметить изменения в гранулометрическом составе и угле естественного откоса. Интенсивность изменения физико-механических свойств пород определяется их минералогическим составом [19].

К примеру, процесс разрушения глинистых сланцев под воздействием высоких температур происходит значительно быстрее, чем известняков. Так, в интервале температур 100—120° С из глинистых сланцев удаляется гигроскопическая влага, а при температуре более 450° С происходит отщепление из них гидратной воды. При 700° С за счет расплавления легкоплавких примесей,

образующих эвтектические смеси \*, начинает образовываться жидкая фаза [4].

Это явление характеризует собой начало спекания, которое происходит в определенном температурном интервале \*\*. Если температура превышает интервал спекания, то начинается процесс плавления глинистых сланцев. Температура плавления глинистых сланцев понижается при наличии в них окислов железа, марганца, калия, кальция, магния и др. Обжиг известняков протекает при температуре 900—1300° С, а их плавление — при 2572° С. Температура плавления песчаников зависит от их минералогического состава и понижается при наличии в их составе в качестве примесей значительного количества полевого шпата

Чистый полевой шпат (ортоклаз или микроклин) плавится при температуре 1180—1200° С, превращаясь при этом в вязкую массу. Содержание натрия в полевом шпатае понижает температуру его плавления и уменьшает вязкость расплавленной массы. В процессе горения в зоне максимальных температур происходит плавление золы. Температура плавления (начала деформации) золы различных видов ископаемых топлив, по данным Г. Ф. Кнорре [17], А. Ф. Добрянского [11] и Н. А. Киселева [16], колеблется в пределах 800—2000° С.

По степени плавкости различают два вида золы: тугоплавкую и легкоплавкую. Г. Ф. Кнорре указывает, что вид еще не определяет поведение золы в процессе горения, так как легкоплавкая зола северных сланцев не шлакуется (или почти не шлакуется) в слоевых процес сах, в то время как донецкие антрациты, как правило, сильно шлакуются не только при содержании легкоплавких зол, но и при сравнительно тугоплавких золах.

В настоящее время степень плавкости золы ископаемых топлив характеризуют тремя температурными характеристиками: температурой начала деформации (плавления) —  $t_{\text{н.д.}}$ , температурой размягчения —  $t_p$  и температурой жидкотекучего состояния  $t_{\text{ж.}}$ . Степень

\* Составы, обладающие наиболее низкой температурой плавления по сравнению с температурами плавления отдельных компонентов смеси при условии, что они не образуют химического соединения.

\*\* Под интервалом спекания понимают интервал температур между началом спекания и началом плавления, когда начинается деформация нагреваемого образца.

плавкости золы по ее составу характеризуется следующим эмпирическим соотношением [1]:

$$a = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}} \%$$

Эта характеристика в самых общих чертах дает качественное представление о плавкости золы: чем меньше величина  $a$ , тем зола более легкоплавка. Температура плавления золы понижается при наличии в отвальных породах серного колчедана, а также в присутствии в золе отвальных пород закиси железа, окислов магния и кальция, которые обычно содержатся в зольных остатках отвальных пород (табл. 5).

Таблица 5

**Химический состав золы отвальных пород, %**

Предприятие	Зольность пробы	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{SO}_3$
Чумаковская ЦОФ	72,4	36,54	12,59	19,04	1,46	1,49	1,37
Моспинская БОФ	76,57	39,88	7,44	25,24	1,3	1,25	1,46

Влияние содержания окислов железа на степень плавления золы зависит, главным образом, от среды, в которой протекает процесс горения: окислительной, восстановительной или же полу восстановительной. В первой из них закись железа ( $\text{FeO}$ ) окисляется до более прочного соединения — окиси железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), которое менее активно взаимодействует с силикатной основой шлака по сравнению с закисью железа.

Наименее активна закись железа в условиях восстановительной среды, где она восстанавливается до чистого железа и в этом виде не принимает участия в дальнейших реакциях, происходящих в золе. Закись железа наиболее активна при плавлении золы в полу восстановительной среде, где она при высоких температурах образует легкоплавкие силикаты во взаимодействии с силикатной основой золы ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

Влияние серного колчедана на степень плавкости золы состоит в том, что нагретый колчедан взаимодействует с парами воды с образованием закиси железа. В процессе слоевого горения наблюдается так называемое

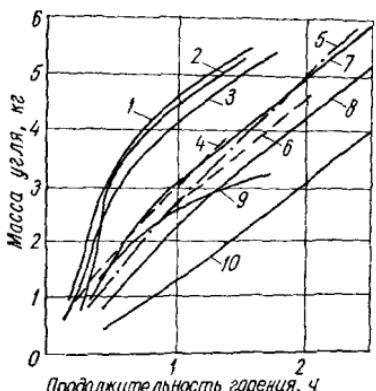


Рис. 6. Кривые интенсивности горения углей и антрацитов:

1, 2 — уголь марки Д; 3, 5 — уголь марки Г; 4, 8, 9 — уголь марки ПЖ; 6 — уголь марки ПС, 7, 10 — антрацит.

гломератов. В состав последних входят как зола, так и отвальные породы, примыкающие к зоне шлакования или же спекания.

Возникновение в горящем слое породных отвалов высокой температуры, достаточной для плавления золы, зависит от содержания в нем горючих веществ, интенсивности горения и теплопроводности отвальной массы. Интенсивность горения отвальных пород при прочих равных условиях зависит от марки угля, содержащегося в отвальных породах, так как высокая интенсивность горения, по заключению П. С. Матюшенко [19], характерна только для длиннопламенных и газовых углей (рис. 6). Интенсивность горения отвальных пород определяется также скоростью движения воздуха, проходящего через горящий слой (рис. 7): с увеличением скорости до определенных пределов максимальная температура в горящем слое повышается.

Поступление в горящий слой воздуха обуславливается, в основном, тепловой депрессией и аэродинамическим сопротивле-

«озоление» кусков угля, состоящее в том, что горящие куски угля покрываются в поверхностном слое золой, которая постепенно образует вокруг них воздухонепроницаемую изолирующую оболочку. В. В. Лапин [18] установил, что в этих условиях для топливных шлаков и золы характерно содержание частиц несгоревшего топлива до 30—40 %.

Наличие расплавленной золы, и в первую очередь ее легкоплавких компонентов, обусловливает образование на породных отвалах как шлака, так и спекшихся кон-

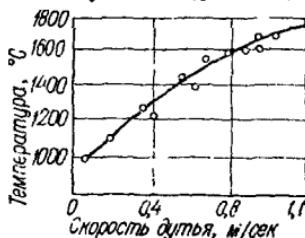


Рис. 7. Зависимость температуры в слое горящего электродного угля от скорости дутья (по данным Х. И. Колодцева).

нием слоя. Если же в отвальной массе содержатся угли с большим выходом летучих, то воздух будет проникать в горящий слой также за счет перепада давления, создаваемого потоком летучих.

Закономерность движения газов через слой зернистого материала, расположенный перпендикулярно направлению движения газов, описывается следующим выражением [17]:

$$\Delta p = \frac{l\omega^2\gamma_0(1-\varepsilon)\phi\bar{\phi}\lambda_3}{d_3^22q\varepsilon^3},$$

где  $\Delta p$  — перепад давления в слое;  $\lambda_3$  — коэффициент трения;  $l$  — высота (мощность) слоя;  $d_3$  — диаметр зерен;  $\gamma_0$  — удельный вес зерен;  $\varepsilon$  — пористость слоя (отношение объема пор к общему объему);  $\omega$  — средняя скорость движения газов в слое;  $\phi\bar{\phi}$  — коэффициент формы частиц;  $q$  — ускорение свободного падения.

Отсюда

$$\omega = \sqrt{\frac{\Delta p d_3^2 2 q \varepsilon^3}{l \gamma_0 (1-\varepsilon) \phi \bar{\phi} \lambda_3}}.$$

Из выражения видно, что с увеличением диаметра зерен средняя скорость движения газов в слое, а следовательно, и интенсивность горения слоя возрастают.

Мощность горящего слоя на породных отвалах и температура в слое горения зависят от количества горючих в отвальной массе, интенсивности и способа отсыпки пород, а также от минералогического состава отвальных пород, который определяет структуру отвала.

Если на отвал поступают в преобладающем количестве известняки, то горение на таких отвалах носит интенсивный характер; при этом мощность горящего слоя, по сравнению с отвалом, сложенным глинистым сланцем, при сопоставимых условиях будет значительно меньше.

Необходимым условием возникновения зон спекания, кроме высоких температур, является также определенное соотношение содержания в очаге горения горючих и негорючих компонентов. В центре очага горения, где преобладают горючие компоненты отвальной массы, интенсивнее всего происходит и накопление золы, часть которой под воздействием высоких температур может находиться в жидкой фазе (расплавленном состоянии). В пограничной зоне очага горения, где температура отвальной массы ниже, происходит обжиг и плавление негорючих

компонентов отвальной массы с образованием конгломерата.

Таким образом, спекание отвальной массы на горячих отвалах возникает при соответствующем минеральном составе породы, мощности горящего слоя, марках углей и наличии в них серного колчедана. Можно предположить, что благоприятные условия для возникновения спекания создаются при поступлении в отвалы породы, содержащей угли марок Д или Г. Температура плавления золы снижается с увеличением содержания в породе серного колчедана и закиси железа.

Как уже отмечалось, под воздействием высоких температур у отвальных пород изменяются как угол внутреннего трения, так и угол естественного откоса.

Так, Ю. А. Рыжков [26], исследуя углы естественного откоса перегоревших пород с отвалов шахты «Коксовая» № 1, установил, что наблюдается уменьшение значения угла естественного откоса с увеличением крупности пород и увеличение его для влажных пород по сравнению с породами естественной влажности (табл. 6).

Таблица 6

Значения углов естественного откоса в зависимости от крупности и влажности породы

Крупность породы, мм	Угол естественного откоса					
	для породы естественной влажности			для влажной породы		
	мини- мальный	макси- мальный	средний	мини- мальный	макси- мальный	средний
0—3	34° 20'	36° 20'	35° 10'	38° 20'	39° 40'	39° 10'
3—6	32° 50'	34° 20'	33° 20'	35° 50'	36° 40'	36° 20'
6—12	31° 10'	33° 50'	32° 40'	35° 10'	36° 20'	35° 50'
12—25	30° 40'	32° 20'	31° 20'	32° 00'	33° 20'	32° 50'
25—50	29° 50'	31° 50'	30° 40'	31° 30'	33° 10'	32° 10'
50—100	28° 20'	31° 00'	29° 30'	30° 35'	33° 00'	31° 00'

Подобные результаты Ю. А. Рыжков получил при исследовании пород Ново-Усятского карьера и перегоревших пород отвалов шахты им. Дзержинского (Кузбасс), подтвердив исследованиями вывод Л. И. Барона и М. Д. Фугзана [2]. Ю. А. Рыжков установил также, что

Таблица 7

Среднее значение насыпного веса и влажности пород Ново-Усятского карьера в зависимости от крупности породы

Крупность породы, мм	Насыпной вес по- роды естествен- ной влажности, г/см <sup>3</sup>	Весовая влажно- сть естественно- влажной породы, %
0—3	1,43	3,04
3—6	1,17	2,53
6—12	1,21	2,11
12—25	1,26	1,84
25—50	1,26	1,65
50—100	1,28	1,08

наиболее широкий диапазон увеличения угла естественного откоса пород по мере уменьшения размера кусков, т. е. обратная связь, наблюдалась для пород Ново-Усятского карьера, где они были представлены преимущественно аргиллитами (70%) и песчаниками, в сравнении с породами шахтных отвалов, состоящих из обожженных песчаников, аргиллитов и алевролитов.

Л. И. Барон [3] обратил внимание на тот факт, что при расщепе пород Ново-Усятского карьера, имевших естественную влажность, весовое содержание влаги в мелких фракциях было гораздо выше, чем в крупных (табл. 7).

Можно предположить, что увеличение содержания влаги в пробах способствовало увеличению угла естественного откоса по мере уменьшения крупности слагающих пород. На откосах горящих породных отвалов создается несколько иное положение. Под воздействием высоких температур породы в зоне горения теряют воду: пленочную (обволакивающую пленкой твердые частицы сыпучего тела), гигроскопическую (впитанную в поры твердого вещества) и конституционную (химически связанную с веществом породы).

В очагах горения в результате термической обработки отвальной порода (мелкие и крупные фракции) находятся в одинаковых условиях в отношении содержания в них влаги, что должно повлечь за собой изменение характера указанной выше зависимости.

### ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЕ ОТВАЛЬНЫХ ПОРОД

Увлажнение отвальных пород грунтовыми водами, атмосферными осадками или при искусственном орошении отвалов (смыв пород мелких фракций с вершины отвала, охлаждение нагретых масс водой и др.) происходит в большей или меньшей мере как в процессе отвало-

образования, так и после прекращения отсыпки породы в отвал. Значительное увлажнение отвальных пород происходит также при складировании в отвал шламов.

Степень увлажнения отвальных пород сказывается, главным образом, на величине угла естественного откоса. В табл. 8 приведены значения углов естественного откоса для сухих, влажных и мокрых пород [21].

Таблица 8

Значения углов естественного откоса при различной влажности горной породы

Горная порода	Угол естественного откоса, град. для породы		
	сухой	влажной	мокрой
Песок	28—35	30—40	22—27
Суглинок	40—50	35—40	25—30
Глина жирная	40—45	35	15—20
Растительный грунт	40	35	25
Разрыхленные скальные породы различной крупности	32—45	36—48	30—40

К сухим принято относить естественно влажные сыпучие породы, которые содержат только конституционную и гигроскопическую воду. К влажным (сырым) относятся такие сыпучие породы, которые содержат, наряду с конституционной и гигроскопической, еще и пленочную воду. Сыпучие породы, содержащие дополнительно свободную воду между твердыми частицами, относятся к мокрым.

Л. И. Барон [3] указывает, что на основе практических наблюдений установлено увеличение угла естественного откоса до некоторого предела по мере увлажнения материала, слагающего этот откос, но затем, при дальнейшем увеличении содержания влаги, угол естественного откоса снижается. Это положение подтверждают исследования института УкрНИИуглеобогащение. Зависимость угла естественного откоса флотационного концентрата крупностью менее 0,5 мм от влажности приведена ниже:

<b>Влажность флотационного концентрата, %</b>	<b>Угол естественного откоса, град</b>
3	40
8	50
15	40
24	20

Ю. А. Рыжков [26], проводивший исследования по данному вопросу, определил значения влажности (в весовых единицах), при которых угол естественного откоса пород Ново-Усятского закладочного карьера принимал максимальное значение, и назвал его предельной весовой влажностью. При этом, если весовое содержание влаги во фракции любой крупности превышало предельную весовую влажность, то угол естественного откоса уменьшался; наиболее интенсивное уменьшение угла естественного откоса наблюдалось у мелких фракций. Аналогичные результаты были получены при испытании увлажненных пород с отвалов шахт «Коксовая» № 1 и им. Ф. Э. Дзержинского.

Ю. А. Рыжков сделал также вывод о том, что с увеличением крупности пород значение предельной весовой влажности уменьшается. В связи с этим следует ожидать, что при смачивании пород отвала водой их устойчивость снизится в первую очередь в нижней части откоса.

После полного насыщения пород водой, т. е. когда наблюдается переход из трехфазной среды (порода — вода — воздух) в двухфазную (порода — вода), в них развивается внутреннее гидродинамическое давление, которое снижает силы трения [33]. Мощность поверхностного слоя отвалов, в котором происходят изменения физико-механических свойств отвальных пород в результате увлажнения, зависит от фильтрационных свойств и теплового состояния пород этого слоя.

При регулярном смыве отвальных пород с вершины терриконов, а также при фильтрации воды через откосы отвалов происходит вынос из откосов отдельных (несвязанных) частиц. Это воздействие водного потока на откос называется суффозией. При наличии фильтрационного потока величина угла откоса сыпучих пород должна определяться по уравнению [33]:

$$\alpha_1 \ll (\alpha_s - \delta),$$

где  $\alpha_1$  — угол откоса отвала;  $\alpha_0$  — угол естественного откоса отвальных пород;  $\delta$  — угол, на который изменяется величина угла откоса отвала в результате действия водного потока.

Фильтрационные свойства отвальных пород определяются кусковатостью, их механической прочностью, степенью выветренности и теплового воздействия. Неперегоревшие породы обладают несколько меньшей фильтрационной способностью в сравнении с перегоревшими. Об этом свидетельствуют результаты замеров температуры пород в шпурах, расположенных на горизонтальной площадке террикона бывшей шахты «Каменка», которая образовалась в процессе разборки отвала: шпуры 1 и 2 были пройдены в перегоревших породах, шпуры 3 и 4 — в неперегоревших. Замеры температур в шпурах производились до и после охлаждения слоя пород горизонтальной площадки водой.

Температура пород в шпурах 1 и 2 на глубине 0,5 м от поверхности площадки снизилась после охлаждения почти вдвое, а в шпурах 3 и 4 на этой же глубине снижение температуры не наблюдалось (табл. 9).

Таблица 9

Изменение температуры в слое перегоревшей и неперегоревшей породы под воздействием воды

Породы	Номера шпуров	Temperatura пород, °C, на глубине					
		0,5 м		1 м		1,5 м	
		до охлаждения слоем водой	после охлаждения	до охлаждения слоем водой	после охлаждения	до охлаждения слоем водой	после охлаждения
Перегоревшие	1	400	233	415	476	393	473
	2	257	109	265	95	218	108
Неперегоревшие	3	486	486	516	564	570	597
	4	111	118	113	118	109	116

## ДЕФОРМАЦИЯ ОСНОВАНИЙ ОТВАЛОВ

Прочность и устойчивость инженерных сооружений (в том числе и породных отвалов), возводимых на грунтах, определяются не только напряжениями в грунте по контакту с сооружением или же свойствами слоя грунта, непосредственно примыкающего к сооружению, но также напряжениями, возникающими в нижележащих слоях грунта, и их свойствами. Вопрос осадки сооружения должен решаться с учетом значения и распределения напряжений в слоях грунта на значительную глубину от подошвы сооружения.

Н. А. Цытович [34] считает установленным тот факт, что допускаемые давления на грунт определяются, во-первых, физическими свойствами грунтов основания (плотность, сопротивление сдвигу и др.) и, во-вторых, свойствами самих сооружений, возводимых на грунте, в частности, их жесткостью и чувствительностью к осадкам.

В соответствии со строительными свойствами грунтов выделяют три фазы их напряженного состояния. Первая фаза затухающих деформаций возникает тогда, когда в массивных (скольких) горных породах они являются, главным образом, фазой упругих деформаций, а в рыхлых породах — фазой уплотнения, уменьшения их пористости.

С увеличением нагрузки в грунтах возникает вторая фаза деформаций — фаза сдвигов, т. е. незатухающих деформаций ползучести, которые имеют вид следующих друг за другом скольжений. Для массивных горных пород и сплошных тел — это фаза пластического течения, а для грунтов — фаза постепенного развития областей предельного равновесия. Для этой фазы характерно увеличение осадков, которые бывают неравномерными в разных местах сооружения. Для большинства инженерных сооружений эта фаза рассматривается как критическая, недопустимая в основаниях сооружений и массивах грунта вследствие нарушения условий их прочности и устойчивости.

При дальнейшем увеличении нагрузок происходит увеличение скорости деформации грунта, а площадки сдвигов сливаются в одну криволинейную поверхность

скольжения. Пластическое течение грунта основания приводит к неравномерным просадкам сооружения с образованием вокруг сооружения вала из выпущенного грунта.

Третья фаза характеризуется постоянным возрастанием скорости деформации, почему ее называют фазой прогрессирующего течения. Для твердых массивных тел — это фаза разрушения, для грунтов — фаза выпирания. Третья фаза наступает внезапно и носит скоротечный характер.

В соответствии с этим Н. А. Цытович называет две критические нагрузки, разделяющие фазы между собой: первая — критическая нагрузка соответствует наступлению фазы сдвигов, вторая — фазы выпирания.

Н. Я. Денисов [10] обращает внимание на тот факт, что осадки выстроенных на лессе и лессовидных суглинках сооружений, появляющиеся при повышении влажности последних, связаны исключительно с уплотнением пород и никогда не вызывались выпиранием пород и что просадочные явления нередко возникают через несколько десятков часов после начала инфильтрации воды в лесс при далеко не полном заполнении пор водой.

Условия работы грунтов в основании породных отвалов определяются, помимо их физико-механических свойств, наличием или же отсутствием подработки площадки горными работами, горизонтальным или наклонным заложением площадки, размещением отвалов вблизи естественных или искусственных откосов (балки, овраги и др.).

## РАЗРАБОТКА ОТВАЛОВ ПРЯМЫМ ЗАБОЕМ В ОТКОС

Возросшие объемы строительных работ в послевоенное время вызвали потребность в большом количестве строительных материалов, в связи с чем возникла необходимость в разборке породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик. В последнее время эти работы выполняются также с целью освобождения территории, занимаемой отвалами, и обеспечения безопасных условий.

Работы по разборке породных отвалов выполняются почти во всех угольных бассейнах и месторождениях СССР. Так как эти работы ранее обычно выполнялись строительными организациями, то технология работ

определялась наличием техники: это были, как правило, экскаваторы. Технология работ в связи с применением экскаваторов сводилась к разборке отвалов прямым забоем от основания на всю высоту откоса.

Поскольку в строительных целях применима перегоревшая порода, то разборке подвергали перегоревшие, а иногда и продолжающие еще гореть отвалы. В процессе разборки горевших в прошлом отвалов оказалось, что даже те из них, которые не имеют в поверхностном слое каких-либо признаков горения или же высоких температур, внутри могут сохранять высокую температуру (несколько сотен градусов), что объясняется низкой теплопроводностью отвальных пород.

Почти во всех случаях применения технологии разборки породных отвалов прямым забоем от основания (в 1945 г. в Воркуте, а в последующие годы в Донбассе, Кузбассе и Караганде) происходили обвалы пород уступов.

Так, в Кузбассе с 1948 по 1954 г., по данным Томского политехнического института, при разборке породных отвалов вертикальным забоем от основания зарегистрировано 30 случаев обвалов пород со склонов терриконов. Наибольшее число случаев обвалов уступов терриконов при разборке произошло на шахтах треста «Анжеро-уголь» (из терриконов шахты № 5—7, которые имели высоту от 24 до 72 м, было извлечено 410 тыс. м<sup>3</sup> перегоревшей породы, при этом произошло несколько обвалов объемом от 5 до 1000 м<sup>3</sup> породы).

Примерно в это же время аналогичная технология разборки породных отвалов находит применение в Донецком и Карагандинском бассейнах. Разборка терриконов в этих бассейнах сопровождалась неоднократными обвалами уступов пород.

## ХАРАКТЕР ДЕФОРМАЦИЙ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

### ДЕФОРМАЦИИ ОТВАЛОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИХ ГОРЕНИЯ

Если на отвале в зоне отсыпки пород наблюдается равномерное горение отвальных пород по всей поверхности, то в слое горения сыпучие материалы в виде золы

и горящей породы свободно принимают естественное состояние — перемещаются вниз в виде осыпей, делая откос более пологим. Если же горение в зоне отсыпки носит очаговый характер и при этом слой горения еще и удален от поверхности отвала, то сыпучие материалы не могут принять угол естественного откоса в случае, когда они удерживаются в очаговой полости в неестественном для них состоянии спекшимися обожженными породами, образующими стенки полости (рис. 8).

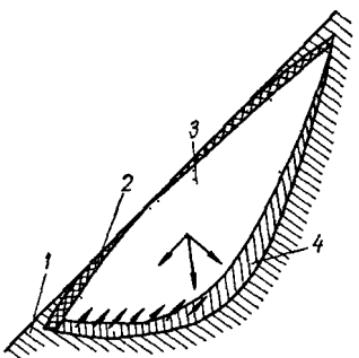


Рис 8 Характер распределения горящих и негорящих пород в очаге горения

1 — порода подвергающаяся термическому воздействию 2 — слой горящей породы 3 — перегоревший сыпучий материал (зола, пепел и др.), 4 — слой спекшейся породы

ние течения расплавленного шлака, так и за счет уменьшения разности давлений между реакцией стенок очаговой полости и давлением на нее сыпучих материалов, слагающих эту полость, при наличии спекания

В последнем случае с нарушением равновесия стенка очаговой полости, удерживающая в неестественном состоянии сыпучие материалы, разрушается и вся масса в виде золы, горящих и негорящих пород, а также разрушенных спекшихся и обожженных пород стенок полости, стремясь принять естественный для них угол откоса, приходит в движение — происходит оползень пород.

Для разрушения стенок очаговой полости и нарушения неустойчивого равновесия пород часто бывает достаточно воздействия даже незначительного по величине импульса силы (отсыпка пород, интенсивное парообразование при попадании в очаг горения значительного

В условиях продолжающейся отсыпки пород на горящую поверхность происходит увеличение размеров полости очага (главным образом по высоте) и объема заполняющей ее массы.

Качественные изменения отвальных пород в полости очага горения приводят к возникновению неустойчивого равновесия. Это состояние вызывается как за счет пребывания части отвальных пород в зоне высоких температур в жидкой фазе, когда наблюдается состоя-

количества воды во время атмосферных осадков, заполнение полости очага водой или пульпой, грозовой разряд, осадка основания отвала).

Разрушение стенки очаговой полости, состоящей из спекшихся обожженных пород, может носить длительный характер. Первоначально под действием указанных выше импульсов в спекшихся породах могут образоваться только трещины; в дальнейшем происходит непосредственное их разрушение. В этом случае разрушение возможно и без дополнительного воздействия импульсов силы.

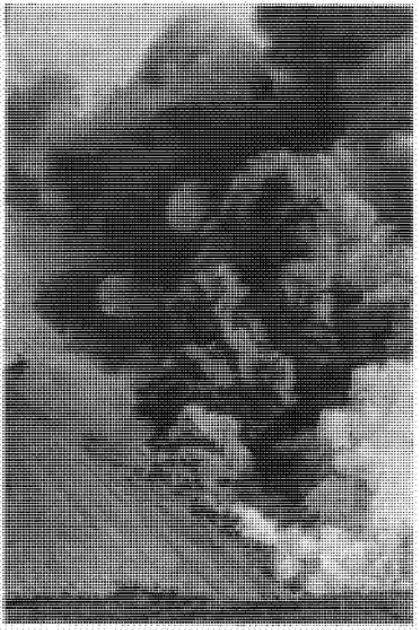
Действие внешних дополнительных импульсов силы на отвал может сказываться как в увеличении нагрузки на стенки полости очага (отсыпка пород), так и в уменьшении прочности самой стенки (орошение отвала, нагнетание в него пульпы, атмосферные осадки). При образовании над очаговой полостью свода из спекшихся пород или шлаков давление свежеотсыпаемых пород на золу и горящие породы уменьшается: спекшиеся породы зависают. Однако, когда со временем свод разрушается, давление на золу и горящие породы, а следовательно, и на стенки полости возрастает.

При оползании пород со склона горящего отвала вскрываются значительные площади отвала с температурой в несколько сотен градусов, доступ кислорода к которым был ограничен. Обнажение таких пород приводит к возникновению восходящих конвективных воздушных потоков.

Под влиянием подъемной силы, создаваемой конвективными потоками, над движущейся массой сыпучих материалов образуется облако пыли и газов, которое перемещается в направлении движения всей лавины. Существенные корректиры в направление и скорость движения облака пыли и газов вносит ветер, особенно с уменьшением скорости и количества движущейся массы. Высота подъема облака пыли и газов зависит от разности температур воздуха и обнаженной поверхности пород, в отдельных случаях она достигает нескольких сотен метров (рис. 9). При этом в Кузбассе наблюдались случаи вспышек облака пыли и газов.

В оползне принимают участие породы различных фракций: от пылевидных до глыб спекшейся породы объемом в несколько кубических метров. Дальность

перемещения кускового материала в процессе оползня резко возрастает с увеличением высоты отвалов (начальной потенциальной энергии) и зависит от характера протекания (скоротечности) оползневого процесса и объема отвальной массы, участвующей в оползне. Дальность перемещения облака пыли зависит еще от направления и скорости ветра.



При значительной высоте терриконов (100 м и более) оползшая масса перемещалась на расстояние до 240 м, а мельчайшие ее частицы во взвешенном состоянии (аэрозоль) — на несколько километров от подножья отвала (шахта № 5—6 им. Димитрова треста «Красноармейск-уголь»). В этих условиях плотное облако пыли переместились на расстояние до 400 м, сохраняя настолько высокую температуру, что листья на деревьях обуглились.

Дальность перемещения кускового материала увеличивается при раз-

Рис. 9 Облако пыли и газов, сопровождавшее оползень пород с террикона

мещении отвалов на наклонном основании и уменьшается, когда на пути оползневых пород имеются искусственные или естественные препятствия в виде насыпей и пр. При этом, даже если породы и не останавливаются насыпью, их кинетическая энергия все же частично гасится. Такой случай имел место при оползании пород с террикона шахты № 7 «Трудовская» (г. Донецк) в 1963 г.

Наиболее опасными в эксплуатации следует считать горящие терриконы высотой более 60 м, поскольку на таких терриконах имели место аварии, сопровождавшиеся скоротечным (лавинообразным) оползневым перемещением больших масс горящих, перегоревших и неперегоревших пород.

Наиболее вероятным импульсом силы для образования оползней на потушенных и перегоревших отвалах являются деформации пород основания отвала и выпадение атмосферных осадков. Вода проникает в полость бывшего очага горения и этим самым увеличивает силовую нагрузку на стенки полости. Непосредственное воздействие воды на стенки полости вызывает уменьшение их сопротивления. Тушение пульпой или водой в районе очага горения может оказывать аналогичные воздействия на стенки полости очага. В таких случаях оползающая масса может иметь характер пульпы (сель).

По размерам и характеру оползни бывают весьма разнообразны: на одних породных отвалах в оползании участвовало несколько десятков кубометров, а на других — несколько сотен тысяч кубометров породы. Так, на шахте № 5—6 им. Димитрова треста «Красноармейскуголь» в оползневом процессе участвовало 35 тыс.  $m^3$  породы, на шахте № 1 им. Челюскинцев треста «Петровскуголь» — около 150 тыс.  $m^3$ , а на терриконе шахты № 6—14 треста «Красногвардейскуголь» — всего 60  $m^3$ .

По характеру смещения пород на откосе Ф. П. Саваренский [27] разделяет оползни на две категории. При оползневых деформациях I категории процесс смещения начинается в основании или в средней части откоса (склона) неустойчивых пород. По мере отделения и оползания участков, находящихся в недостаточно устойчивом равновесии, начинают смещаться более высокие части откоса, пока, наконец, весь откос или значительная часть его не приходят в движение. При оползневых деформациях II категории процесс смещения начинается отделением верхней части откоса: массив, не удерживаемый более силами сцепления и трения, начинает двигаться, сминает или вызывает движение пород нижней части откоса. В большинстве случаев оползни, возникающие в результате горения отвальных пород, имеют признаки оползневых деформаций I категории.

Оползшая масса располагается у подножья отвала: в описанных ниже примерах мощность слоя у подножья отвала достигала 0,5—6,0 м и на определенном расстоянии от отвала, в зависимости от его высоты, плавно уменьшалась до нуля. Основная масса переместившегося материала была представлена мелкодисперсной пылью и породой мелких фракций. На поверхности слоя

встречались спекшиеся глыбы различных размеров. Оползшие породы имели высокую температуру, наблюдались даже признаки горения. В процессе оползания на поверхности отвалов образуется плоскость скольжения (отрыва), по своей форме близкая к круглоцилиндрической. Ширина плоскости скольжения в разных случаях имела различные размеры: от нескольких метров до нескольких десятков метров. Так, после оползня пород с террикона шахты № 5—6 им. Димитрова максимальная ширина этой плоскости составила 60—70 м; мощность слоя оползших пород определена в пределах 2—15 м.

В зависимости от высоты отвала движение пород в оползневом процессе происходит в один или несколько циклов и может достигать сравнительно больших скоростей, принимая лавинообразный характер. К примеру, при оползневой деформации террикона шахты № 7 «Трудовская» было замечено девять, а при оползневой деформации террикона шахты № 6—14 — два цикла оползания. Циклы оползания пород могут следовать сразу один за другим с небольшим интервалом времени (5—40 мин), а иногда через значительные промежутки. Так, на породном отвале № 2 шахты № 10 треста «Селидовуголь» первые сдвижения пород на склоне произошли 14 ноября, а последующие 4, 15 и 16 декабря 1967 г.

Обычно, когда оползни происходят со значительным интервалом времени, их рассматривают изолированно друг от друга. Из-за скоротечного характера протекания оползней на горящих отвалах их в литературе ошибочно характеризуют как взрыв или выброс. Такие оценки характера аварий вводят в заблуждение производственников и лишают их возможности разрабатывать эффективные мероприятия для устранения причин, вызывающих эти явления.

Исследование механизма деформаций породных отвалов показало, что перемещение породы не сопровождалось взрывной волной, о чем свидетельствуют: наличие плоскостей скольжения; отсутствие на терриконе по обеим сторонам русла движения оползших масс пыли и кусков породы; отсутствие воронок в местах расположения глыб спекшихся пород; спокойное размещение оползшей породы у основания отвала и др. Все это позволяет сделать предположение о том, что деформации отвалов не носят характера взрыва или выброса.

Рассмотрим примеры оползней пород, возникших в результате горения отвалов.

**Шахта № 3—3-бис треста «Прокопьевскуголь».** 15 июня 1954 г. оползневой деформации подвергались терриконы № 1 и 2 (высота каждого — 71—72 м.).

Породный комплекс шахты был представлен четырьмя терриконами, которые эксплуатировались в горящем состоянии. Через полчаса после начала дождя с грозой на терриконах № 1 и 2 произошли оползневые деформации: на сопряжении терриконов, имевшем вид лощины, и на боковом склоне террикона № 2.

Место деформации в лощине имело вид жолобообразной траншеи протяженностью около 45 м и глубиной 5—8 м, заканчивающейся вертикальной стенкой (уступом). Траншея вскрыла красные, хорошо обожженные породы. Объем траншеи составил 3600 м<sup>3</sup>. На боковом откосе террикона № 2 деформация захватила часть склона шириной около 25 м; объем оползшей породы составил 1200 м<sup>3</sup>. Толщина слоя оползшей породы у подножья отвала местами достигала 2 м. Оползшими породами были повреждены строения, находившиеся на расстоянии 40 м от подошвы отвала. Облако пыли переместилось на расстояние до 200 м от терриконов. Зоны теплового и механического действий оползших пород показаны на рис. 10.

Импульсы силы, вызвавшие оползень пород с откоса террикона № 2 и в лощине между терриконами, могли возникнуть в результате интенсивного испарения воды при попадании ее в значительном количестве в очаги горения.

**Шахта № 1 «Коксовая» треста «Прокопьевскуголь».** 15 августа 1954 г. во время сильного дождя оползневой деформации подвергся горящий террикон № 1 высотой 72 м. В оползне участвовало около 8 тыс. м<sup>3</sup> отвальной массы, слагающей лобовую часть террикона. Порода переместилась на расстояние 50—60 м от подошвы террикона и расположилась у его основания в виде языка шириной 30 м, угол наклона поверхности оползших пород составил 8—10°.

В результате оползня на откосе террикона образовалась оползневая полость, которой были вскрыты не только перегоревшие и спекшиеся, но и неперегоревшие породы: оползневой уступ находится в 15—20 м ниже

вершины терриконов. Оползневая деформация возникла также в результате интенсивного испарения воды при попадании ее в очаги горения.

**Центральная обогатительная фабрика «Чумаковская».** В марте 1957 г. произошла оползневая деформация лобовой части интенсивно горящего террикона № 2, который имел высоту 76 м (рис. 11). Объем породы, при-

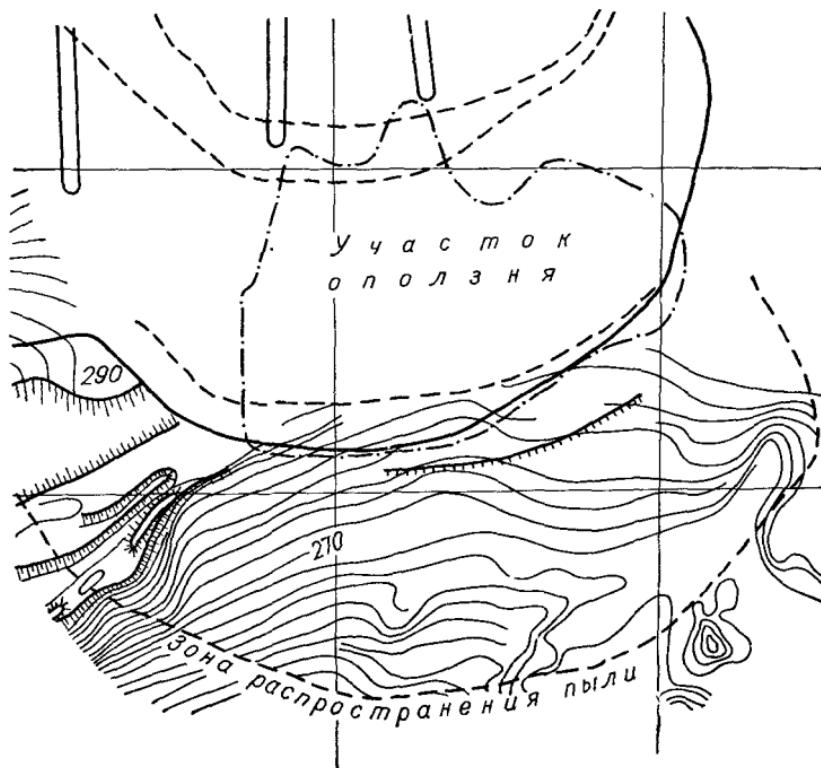


Рис. 10. Зоны теплового и механического действий при оползне пород со склона террикона.

шедшей в движение, составил примерно 75 тыс. м<sup>3</sup>. В результате оползневой деформации на терриконе вскрылась плоскость скольжения, верхняя часть которой имела наклон к горизонту 65—70°.

Импульс силы возник в результате обильных атмосферных осадков, выпавших накануне деформации отвала в виде дождя. Деформации террикона № 2 предшествовало несколько оползней пород, из которых наиболее значительным был оползень на терриконе № 1.

**Центральная обогатительная фабрика «Комсомолец».** Эксплуатация породного отвала фабрики сопровождалась неоднократными оползневыми деформациями его откосов после достижения терриконами высоты 30 м. Одна из них, самая значительная, произошла летом

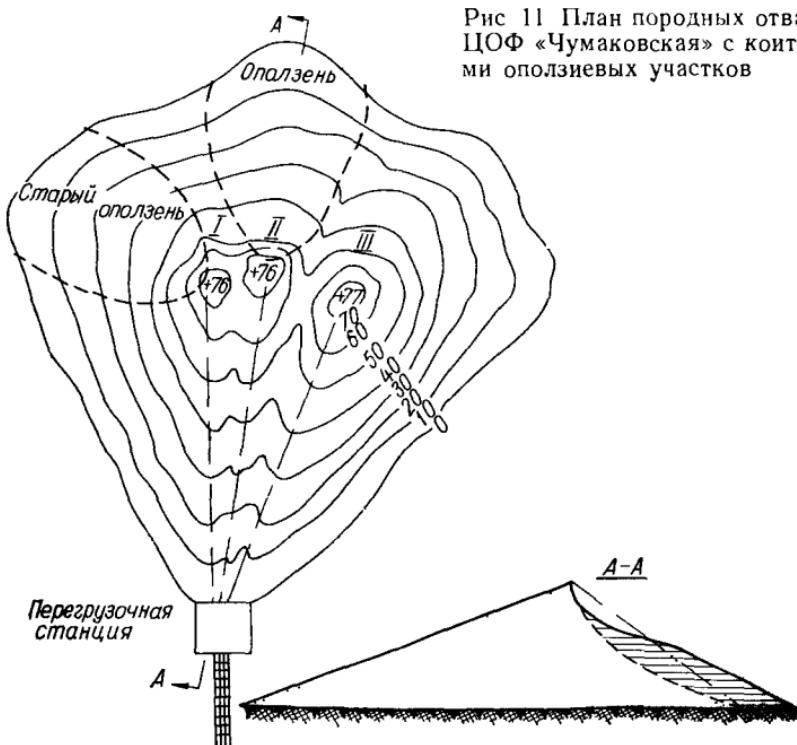


Рис 11 План породных отвалов ЦОФ «Чумаковская» с контурами оползневых участков

1961 г. на лобовом откосе террикона № 1 высотой 78—80 м (рис. 12), в оползне участвовало свыше 100 тыс. м<sup>3</sup> породы. Оползень захватил вершину отвала, образовав на его откосе значительное углубление. У отвала образовался породный язык протяжением 30—45 м и высотой у подножья террикона 8 м.

**Шахта № 1 «Давыдовка» треста «Шахтерскантрацит».** 16 июня 1961 г. во время ливневого дождя оползневой деформации подвергся лобовой откос интенсивно горящего террикона № 1 высотой 45—50 м. Лобовая часть террикона № 1 была расположена на склоне бал-

ки, на скалистом грунте с глинистым покрытием мощностью до 1 м.



Рис. 12. План породных отвалов ЦОФ «Комсомолец» с контурами оползневых участков.

Горящая масса объемом 600—620 м<sup>3</sup> сползла с большой скоростью по откосу и переместились на расстояние 25 м от подошвы террикона. Оползень сопровождался образованием черного облака пыли высотой 5—10 м и языков пламени. Плоскость скольжения в верхней части отвала имела ширину 25, в нижней — 45 м (рис. 13). В это же утро оползни пород произошли также на восточном и западном склонах террикона.

Оползневая деформация террикона возникла в результате интенсивного парообразования в очагах горения значительных объемов воды, попавшей в них при атмосферных осадках.

**Обогатительная фабрика Кадиевского коксохимзавода.** На фабрике имелся террикон, заложенный в 1949 г. на старом плоском отвале, высотой 23 м, основание которого имело наклон 6—8°. В лобовой части террикона (зоне отсыпки пород) по истечении некоторого времени после начала эксплуатации отвала возникло интенсивное горение, продолжавшееся затем в течение всего срока эксплуатации.

К середине апреля 1962 г. в отвал было складировано около 1,2 млн. т породы. Высота террикона достигала 91 м (проектная 82 м). Террикон в основании был сложен породами мелкого класса (48,5% класса 25—8 мм, 26,7% класса 8—3 мм). Техническим анализом отвальной породы установлено содержание золы в количестве 66,8, серы — 7,39, влаги — 7,1 и летучих — 14,0% на сухую массу.

В основании террикона с углом падения 38° залегают глинистые наносы мощностью 4,3, уголь — 1,7, сланец глинистый — 4,3 и песчаник — 43,3 м. Продольная ось террикона почти совпадает с направлением простирации пород основания.

В 40—50 м от подножья террикона, в его лобовой части, располагались два шламовых отстойника глуби-

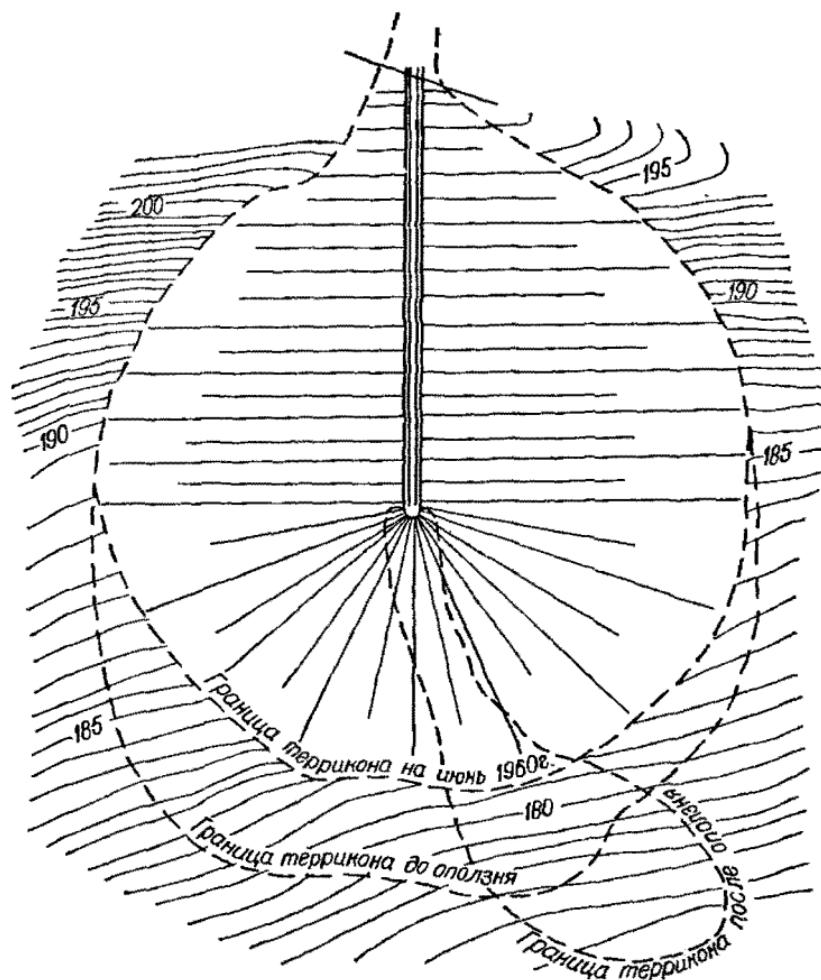


Рис. 13. План терриконов шахты № 1 «Давыдовка» треста «Шахтерскантрацит» с контуром оползневого участка.

ной по 4 м каждый, емкостью 5350 и 5400 м<sup>3</sup>. Шлам в отстойники поступал самотеком по подземной галерее, переходящей у отстойников в открытый лоток.

Террикон после достижения в 1959 г. высоты 75—78 м подвергался оползневым деформациям несколько

раз. Так, в июне 1959 г. при сухой погоде произошло оползание пород в лобовой части террикона. Оползневой уступ наблюдался на отвале на высоте 2/3 от его основания. Территория, прилегающая к террикону, и шламо-отстойник № 1 оказались засыпанными слоем мелкой породы; у подошвы отвала слой породы достигал 0,5 м. Граница распространения мелкой породы пролегала на расстоянии свыше 50—60 м от отвала. Летом 1961 г. на юго-восточном склоне террикона возникла повторная деформация, по размерам несколько меньшая предыдущей.

В апреле 1962 г. произошло еще одно, наиболее значительное по своему объему и разрушительной силе оползание пород с лобового склона террикона. Оползшая с террикона порода объемом 19 тыс. м<sup>3</sup> переместилась на значительное расстояние, засыпав прилегающую к отвалу территорию; при этом для восточного направления оползня было характерно наличие кусков спекшейся породы различных размеров.

В связи с тем, что в отстойник № 2 было подано 1700 м<sup>3</sup> шлама, то попадание в него раскаленных пород привело к выплескиванию из отстойника шламовой массы, которая в виде потока устремилась по склону к реке Камышеваха и распространилась на другом ее берегу на 45 м.

Значительная часть территории, прилегающей к террикону, оказалась засыпанной слоем мелкой горячей породы и пыли толщиной 30—40 см. Порода имела температуру до 250° С на глубине 0,5 м от поверхности, постоянно повышаясь с глубиной. Зоны теплового и механического действия оползших пород показаны на рис. 14. Оползание пород привело к тому, что верхняя часть террикона сползла вниз, причем покрывающий слой свежей породы остался ненарушенным.

**Шахта № 7 «Трудовская» треста «Петровскуголь».** Породный комплекс шахты в 1963 г. был представлен двумя действующими терриконами. Террикон № 1, на котором в июне 1963 г. произошла оползневая деформация, начал эксплуатироваться в 1947 г. Во время оползня, высота террикона достигала 70 м при углах откоса 34—38°.

На терриконы отсыпалась порода от проведения и ремонта горных выработок, а также мокрая порода от



Рис. 14 Зона гидробного и механического ледостава пород при оттаяние со склонов Кадиевского хребта

зачистки горных выработок шахты. Среднесуточное поступление породы в июне 1963 г. составляло 400 т.

В основании террикона, начиная с глубины 0,7 м, залегала коричневая глина мощностью 18,01 м. Вертикальный разрез пород по стволу шахты до глубины 25,4 м имел следующий вид: наносы — 0,7, глина коричневая — 18,01, песок красный — 1,68, песок желтый — 0,7, плыун — 3,41 и глина желтая — 0,9 м.

5 июня 1963 г. в сухую ясную погоду в тече-

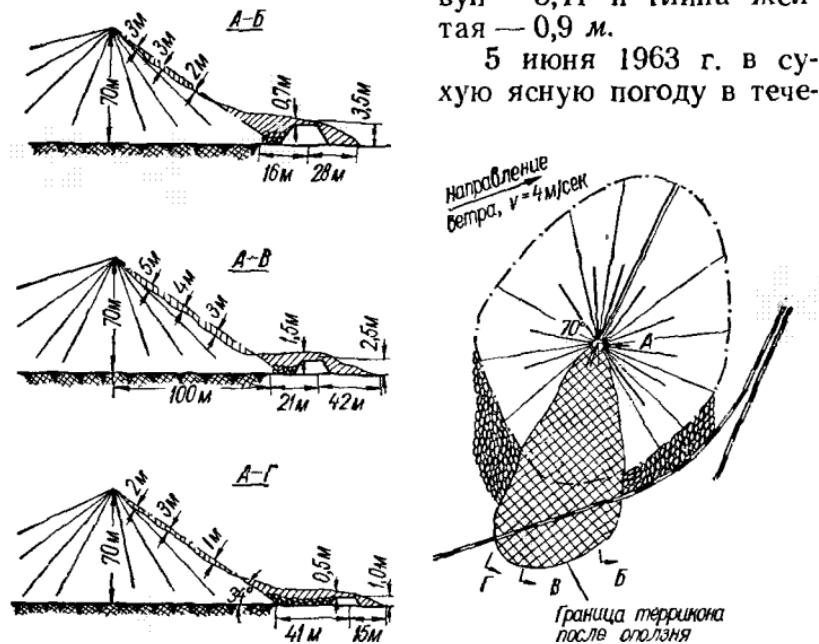


Рис. 15. План и продольные разрезы террикона № 1 шахты № 7 «Трудовская» треста «Петровскуголь» после оползневой деформации.

ние 20—25 мин произошло многократное оползание пород лобовой части террикона № 1, которое сопровождалось образованием облака нагретой пыли и газов.

Оползание пород началось в юго-западной части террикона и постепенно распространялось на всю западную часть (лобовой склон) террикона. Было замечено девять последовательных циклов оползания пород, последний из которых был самым значительным. Во время последнего оползания облако раскаленной пыли распространилось в северо-западном направлении на расстояние 200 м

от отвала, что не совпадало с направлением оползания пород; это смещение было вызвано ветром, имевшим юго-западное направление (рис. 15). Пыль имела серый и светло-серый цвет и состояла из глинистых частиц по-перечником в несколько долей миллиметра.

В оползании приняло участие около 16 тыс.  $m^3$  раскаленной и нагретой породы, которая переместилась от подошвы террикона на расстояние до 70 м.

В результате оползания обнажились перегоревшие и спекшиеся породы террикона, находившиеся на глубине 1,5—3 м от поверхности отвала. На высоте 40—50 м от подножья отвала в спекшихся и перегоревших породах наблюдалась полость протяженностью в горизонтальном направлении около 10 м и размером по вертикали около 3 м. Оползневой уступ отчетливо прослеживался в верхней части террикона вблизи вершины, угол его наклона был близок к вертикальному.

Толщина слоя породы, отложившейся у подножья террикона, достигала 2—3 м. Температура этих пород, замеренная на глубине 1 м, колебалась в пределах от 67 до 157° С.

Оползневой деформации 5 июня 1963 г. предшествовало сдвижение пород у вершины террикона 2 мая 1963 г., в результате которого разгрузочная ферма сдвинулась в сторону и перекосилась. Для установки фермы на место под нее было уложено 11 шахтных вагонеток.

Оползание пород несколько меньшего размера наблюдалось на этом же терриконе и в июне 1954 г., когда его высота составляла около 50 м. Тогда порода оползла в юго-западной части террикона.

**Шахта № 4—21 треста «Петровскуголь».** Породный комплекс шахты в 1963 г. включал в себя четыре террикона, из которых № 1 и 2 были пущены в эксплуатацию в 1947 г., № 3 и 4 — в 1962 г. Основная часть отвальных пород поступала на терриконы № 1 и 2 (около 500  $m^3$  в сутки), в связи с чем они достигли большой высоты (соответственно 96 и 73 м). На террикон № 2 поступала порода от проведения и ремонта горных выработок, на террикон № 1, помимо шахтной, поступала также и порода от ручной породовыборки. Зольность породы, идущей в отвалы, составляла 88%, содержание серы — 0,2—0,4%. Основанием терриконов № 1 и 2 служит горизонтальная площадка.

Разрез до глубины 51,7 м по стволу шахты № 4—21, находящегося вблизи терриконов, выглядит следующим образом: чернозем — 0,5, глина — 8, песок — 5, плывун — 0,3, песок — 10, оплывун — 2,7 и сланец глинистый — 25,2 м. На терриконах № 1 и 2 с 1949 г. наблюдалось горение в верхних их частях, под фермой террикона № 1 летом 1963 г. имелись открытые очаги горения. В 1959—60 гг. в лобовой части террикона № 1, у его фермы, несколько раз происходило вертикальное смещение пород с образованием уступа высотой 4—5 м, близкого к вертикали.

Террикон № 2 и период 1960—63 гг. подвергался оползневым деформациям ежегодно, причем происходили они в конце весны — начале лета и представляли собой перемещение отвальных пород объемом 500—700 м<sup>3</sup>. Одна из таких деформаций произошла в конце мая 1963 г.

**Шахта им. XIX съезда КПСС треста «Ленинуголь».** Породный комплекс шахты пущен в эксплуатацию в 1952 г. В 1963 г. он был представлен одним действующим терриконом высотой около 75 м, который принимал ежесуточно в среднем 700—800 м<sup>3</sup> породы.

В 1963 г. на высоте около 45 м от подошвы отвала в его поверхностном слое наблюдались спекшиеся породы, которые образовали в лобовой части террикона (в зоне отсыпи) своеобразный пояс. Ниже этого пояса размещались более крупная перегоревшая, но не спекшаяся порода.

Оползневая деформация террикона произошла в ноябре 1963 г. В ночь перед оползнем шел дождь, который вызвал обильное парообразование в зоне спекшихся пород. Оползание пород возникло ниже зоны спекшихся пород и сопровождалось образованием облака нагретой пыли. Направление оползня пород совпало с продольной осью отвала. В оползне приняло участие около 3 тыс. м<sup>3</sup> породы, переместившейся на расстояние до 30 м до подножья отвала. Нагретая пыль переместилась на расстояние до 100 м, при этом восточный ветер несколько изменил направление движения облака пыли.

Оползневая деформация террикона возникла в результате интенсивного парообразования воды при падении ее в значительном количестве в очаги горения.

**Шахта № 5—6 им. Димитрова треста «Красноармейскуголь».** На шахте до середины 1966 г. в эксплуатации

ции находилось два террикона высотой 110 и 104 м; терриконы заложены в 1916 и 1945 гг.

В 1966 г. на отвалы ежесуточно поступало 1050 т породы от проведения и ремонта выработок шахты и 300 т отходов обогащения. За период эксплуатации в отвал № 1 отсыпано 2,2, а в отвал № 2 — 1,8 млн. м<sup>3</sup> породы.

На поверхности отвалов летом 1966 г. преобладал серый и темно-серый цвет неперегоревших пород и наблюдалось очаговое горение пород. 10 июня 1966 г. на северном откосе террикона № 1 произошло оползание раскаленных и нагретых пород и золы, сопровождавшееся большим выделением дыма и образованием облака пыли.

На откосе террикона перед возникновением оползня на высоте 6—8 м от его подошвы возник уступ из спекшихся пород с углом наклона, близким к вертикальному. В этот день в районе расположения шахты примерно за 10 ч до аварии прошел дождь. Количество осадков составило 14,2 мм, что равно среднемесечной норме осадков. Сразу после прекращения дождя на террикон, подвергшийся несколько позднее деформации, возобновилась интенсивная отсыпка пород.

При оползне порода объемом около 33 тыс. м<sup>3</sup> переместилась на расстояние до 240 м от подошвы отвала. Толщина слоя переместившейся породы у подножья террикона достигала 3—6 м. По мере удаления от отвала она уменьшалась до нуля. Основная масса переместившегося материала была представлена мелкодисперсной пылью (золой) темно-серого цвета. На поверхности слоя пылевидной массы располагались глыбы спекшейся породы весом до 5 т. Основное количество этих глыб расположилось по оси оползня пород на расстоянии 80—120 м от подошвы отвала.

В результате оползневой деформации на лобовой части террикона № 1 образовалась оползневая полость жабообразной формы глубиной до 12 м по всей высоте склона и шириной до 60—70 м (рис. 16).

Обследование отвала после оползневой деформации показало, что перемещение породы не сопровождалось взрывной волной, а все крупные и мелкие куски отвальных пород сползли с отвала и за счет инерционных сил разместились на земной поверхности вблизи его подошвы.

За счет действия ветра и конвективных потоков облако нагретой пыли и газов переместилось на расстояние до 400 м, охватив площадь свыше 130 тыс. м<sup>2</sup>. Оползень носил скоротечный характер и оказал значи-



Рис. 16 Лобовая часть террикона № 1 шахты № 5—6 им. Ди-митрова после оползня

тельное тепловое и механическое воздействие на окружающую среду (рис. 17)

В оползней массе продолжались процессы горения; в пробе, отобранный в месте большого скопления углистого вещества, удельный вес горючей массы составил 51,5 %. Содержание горючих в оползней отвальной массе приведено в табл. 10

Импульс силы, выведший отвальнюю породу из состояния неустойчивого равновесия, возник в результате обильных осадков, выпавших в день оползневой деформации. Интенсивная отсыпка пород на террикон после дождя могла ускорить возникновение оползня.

**Шахта № 6—14 треста «Красногвардейскуголь».** В июне 1967 г произошли оползневые деформации террикона № 1 высотой около 80 м, причем первая из них произошла во время обильного дождя. В результате этого оползня образовалась полость шириной 5 м, протя-

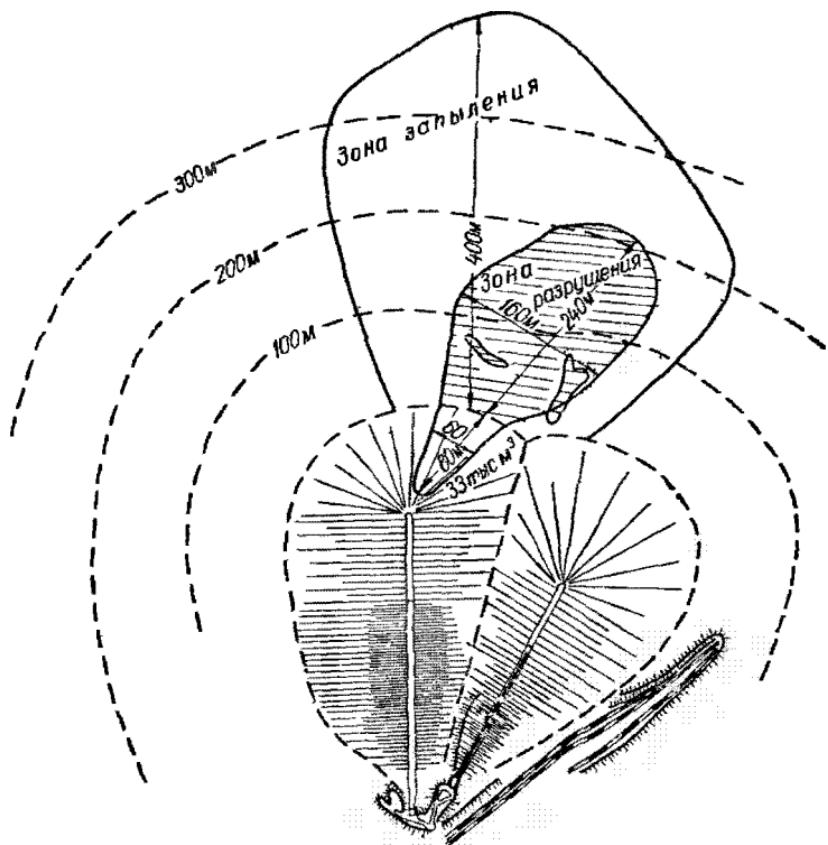


Рис. 17 Зоны теплового и механического действия пород при оползне со склона террикона

Таблица 10

Технический анализ отвальных пород, %

Расстояние места отбора пробы от террикона, м	Влага (w p)	Зола (4c)	Сера (S)	Горючая масса (Vt)
0	3,6	66,8	1,6	29,6
30	3,0	66,7	2,0	30,3
60	0,8	53,9	1,8	45,3
90	0,7	57,1	1,8	42,2
120	9,5	74,2	0,5	16,3
150	1,7	66,0	1,6	32,3
180	6,6	66,4	1,4	27,0
210	3,9	71,0	1,5	25,1
240	2,0	69,8	1,9	28,2
303	5,6	71,6	1,9	22,8

женностю 7 м и глубиной около 2 м. Оползание сопровождалось облаком пыли. Второе оползание произошло через 2 ч после окончания дождя; при этом образовалась вторая оползневая полость шириной 2 м, протяженностью 2 м и глубиной около 1 м. Оползшая порода объемом около 60 м<sup>3</sup> отложилась на откосе террикона, не

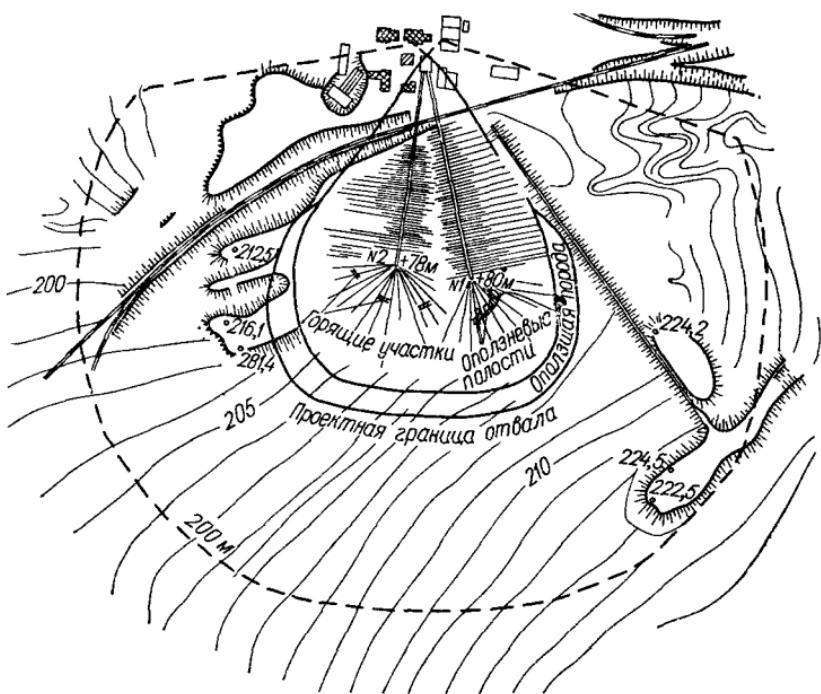


Рис. 18. План терриконов шахты № 6—14 треста «Красноармейск-уголь» после оползания пород.

переместившись за пределы откатника (рис. 18). В результате оползня на откосах террикона вскрылись как неперегоревшие, так и перегоревшие породы, причем перегоревшие породы наблюдались только в основании оползневых полостей. Пылеобразование во время второго оползания было незначительным.

Площадка, на которой расположены отвалы, не обводнена и имеет слабый наклон к горизонту (2—4°). Мощность наносов в районе размещения терриконов составляет 16—20 м, наносы представлены глинами и су-

глинками. Терриконы в разное время подработаны пластами на глубине от 82 до 280 м. Район подработки приурочен в основном к лобовой части террикона № 1.

В 1967 г. обширная область горения опоясывала в виде узкой полосы лобовую часть террикона № 2 на расстоянии 20 м от его вершины (видимые очаги горения нанесены на рис. 18). В этих же местах на поверхности террикона прослеживались трещины. Отвальные породы были выведены из состояния неустойчивого равновесия интенсивным парообразованием воды при попадании ее в очаги горения во время дождя.

**Шахта № 10 треста «Селидовуголь».** До 1967 г. оползневые деформации на породном отвале шахты, состоящем из терриконов № 1 и 2 высотой соответственно 81 и 70 м, не наблюдались. Первая оползневая деформация террикона № 1 произошла в мае 1967 г. во время дождя. В оползании приняло участие 600—700 м<sup>3</sup> породы, которая разместилась у основания отвала на расстоянии 25—30 м от его подножья. В результате оползня (несколько циклов с интервалом 30—45 мин) на лобовом откосе террикона образовались полости, которые располагались в средней его части на расстоянии 15—20 м от вершины отвала. Процесс оползания сопровождался образованием густого облака пыли и газов, которое распространялось на расстояние до 100 м от подножья отвала.

Оползания пород с лобового склона этого террикона наблюдались также в сентябре и ноябре 1967 г. Так, в ноябре 1967 г. в сухую погоду произошла оползневая деформация террикона № 2. В оползне приняло участие около 200 м<sup>3</sup> породы. Оползшие породы разместились у основания отвала в виде породного языка. Процесс оползания пород сопровождался образованием облака черного цвета из пыли, газов и паров воды. В результате оползня на лобовой части террикона на расстоянии 20—25 м от его основания образовалась полость. Последующие оползания пород в этой части террикона произошли 4, 15 и 16 декабря 1967 г.

Площадка, на которой расположены терриконы, не обводнена и имеет слабый наклон к горизонту (рис. 19). В районе размещения терриконов мощность наносов, представленных глинами, составляет 8—10 м. В основании терриконов (данные по скважине № 90) залегают: глинистые наносы — 8,8, известняк — 3,5, глинистый

сланец — 24,8, песчанистый сланец — 7,3, песчаник — 13 м.

Горные работы под отвалообразовательной площадкой не производились.

Отвальные породы представлены глинистыми сланцами, песчаниками и известняками, причем преобладают первые из них. В 1960—1962 гг. в связи с преобладаю-

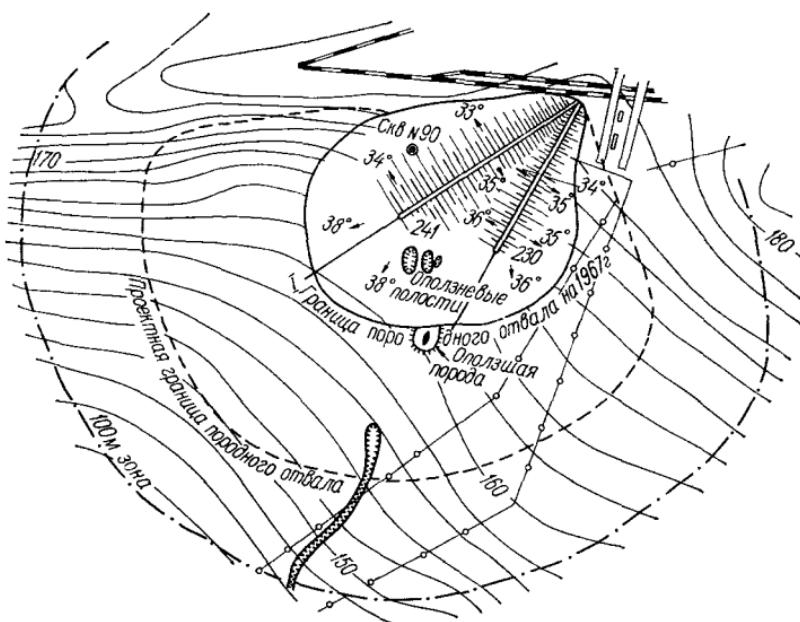


Рис. 19. План терриконов шахты № 10 треста «Селидовуголь» после оползневых деформаций.

щим складированием известняков на отвалах наблюдалось интенсивное горение, сопровождавшееся обильным выделением дыма и газов. Изменение в дальнейшем минералогического состава пород способствовало снижению интенсивности горения отвалов. В 1967 г. горение пород наблюдалось только в средней части терриконов и носило очаговый характер.

**Шахта № 2 «Контарная» треста «Шахтерскантрацит».** Породный комплекс шахты в 1968 г. был представлен терриконом и плоским отвалом. В плоский отвал складировалась порода от ручной породовыборки (200 т

в сутки). Террикон эксплуатировался в горячем состоянии.

Деформация террикона произошла в феврале 1968 г. и выразилась в оползании около  $3300\text{ м}^3$  породы с откоса в лобовой его части. Оползневая деформация протекала в пять циклов в течение 30--40 мин. В результате

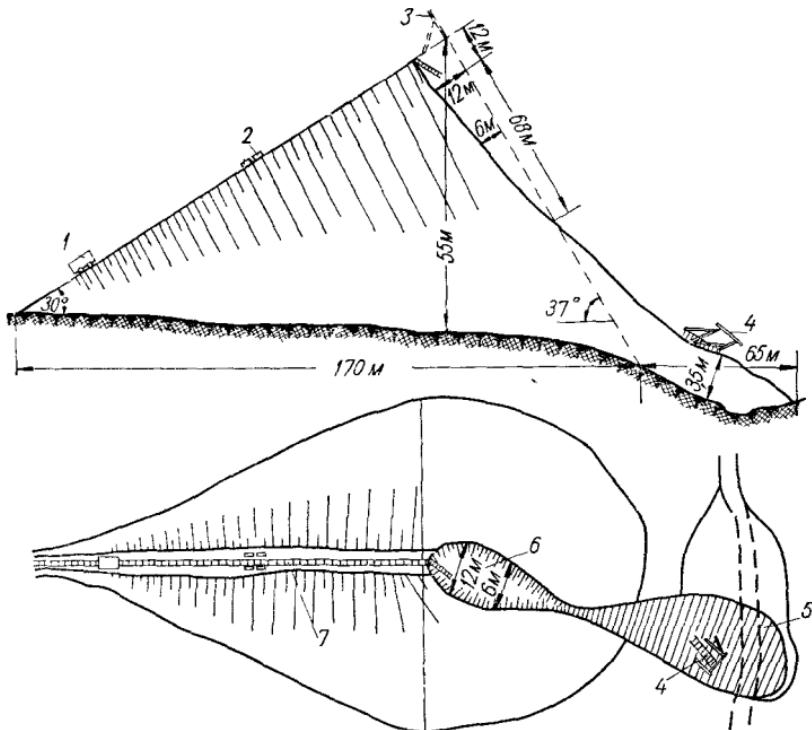


Рис. 20 План и продольный разрез террикона шахты № 2 «Контарная» треста «Шахтерскантрацит» после оползневой деформации в феврале 1968 г.:

1 — вагонетка; 2 — поддерживающие лебедки; 3 — первоначальное размещение П образной опоры; 4 — размещение П образной опоры после оползня; 5 — оползшая порода, 6 — оползневая полость, 7 — рельсовый путь

оползня порода верхней части откоса переместилась на расстояние 65 м от подошвы террикона. При этом вершина террикона, рельсовые пути протяженностью 12 м и ферма сползли вниз по откосу отвала (рис. 20).

Оползшая порода разместилась в нижней части откоса террикона и у его подножья в виде своеобразного языка, имевшего мощность у подножья отвала до 3,5 м.

На слое оползней породы находилась глыба объемом около  $1,5 \text{ м}^3$ , состоящая из спекшейся породы и металла. Препятствием распространению породы явился противоположный склон балки. Густое облако пыли, возникшее при оползне, переместилось на расстояние нескольких километров от подножья террикона.

Вследствие оползня в верхней части откоса образовалась полость, которой были вскрыты перегоревшие спекшиеся и неперегоревшие породы, при этом спекшиеся породы наблюдались только у вершины отвала. В средней части откоса, вблизи кромки оползневой полости, хорошо просматривалась горизонтальная трещина. У вершины террикона отчетливо прослеживалась оползневой уступ, угол наклона которого составил  $70\text{--}80^\circ$ .

Глубина оползневой полости у вершины отвала составила  $12 \text{ м}$  и уменьшилась до  $1 \text{ м}$  на расстоянии  $68 \text{ м}$  от вершины (рис. 20). Ширина этой полости у вершины отвала достигла  $12 \text{ м}$ ; к средней части откоса оползневая полость сужалась.

Оползневая деформация 21 февраля 1968 г. возникла в результате обильных атмосферных осадков. Размещение лобовой части террикона на склоне балки также способствовало нарушению равновесия пород в зоне отсыпки.

Оползневой деформации 21 февраля 1968 г. предшествовало сдвижение пород 14 февраля 1968 г., в результате которого ферма была сдвинута, а вершина террикона опустилась на  $1,5 \text{ м}$ . Оползание пород на этом терриконе наблюдалось также в 1966 г. и в ноябре 1967 г. Первое из них произошло в лобовой части, а второе — на одном из склонов террикона с участием около  $300 \text{ м}^3$  отвальных пород.

**Шахта № 2—2-бис** треста «Шахтерскантрацит». Террикон, которыйпущен в эксплуатацию в 1943 г., к январю 1968 г. достиг высоты  $67 \text{ м}$ . Суточное поступление породы в отвал (в основном глинистые сланцы) составлял  $200\text{--}220 \text{ м}^3$ , угол наклона отвалообразовательной площадки к горизонту —  $3\text{--}6^\circ$ . Мощность наносов достигает  $1 \text{ м}$ , под наносами залегают песчаники и глинистые сланцы.

В 1968 г. на отдельных участках террикона, особенно в средней его части, наблюдалось горение отвальных

пород. 9 января 1968 г. выпал снег, который интенсивно таял на следующий день во время потепления.

Деформация террикона возникла днем 9 января 1968 г. и выразилась в оползании около  $260 \text{ м}^3$  отвальных пород с лобового склона отвала. Оползшие породы переместились на расстояние около 30 м от подножья отвала. Облако пыли, возникшее при оползне, переместилось на расстояние около 100 м. Мощность слоя оползшей породы у подошвы террикона достигала 4 м, а на расстоянии 27 м от подошвы террикона — уже только 0,3 м.

В результате оползня в средней части откоса, на расстоянии около 50 м от вершины террикона, образовалась полость, максимальная глубина которой достигала 2 м, ширина — 18 м, а общая ее протяженность — 32 м (рис. 21). Оползневой полостью вскрыты перегоревшие и неперегоревшие породы террикона. Деформация возникла за счет увлажнения пород при обильном таянии снега.

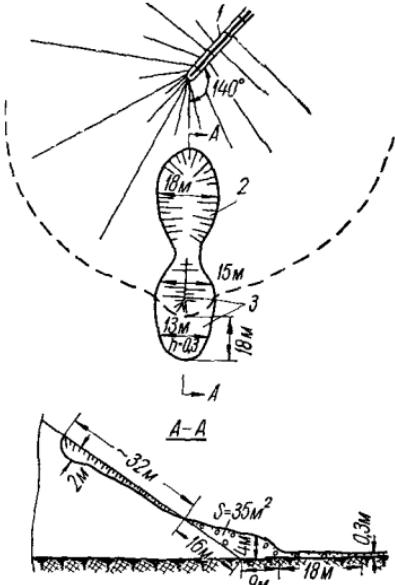


Рис. 21. План и продольный разрез террикона шахты № 2—2-бис треста «Шахтерскантрацит» после оползневой деформации в январе 1968 г.: 1 — продольная ось террикона, 2 — оползневая полость, 3 — оползшая порода.

## ОПОЛЗНЕВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ОТВАЛОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИХ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ

При чрезмерном увлажнении отвальных пород угол их естественного откоса уменьшается, однако породы не всегда имеют возможность немедленно принять новое естественное положение, особенно при локальном увлажнении и наличии спекшихся пород.

Если увлажнение происходит в исходящем порядке (от вершины отвала), то в средней или нижней части отвала образуется своеобразная подпорная стенка из спекшейся или неувлажненной породы. При распространении зоны увлажненных пород вниз по откосу происходит потенциальное накопление энергии в верхней части отвала и увеличение нагрузки на подпорную стенку; дальнейшее увлажнение может привести к оползневой деформации откоса отвала.

В случае увлажнения пород только у основания отвала или выноса мелких фракций пород водой происходит уменьшение угла естественного откоса пород более крупных фракций, что обязательно вызовет перемещение в виде оползня всех вышеразмещенных пород. Оползни такого рода происходят на горящих и негорящих отвалах. Дальность перемещения кускового материала определяется в этих случаях высотой отвала, скоротечностью оползневого процесса, объемом и степенью увлажнения отвальных пород.

Оползни этого вида сбыточно распространяются на всю высоту откоса отвала, а в оползании принимают участие несколько тысяч кубометров отвальной породы. По характеру смещения пород на откосе отвалов оползни имеют признаки I и II категорий. Высота оползневого уступа иногда достигала 17 м; максимальная глубина оползневой полости наблюдалась в верхней и средней частях откоса отвалов.

Скорость смещения породных масс в процессе такого оползания обычно ниже, чем при оползнях, возникших в результате горения отвальных пород, и определяется степенью увлажнения их пород. Когда содержание влаги в отвальных породах незначительно превышает «пределное весовое содержание», оползневой процесс протекает медленно; масса, сползающая с откоса отвала, представляет в этом случае иногда волнообразную поверхность. Значительное превышение предельного весового содержания влаги в отвальных породах влечет за собой скоротечную оползневую деформацию отвала. В случае обильного поступления воды в оползающую массу движение пород принимает поточный, селевый характер, при этом дальность перемещения пород значительно возрастает. Скоротечный оползень может проис-

ходить в несколько циклов с интервалом между ними в 5—10 мин.

Оползневым деформациям в ряде случаев предшествовало появление трещин в верхней части откоса и оседание вершины отвала. Замечено, что крупным оползневым деформациям на породных отвалах, сложенных увлажненными породами, предшествуют более мелкие оползни. Эти оползни происходят по одной или нескольким плоскостям скольжения. Таким образом, появление мелких оползней должно явиться признаком о возможном возникновении более крупных оползневых деформаций.

Оползни этого вида в виде предвестников крупных оползней наблюдались на негорячих породных отвалах угольных шахт Англии. Возникновению этих оползней способствовала модернизация обогатительных фабрик, проведенная в конце 50-х годов и направленная на применение новых химических веществ, при помощи которых было достигнуто более эффективное отделение от породы угля мелких фракций. При этом увеличивался выход водонасыщенного шлама, который поступал затем в отвалы.

Применение в Англии способа профилактики самовозгорания породных отвалов путем систематического орошения водой или шламом и складирование в отвалы вместе с породой водонасыщенного шлама способствовали возникновению на них оползней.

**Примеры оползней пород на отвалах вследствие их переувлажнения.** Центральная обогатительная фабрика «Комсомолец». На боковом откосе террикона № 4 ЦОФ «Комсомолец» высотой более 60 м 29 октября 1960 г. произошла крупная оползневая деформация, вызванная обводнением подошвы этого откоса. В оползне приняло участие около 85 тыс. м<sup>3</sup> породы. Оползнем были разрушены рельсовые пути отвала и подпорная стенка, располагавшаяся вблизи этого откоса террикона. Оползшими породами были частично засыпаны площадка, отведенная для строительства нового отвала, и здание электромеханической мастерской.

Ново-Ирминская ЦОФ. С начала эксплуатации фабрики и до середины 1941 г. отходы углеобогащения складировались в плоский породный отвал, достигший к этому времени высоты 15—18 м. Основанием плоского

отвала служат коренные породы, на которых имеются незначительные (до 1 м) отложения глины. Основание плоского отвала наклонное. После восстановления фабрики в 1943—1944 гг. породу отсыпают на террикон, основанием которому послужил старый плоский отвал. К февралю 1963 г. высота террикона составила 85 м.

В 1962—63 гг. в отвал ежесуточно поступало 400—420 м<sup>3</sup> породы, содержащей 67% золы, 4,5% серы и 11% влаги. Несколько лет тому в отвал поступали отходы углеобогащения с более низкой зольностью (59—65%), что сказалось в 1963 г. на снижение интенсивности горения пород; к тому же в последнее время после каждого 5—6 вагонеток с породой для смыва породы с вершины террикона на него подавали вагонетку с водой.

В 1961 г. на горизонтальной части плоского отвала, где уже отсутствовали всякие признаки горения отвальной массы и породы имели явно обожженный вид, был устроен шламоотстойник размером 40 × 250 × 4 м, который в течение 2—3 мес. наполняли шламом. Шлам содержал около 50% горючих и состоял из пород и угля класса менее 1 мм. Предполагалось, что при этом произойдет зашламование тела плоского отвала. Однако примерно через неделю после подачи в отстойник шлама у подножья плоского отвала появились ручейки воды с температурой 50°C, из воды отлагались соединения серы.

30 мая 1961 г. при сухой жаркой погоде произошло оползание пород плоского отвала, которое было вызвано обильным смачиванием пород и его основания водой из шламоотстойника. Направление оползня пород и наклон основания совпали. В оползании приняло участие несколько сотен кубометров породы, температура которой в отдельных местах через 18 лет после прекращения эксплуатации отвала составляла около 300°C.

Шахта № 1 им. Челюскинцев треста «Петровскуголь». В 1963 г. породный комплекс шахты был представлен двумя терриконами, эксплуатация которых началась в 1913 г. Объем каждого из них определен в 1 млн. 250 тыс. м<sup>3</sup>, зольность породы, идущей в отвал, составила 69,5%. На шахте применялся мокрый способ обогащения угля. Порода содержала значительное количество серного колчедана.

Отсыпка пород производилась скипами с лобовой разгрузкой, весь процесс доставки и разгрузки был автома-

тизирован. Для уменьшения числа передвижек ферм и снижения интенсивности горения отвальных пород регулярно (1,5—2 ч каждые сутки) применяли смыв мелких пород с вершины терриконов. В связи с этим откосы терриконов были выложенными: их углы в нижней части отвала не превышали 22—23° при высоте каждого из терриконов 75 м.

Отвальные породы обоих терриконов в 1962—63 гг. были подвержены горению, хотя из-за применения воды для смыва породы интенсивность горения была значительно снижена. Основанием терриконов служила горизонтальная площадка. Разрез пород по стволу № 1 до глубины 46,6 м выглядит следующим образом: насыпные породы — 2,5, глина — 9,9, песок — 6,8, плывун — 22,8 и глинистый сланец — 7,1 м.

С мая 1962 г. на обоих терриконах происходили медленные деформации оползневого характера, которые вскрыли внутреннюю перегоревшую часть отвалов. В начале июня 1963 г. в зоне отсыпки террикона № 1, с его наружной стороны (терриконы № 1 и 2 смежные), произошел оползень, в котором приняло участие 17—20 тыс. м<sup>3</sup> породы.

В конце июня 1963 г. оползневой деформации в лобовой части подвергся и террикон № 2; в оползании приняло участие 13—15 тыс. м<sup>3</sup> отвальной породы. Движение оползневого тела происходило медленно.

Вскоре на терриконе № 1, где при оползании обрушилась разгрузочная ферма, была установлена новая ферма и террикон снова былпущен в эксплуатацию. К концу августа 1963 г. породой была засыпана вся полость, образовавшаяся при июньском оползании.

После возобновления эксплуатации террикона № 1 регулярный смыв водой мелких пород с вершины уже не производился. В результате этого интенсивность горения отвальных пород на терриконе резко возросла.

С целью снижения интенсивности горения в конце сентября 1963 г. в течение нескольких суток производился смыв мелких пород с вершины террикона. При этом суточная продолжительность смыва была увеличена и расход воды для смыва достигал 1000 м<sup>3</sup>/сутки.

В этих условиях в конце сентября 1963 г. на терриконе № 1 произошло скоротечное оползание пород в зоне отсыпки, участие в котором приняло около 30 тыс. м<sup>3</sup>.

породы. При этом образовался оползневой уступ высотой 15—17 м с явными следами скольжения пород. на правой части оползневого уступа преобладали неперегоревшие глинистые породы с явными следами движения пород (царапины на стенке оползневого уступа); наклон поверхности отрыва был близок к вертикали. Оползневая масса переместилась на расстояние до 70 м от подножья отвала.

Оползневой деформации предшествовало появление трещин на гребне террикона приблизительно в 10 м ниже разгрузочной фермы, из которых выделялось большое количество дыма, окутывающего всю вершину террикона.

Шахта «Мертир Вейл» (Южный Уэльс, Англия). В 1966 г. породный комплекс шахты был представлен семью породными отвалами, отсыпка пород в которые была начата 50 лет назад. Отвалы располагались на склоне холма Мертир. Отвал № 7, эксплуатация которого в 1966 г. еще продолжалась, был заложен в 1958 г. К моменту аварии отвал достиг высоты 34 м от вершины холма и 61 м от его подножья. Горение отвальных пород в 1966 г. наблюдалось только на отвале № 5 высотой 52 м, отсыпка пород в который производилась в течение 1944—56 гг.

Все отвалы, за исключением отвала № 7, сложены шахтной породой, отходами углеобогащения и котельным шлаком. Основную массу потока, направляемого в отвал № 7, составляли отходы углеобогащения в виде шлама. Особенно обильное поступление шлама на отвал наблюдалось с февраля 1962 по декабрь 1963 г. Заполнение шламом дренажных канав привело к тому, что близлежащая площадь была затоплена водой, при этом в отдельных местах глубина затопления достигла 3 м. Шлам наблюдался у подошвы отвала и с его восточной стороны.

Склон холма Мертир был значительно обводнен грунтовыми водами. Грунтовая вода накапливалась в трещинах песчаников и известняков и просачивалась на поверхность склона холма. Вода, вытекающая из холма, частично поступала в отвалы, вызывая постоянное увлажнение отвальных пород у основания отвала.

Увлажнение отвальных пород, а также размещение породных отвалов на наклонном основании способство-

вали неоднократному возникновению оползневых деформаций породных отвалов шахты «Мертир Вейл». Так, в 1944 г. произошла оползневая деформация отвала № 4. При этом значительная часть откоса отвала оползла и отвальные породы переместились на расстояние 486 м от подножья отвала. Этому оползанию предшествовало выдавливание грунта у подножья отвала в среднем на 1,2 м.

Первый оползень на отвале № 7 возник в 1958 г., второй — в 1960 г. В сентябре 1963 г. произошла третья оползневая деформация, в результате которой в нижней части откоса отвала образовалась полость, где отчетливо наблюдались отвальные породы черного цвета. Основание этой полости было затоплено пульпой, стекающей с откоса в дренажные канавы.

Оползневые деформации отвала № 7 особенно участились после 1963 г., однако формирование отвала продолжалось в том же направлении, в котором произошли оползания пород в предыдущие годы. По мере роста отвала № 7 увеличилось и давление на породы основания, под влиянием которого происходила их деформация: с сентября 1964 г. наблюдалось выдавливание пород основания этого отвала.

На вершине отвала деформация грунтов основания выражалась в постоянном оседании пород, иногда до 3 м, сопровождаемом образованием трещин в верхней части отвала, что требовало часто восстанавливать балластировку и ремонтировать рельсовые пути.

Оползневая деформация породного отвала № 7, прошедшая в 1965 г., значительно превосходила деформацию 1963 г.: оползшие породы переместились на расстояние до 200 м от подножья отвала.

Наиболее значительная по объему и разрушительной силе оползневая деформация отвала № 7 произошла 21 октября 1966 г. В этот день перед началом оползня было замечено медленное наружное движение пород, которое сопровождалось оседанием вершины отвала. К 7 ч 30 мин вершина отвала осела примерно на 3 м, к 8 ч 30 мин оседание уже составило около 6 м, а в 9 ч 30 мин началось оползание пород в средней части откоса отвала.

Напорные грунтовые воды превратили оползшую массу в грязевый поток, который со значительной скоростью двигался по откосу холма: в течение 3 мин оползневого

процесса переместилось около 84 000 м<sup>3</sup> отвальной массы на 460 м от подножья холма. В результате оползня на отвале образовалась четко оконтуренная оползневая полость.

Замеры дебита грунтовых вод показали, что в день аварии из оползневой полости вытекло около 6800 м<sup>3</sup> воды; через два дня дебит воды снизился до 455 м<sup>3</sup> в сутки. Грунтовые воды, вытекающие из оползневой полости после деформации отвала, содержали незначительное количество угольных и породных частиц.

Шахта «Анненская» треста «Кадиевуголь». В 1967 г. породный комплекс шахты был представлен тремя смежными терриконами, достигшими высоты 98, 96 и 86 м (рис. 22). На террикон № 1 поступала порода от обога-

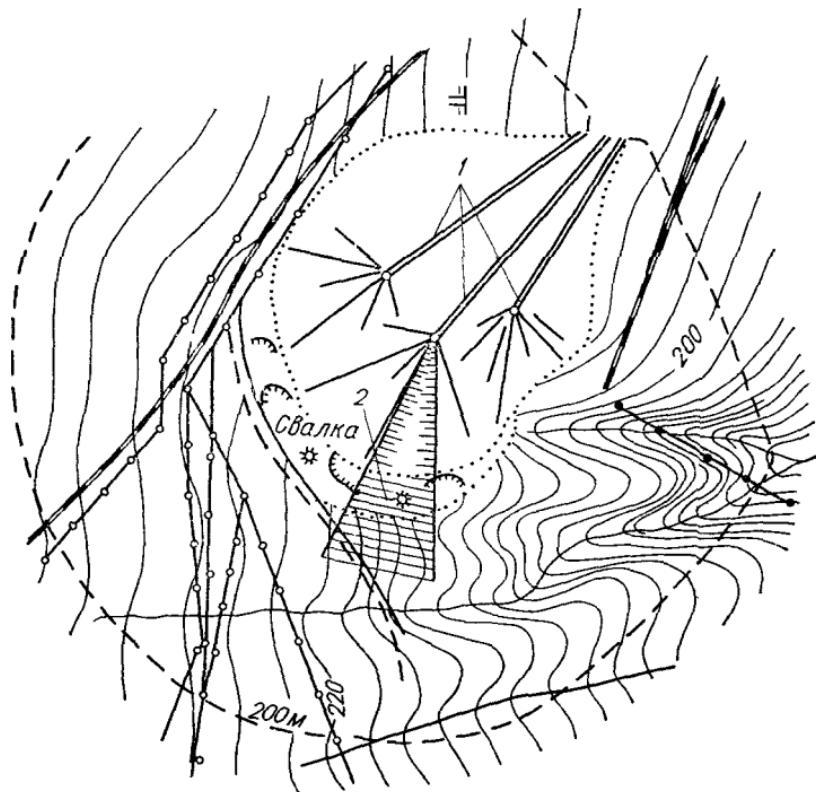


Рис. 22. План терриконов шахты «Анненская» треста «Кадиевуголь» после оползневой деформации:

1 — терриконы; 2 — зона механического и теплового действия оползущих пород

щения ( $350 \text{ т/сутки}$ ), на террикон № 2 — непосредственно из шахты ( $560 \text{ т/сутки}$ ), террикон № 3 являлся резервным. Порода, поступающая из шахты, представляла собой глинистые и песчано-глинистые сланцы. В основании терриконов залегали суглинки мощностью 6—8 м. Вблизи отвалов подземные разработки не велись.

В 1967 г. террикон № 1 был подвержен интенсивному горению; на терриконе № 3 наблюдались только отдельные очаги горения. В теплое время года с верхних частей терриконов № 1 и 2 ежедневно производился смыв породы; продолжительность смыва составляла 1,5—2 ч в сутки при расходе воды около  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Оползневая деформация террикона № 2 произошла 16 ноября 1967 г. через 1 ч после прекращения смыва пород. Оползание пород протекало в четыре цикла с интервалом между ними в 5—10 мин. Первый цикл оползания произошел в средней части откоса. Оползневой деформации подвергся весь откос в зоне отсыпки пород, включая и вершину террикона; в оползании приняло участие около 2500 т пород. Оползшие породы разместились у основания отвала под углом  $10\text{--}12^\circ$  к горизонту в виде языка протяженностью 15—20 м.

В процессе оползания пород образовалось облако нагретой пыли, в котором наблюдалась вспышка взвешенной пыли. В связи с тем, что направление ветра было противоположным направлению движения оползающих пород, пылевое облако переместилось на расстояние не более 100 м от основания отвала. Ширина пылевого облака составила 100—130 м.

В результате оползня на терриконе образовалась полость шириной 40 м у подножья и 3 м у вершины террикона (рис. 22). Максимальная глубина оползневого русла (2,5—3 м) отмечена в средней части откоса; в верхней же части откоса она составила всего 1,0—1,5 м.

Оползни пород значительно меньших размеров наблюдались на терриконах № 1 и 2 в 1965—66 гг.

Шахта «Рокингем» (Англия). В 1967 г. вследствие обильного увлажнения отвальных пород шламовыми водами произошла оползневая деформация действующего породного отвала шахты «Рокингем», который имел высоту 46 м. Отвальная масса в виде шлама сползла в карьер, перекрыла железнодорожный путь и была остановлена насыпью железнодорожного полотна высотой

около 5 м только в нескольких метрах от жилых домов. В результате этого оползня были повреждены на протяжении 70 м энергетическая линия и железнодорожный путь.

## ХАРАКТЕР ДЕФОРМАЦИЙ ОТВАЛОВ ПРИ ПРЕВЫШЕНИИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ

Наблюдениями установлено, что появление выпирания грунта у подошвы отвалов характерно для лобовых частей терриконов (зона наивысшего давления отсыпанных пород на грунт основания) при их высоте 30—40 м, а возникновение трещин на поверхности терриконов как результат неравномерного оседания отдельных их частей при уплотнении грунтов основания под нагрузкой — при еще меньшей высоте.

С ростом высоты отвалов, т. е. с увеличением нагрузки на грунты основания, скорость деформации грунтов, а с ними и деформации отвалов, увеличивается, что приводит к возникновению в поверхностном слое отвалов трещин, разломов, разрывов сплошности, способствующих возникновению и усилинию процессов самовозгорания и горения пород.

Размещение породных отвалов на подработанных или подрабатываемых площадках может привести к их деформациям, вплоть до оползневых, характер и размер которых определяются глубиной разработки, мощностью и углом падения разрабатываемых пластов, а также высотой отвалов. Размещение породных отвалов вблизи искусственных или естественных откосов нередко приводило к оползанию как самих откосов, так и частей отвалов, опирающихся на них.

Динамика деформаций породных отвалов, вызванных неустойчивостью их оснований, определяется характером деформации грунтов (пород): в случаях оползания под нагрузкой откосов балок, оврагов деформация отвалов, нагружающих эти откосы, носит явно оползневой характер. Лавинообразные, скоротечные деформации откосов отвалов такого рода имели место на шахтах им. Титова и им. Войкова треста «Лисичанскуголь», «Анненской» треста «Кадиевуголь» и др.

Оползневой характер может носить и деформация отвала, размещенного на наклонном основании, сложенном глинами (шахта «Нежданная» треста «Шахтантрацит»). Деформации отвалов могут быть незначительными, если их основаниями служат горизонтальные площадки, даже если в основании залегают глины и имеет место значительное выпирание грунта по периметру отвала (шахта им. Октябрьской революции треста «Шахтантрацит», № 32 «Вентиляционная» треста «Снежнянантрацит» и др.).

**Примеры деформаций породных отвалов при превышении несущей способности оснований.**

Шахта им. Октябрьской революции треста «Шахтантрацит». В 1962 г. породный комплекс шахты состоял из двух терриконов высотой 80—85 м каждый. Основанием терриконов служат глины мощностью 39,3 м, залегающие горизонтально.

В 1954 г. в западной и юго-западной частях терриконов начало наблюдаться выдавливание грунта основания. В 1960 г. зона выдавливания уже угрожала опорам линии высоковольтной передачи, в связи с чем они были отнесены на 25—30 м западнее. В марте 1963 г. образовавшийся вал имел высоту около 10 м и опоясывал лобовые части обоих терриконов на протяжении около 400 м.

Шахта им. Титова треста «Лисичанскуголь». В 1963 г. породный комплекс шахты был представлен тремя терриконами. В эксплуатации находились два террикона высотой 82 и 25 м. Объем ежесуточно выдаваемой породы из шахты составлял 650—700 м<sup>3</sup>. Терриконы были подвержены интенсивному горению, которое особенно усиливалось после дождей.

Проходка подготовительных выработок осуществлялась без раздельной выемки угля и породы, в связи с чем в отвал ежесуточно поступало 35—50 т угля, что составляло 5—7% от добычи шахты.

Закладка терриконов была произведена на горизонтальном основании, но по мере роста отвалов лобовые части терриконов подвинулись к борту балки. Наносы в основании терриконов и грунт в балке представлены слоем глины мощностью 2—3 м, залегающей на крепких известняках. Почва в балке болотистая, с подпочвенными напорными водами. Под давлением пород террикона

№ 1 этот глинистый слой сползл по подстилающим известнякам в направлении к балке, в результате чего у основания террикона образовался вал из глины.

В июле 1957 г. на терриконе № 1 произошел крупный оползень пород, который был вызван превышением предельной нагрузки на основание отвала. При этом нижняя часть террикона вместе с бортом балки сползла вниз. Основное количество оползших пород расположилось на склоне балки. В оползании приняло участие около 20 тыс.  $m^3$  породы.

Оползень сопровождался большим облаком угольной и породной пыли. Значительная площадь у подножья террикона была засыпана отвальными породами и пылью. В 1961 г. на этом же терриконе также произошел оползень, но значительно меньшего размера.

Шахта «Нежданная» треста «Шахтантрацит». Породный комплекс шахты включает в себя два террикона (террикон № 1 — рабочий, № 2 — резервный). К концу ноября 1961 г. террикон № 1 достиг объема 3,3 млн.  $m^3$  и высоты 82 м. Ежесуточное поступление породы из шахты составляло 660—760 т, а из обогатительной фабрики — 1000—1200 т. Террикон был подвержен интенсивному горению.

После обильных дождей, шедших в конце ноября 1961 г. в течение пяти дней, 1 декабря у подошвы террикона с северной стороны образовался земляной вал высотой до 5 м при средней ширине бермы (площадки) около 30 м (рис. 23). Эта берма была разорвана продольными и поперечными трещинами, достигавшими ширины 0,5 м. На северном, северо-восточном и северо-западном склонах террикона образовались глубокие трещины шириной 0,5—1,5 м. Деформация террикона продолжалась и в ноябре 1962 г.: на откосах наблюдались трещины разрыва сплошности, а у основания террикона — свежие подвижки грунта.

Шахта № 32 «Вентиляционная» треста «Снежнянтрацит». Породный комплекс шахты включал один террикон, который в апреле 1962 г. достиг высоты 70 м. Признаки горения отвальной массы отсутствовали.

На расстоянии 250 м от главного ствола шахты, в северо-западном направлении от него, находится заболоченная мульда. В 1955 г. террикон начал перекрывать

мульду; в то же время наблюдалось выдавливание почвенно-растительного слоя и слоя наносов у северо-за-

Рис. 23. План террикона шахты «Нежданная» треста «Шахтантрацит» после оползневой деформации:  
1 — зона выпирания гречта; 2 — очаги горения; 3 — трещины.



падной границы террикона, сопровождаемое образованием на терриконе ряда трещин. Деформации подвергалась только та часть отвала, которая была расположена на границе с заболоченной мульдой. Зона выпирания глинистых наносов распространилась в направлении продольной оси отвала на расстояние 90—100 м; высота вала выпирания составила 25—30 м (рис. 24).

Обогатительная фабрика при шахте № 9—9-бис треста «Торезантрацит». Террикон обогатительной фабрики эксплуатируется с ноября 1959 г., и к апрелю 1962 г. его высота составила 60 м. На отвал поступали породы с зольностью 70% и содержанием серы 3%. В конце 1961 г. на отвале возникло горение пород, причем наиболее сильное на вершине террикона.

В течение 1962 г. на терриконе дважды, с интервалом в 2—3 мес., наблюдались деформации, выражавшиеся в просадках верхней части отвала. Одновременно с этим

у основания террикона, в юго-западной его части, произошло выпирание грунта на высоту 10—15 м.

Шахта им. Войкова треста «Лисичанскуголь». В эксплуатации находится два террикона, отсыпка которых началась в 1948 г. Объем терриконов и эксплуатационные нагрузки на них одинаковы: в сутки в отвалы поступает 600—700  $m^3$  породы. Отвалы располагаются у борта глубокого оврага.

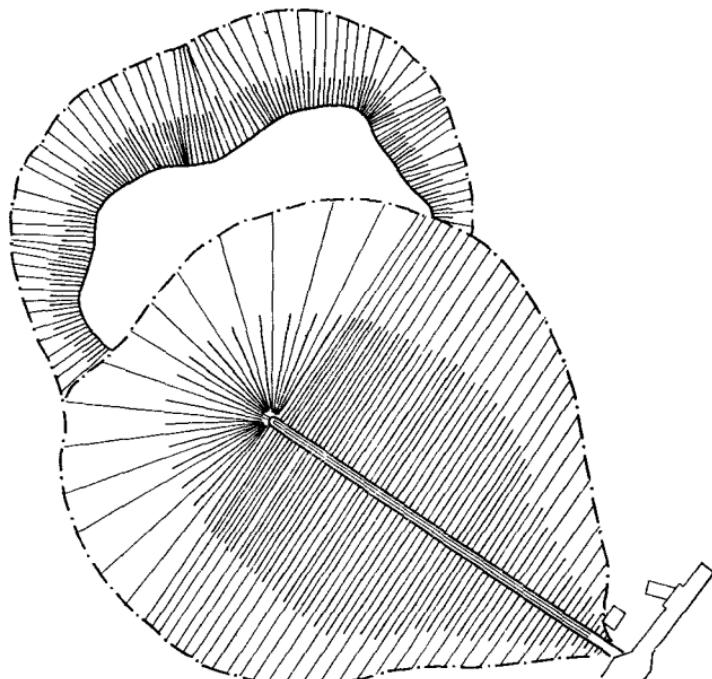


Рис. 24. План терриконов шахты № 32 «Вентиляционная» треста «Снежнянкантрацит».

бокого оврага. Грунт оврага представлен глиной, которая после дождей оползает, образуя террасы.

Отвалы интенсивно горят с первых лет их эксплуатации; при этом очаги горения располагаются, в основном, у вершины отвала, на лобовом склоне и вдоль рельсовых путей. К декабрю 1962 г. терриконы достигли высоты 40 м; в процессе отсыпки отвалов их лобовые склоны начали перекрывать борт оврага.

После оттепели и дождей в декабре 1962 г. глинистая почва оврага оказалась насыщенной водой. За счет дав-

ления на борт оврага отсыпанных на террикон пород произошло оползание пород борта оврага, которое вызвало оползневую деформацию терриконов. Количество отвальной породы, участвовавшей в оползне, определено примерно в 50 тыс.  $m^3$ ; при этом вершина террикона, рельсовые пути на протяжении 25 м от фермы и опора фермы сползли вниз по склону оврага. В овраге породы отвала расположились породным языком протяженностью 250 м. Оползневой деформации предшествовало появление на терриконе поперечных трещин, которые были замечены за два дня до аварии. Деформация отвала продолжалась и в дальнейшем, о чем свидетельствовали деформации рельсовых путей и опоры фермы.

Шахта «Анненская» треста «Кадиевуголь». К весне 1962 г. террикон № 3, достигший высоты 67 м, своим склоном подошел к балке, в связи с чем основанием лобовой части террикона начал служить ее склон. В результате нарушения равновесия пород произошел оползень, захвативший весь откос террикона, включая и ферму. В оползании приняло участие около 2 тыс.  $m^3$  породы (рис. 25).

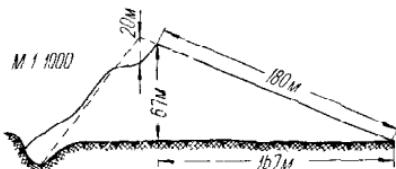


Рис. 25. Продольный разрез по западному террикону шахты «Анненская» треста «Кадиевуголь» после оползневой деформации весной 1962 г.

## ОБВАЛЫ ПОРОД ОТКОСОВ ОТВАЛОВ

Процесс обвала протекает в один или несколько циклов, что и определяет его продолжительность (от нескольких минут до нескольких часов). При обвалах уступов разбираемых породных отвалов перемещение кускового материала в условиях Кузбасса происходит на расстояние 15—30 м от подножия отвала, а облака пыли — на 40—80 м. При совпадении направления перемещения облака пыли с направлением ветра пыль перемещается на расстояние 200 м и более, а на шахте № 5—7 треста «Анжероуголь» — на 1 км.

В Кузбассе наблюдались случаи вспышек облака пыли с образованием языков пламени как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении протяжен-

ностью до 20 м, звуковых явлений, характерных для взрывов, не наблюдалось. Обвалы уступов происходили преимущественно в ясную сухую погоду.

При обвалах уступов пород в условиях Донбасса расстояние, на которое перемещается кусковой материал, составляло 80—90 м, а облака пыли — 170—200 м от подножия отвала.

**Примеры обвалов пород при разборке отвалов.** Шахта «Северная» треста «Кемеровуголь». Террикон на шахте был заложен в 1935 г. и к концу 1944 г. достиг высоты 34 м. Разборка террикона с целью использования перегоревшей породы в качестве закладочного материала была начата в апреле 1951 г., когда в поверхностном слое отвала наблюдались лишь отдельные очаги горения.

Первоначально работы экскаватором производились в южной части отвала. Породу вынимали от подошвы террикона прямым забоем в его склон или же в направлении продольной оси отвала, ширина забоя по почве колебалась в пределах 20—25 м. Откос террикона в нижней части забоя (4—5 м от подошвы отвала) достигал 75—80°, затем на протяжении 15—20 м он выполнялся до 50—53°; остальная часть откоса (10—15 м) сохраняла первоначальный угол (38—40°).

Отвал был сложен разнородными, не связанными между собой кусками пород с включениями крупных спекшихся глыб размером до 2—3 м. Температура пород при углубке на 4—5 м достигала в отдельных местах 100—110° С.

Таким способом были разобраны южный и лобовой склоны старого отвала. С августа 1951 г. была начата разборка лобового склона нового террикона, который к этому времени еще продолжал гореть. К концу августа был разобран лобовой склон и около 20 м северного склона этого террикона.

30 августа 1951 г. экскаватор был остановлен на ремонт, отведен от забоя на 18 м и поставлен несколько диагонально к боковому забою отвала. На следующий день произошел обвал горящих пород верхней части террикона объемом около 100 м<sup>3</sup>, сопровождавшийся образованием густого черного облака пыли и дыма. Обвалившаяся масса расположилась у подножия отвала не далее 5—6 м. Нагретая угольная и породная пыль пере-

местилась на расстояние 35—40 м от подошвы отвала, покрыв слоем толщиной 0,5—0,6 м площадь около 3,5 тыс. м<sup>2</sup>. Толщина осевшего слоя пыли по мере удаления от отвала постепенно уменьшалась до нуля.

По истечении почти 6 ч после первого обвала произошел еще один обвал горящей массы пород отвала объемом около 400 м<sup>3</sup>, сопровождавшийся образованием такого же облака пыли и дыма.

Шахта № 36 комбината «Карагандауголь». Террикон шахты № 36 отсыпан в период с 1947 по 1956 г. Контур отвала в 1956 г. достиг проектных отметок, в связи с чем эксплуатация террикона была прекращена. Террикон в процессе эксплуатации был подвержен интенсивному горению; в 1957 г. интенсивное горение продолжалось только в верхней части отвала.

Террикон разбирался экскаватором прямым забоем от основания с целью получения строительных материалов. В результате выемки 3100 т породы в нижней части северо-западного склона террикона образовался уступ высотой примерно 12 м и шириной по фронту около 20 м.

8 июля 1957 г. в два цикла произошел обвал пород этого уступа, содержащих около 40% горючих материалов. Объем перемещенной породы определен в 1500—2000 м<sup>3</sup>. Обвал сопровождался вспышками облака пыли. При обвале порода переместилась на расстояние 50 м от основания террикона. У основания отвала породы расположились слоем мощностью около 3 м под углом 10—15°. В верхней части террикона образовался уступ глубиной 10 м, шириной 25 м и длиной 20 м.

Шахта «Кондратьевская-Западная» треста «Калининский уголь». Отвал отсыпан с подвесной канатной дороги в течение 1957—62 гг. К концу эксплуатации его объем достиг 300 тыс. м<sup>3</sup> при высоте 45 м, углы откоса не превышали 40°. Отвал слагался, в основном, песчаниками, глинистыми и песчанистыми сланцами, но имелось также и некоторое количество углистых сланцев и угля. В 1962—64 гг. на отвале наблюдалось интенсивное горение с обильным выделением дыма и газов. Согласно проекту предусматривалась разборка отвала в нисходящем порядке с помощью скреперной лебедки, установленной на расстоянии 300 м северо-западнее породного отвала, последующее охлаждение породы водой и

погрузка ее в автосамосвалы с помощью экскаватора Э-1004 и бульдозера.

Работы по разборке отвала производились с декабря 1962 г. по 13 марта 1963 г. За этот период было отгружено около 40 тыс.  $m^3$  породы. Уже в процессе разборки отвала сказалась недостаточная техническая обоснованность выбранных средств механизации: в условиях спекшихся пород производить поперечное скреперование оказалось невозможным.



Рис 26 Общий вид хребтовидного отвала пород шахты «Кондратьевская-Западная» треста «Калнинуголь» после частичной его разборки прямым забоем от основания.

Было принято решение производить разборку отвала прямым забоем от его основания экскаваторами со стрелой, удлиненной до 23 м. В результате этого почти вокруг всего отвала были образованы уступы высотой до нескольких десятков метров (рис. 26). Продолжающаяся разборка в таких условиях приводила к неоднократным осипаниям незначительных объемов породы, которые сопровождались образованием облака пыли.

13 марта 1963 г. произошел обвал одного из уступов отвала. При обвале наблюдалось два цикла в сдвигении пород. Первое перемещение пород уступа сопровождалось образованием большого черного облака пыли. Через несколько минут, когда облако пыли после первого обвала успело рассеяться, произошел второй, намного больший обвал пород. Обвалившаяся порода объемом 4 тыс.  $m^3$  распространилась по сравнительно узкому, ши-

риной до 80 м, участку, длина которого составила примерно 170 м (рис. 27)

Оползшая порода представляла собой перегоревшую и частично перегоревшую породу мелких фракций (до 3 мм) и имела высокую температуру, у подножия отвала слой породы доходил до 1,7 м. На поверхности оползшей породы наблюдались немногочисленные куски спекшейся породы объемом до 1 м<sup>3</sup>.

Шахта № 1 «Каменка» треста «Куйбышевуголь». Недействующий террикон бывшей шахты № 1 «Каменка» имел высоту 45,6 м, угол откоса пород в зоне отсыпки (в лобовой части) был равен 37—39° (рис. 28). Хотя отсыпка пород на террикон была прекращена в 1956 г., горение пород в поверхностном слое отвала продолжалось в 1967 г.

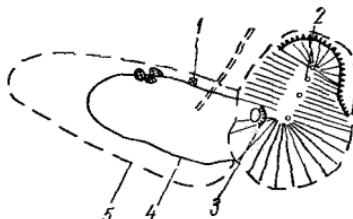


Рис. 27 План породного огвала шахты «Кондратьевская Западная» треста «Калининуголь» после обвала пород в марте 1963 г.:

1 — бункер 2 — вершина отвала,  
3 — место обвала уступа пород,  
4 — граница размещения крупнокусковой породы после обвала,  
5 — граница размещения после обвала пыли



Рис. 28 Юго западный склон террикона бывшей шахты «Каменка» треста «Куйбышевуголь» после обвала пород в 1965 г.

Боковые откосы террикона слагались в поверхностном слое перегоревшими, а лобовой откос — неперегоревшими породами. На боковых откосах отвала, прилегающих к зоне отсыпки пород, на глубине до 2 м температура пород достигала  $682^{\circ}\text{C}$  в апреле 1965 г.

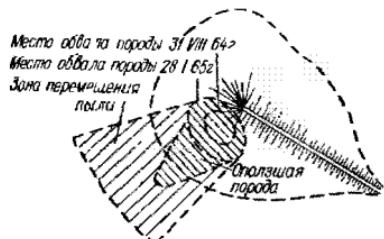


Рис. 29 Террикон бывшей шахты «Каченка» треста «Куйбышевуголь» с зоной перемещения обвалившихся пород

В результате неоднократных разработок юго-западного склона террикона прямым забоем от основания возник уступ, который 31 августа 1964 г обвалился (рис. 29). При этом в движение пришло  $200-250\text{ m}^3$  отвальных пород. В результате обвала в средней части юго-западного склона террикона вскрылись перегоревшие и неперегоревшие породы.



Рис. 30 Террикон шахты № 16 комбината «Воркутауголь» после обвала пород.

Последующий обвал, вызванный продолжающейся выемкой пород из откоса отвала, произошел 28 января 1965 г. Обвалившаяся порода ( $300$ — $350$  м $^3$ ) переместилась на расстояние 20—25 м, а густое облако пыли — на расстояние до 100 м от подножья отвала.

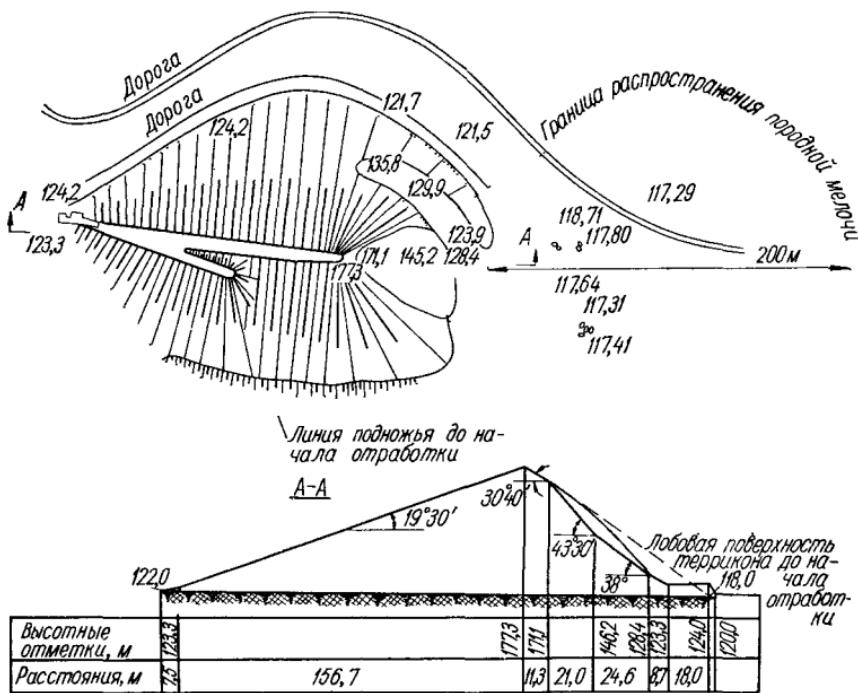


Рис. 31 Зона распространения породы и пыли при обвале и продольный разрез террикона шахты № 16 комбината «Воркутауголь» после обвала пород

Шахта № 16 комбината «Воркутауголь». Подготовительные работы к разборке недействующего террикона высотой 54 м были начаты на шахте № 16 в декабре 1967 г. Этими работами предусматривалось строительство въездной дороги шириной 18 м к вершине отвала для последующей разборки террикона ярусами в нисходящем порядке с применением экскаваторов.

Признаки горения поверхностного слоя в нижней и средней частях отвала отсутствовали: откосы отвала в феврале 1968 г. были обледеневшими на глубину до 0,5 м. Верхняя часть отвала сложена неперегоревшими

породами, и только в верхней части гребня террикона, где сохранились шпалы рельсового пути, имелись очаги самонагревания.

15 февраля 1968 г. на откосе отвала произошел обвал пород в котором приняли участие породы верхней части террикона — мелкие фракции (менее 6 мм). Во вскрывшейся полости скольжения видимых очагов горения не наблюдалось (рис. 30). Процесс обвала сопровождался образованием облака пыли высотой в несколько сотен метров, распространением материала на расстояние до 200 м от подножия отвала (рис. 31).

Деформации предшествовало (примерно на 3 ч) осипание с откоса нескольких кубометров породы, сопровождавшееся образованием значительного по размерам облака пыли. Обвал пород с террикона произошел вследствие потери породами его откоса устойчивости в результате проведения въездной дороги в лобовой части отвала, ширина которой достигла местами 22 м, а высота уступа — около 16 м.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

В условиях постоянного наращивания темпов угледобычи, скорости проведения подготовительных выработок и объемов углеобогащения все более четко вырисовываются такие недостатки технологии складирования породы в терриконы, как низкая удельная производительность, нерациональное использование площади под ними, наличие в отвальной массе горючих веществ, способности их в этих условиях самовозгораться и гореть, подверженность значительной по размерам и последствиям деформации и др.

Из перечисленных недостатков наиболее существенным следует признать подверженность терриконов горению, поскольку форма отвала и технология его формирования не позволяют избавиться, с одной стороны, от сегрегации пород по крупности и удельному весу, определяющей структуру террикона, с другой стороны, от-

существуют эффективные меры и средства борьбы с самовозгоранием.

В большинстве случаев процесс горения породных отвалов продолжается в течение нескольких лет даже после окончания их эксплуатации, а высокие температуры пород внутри отвала способны сохраниться за счет низкой теплопроводности пород в течение десятилетий.

Проектирование и закладка породных отвалов без учета устойчивости их откосов (особенно терриконов значительной высоты) привели в последние годы к ряду деформаций их откосов, среди которых наиболее серьезные размеры и последствия имели место на горящих терриконах.

Если длительное воздействие климатических процессов на породы откоса отвала выражается в осипях, оплывинах и других деформациях, не носящих катастрофического характера, то в условиях горящих отвалов, когда происходят существенные изменения физико-механических свойств отвальных пород, а также при превышении несущей способности оснований или же при переувлажнении отвальных пород возникают оползневые деформации отвалов, протекающие бурно, со значительными механическими и тепловыми эффектами. Такой же скоротечный характер носят и обвалы — деформации отвалов, вызванные нарушением устойчивости их откосов при разработке отвалов прямым забоем от подножия.

Переувлажнение пород отвалов, а также превышение несущей способности оснований отвалов (перегрузки, подработка горными работами) могут вызвать оползневые деформации и на негорящих породных отвалах. Деформации оснований отвалов вызывают появление трещин, разломов, разрывов в массиве отвала, способствующих возникновению и развитию горения отвальных пород.

Многообразие причин и условий возникновения на отвалах оползней и обвалов пород вызывает потребность располагать соответственно и большим выбором мероприятий, предотвращающих их появление.

В первую очередь следует назвать мероприятия по борьбе с горением породных отвалов, значительно

снижающих опасность возникновения на них оползневых деформаций. Среди этих мероприятий выделяются разработки в части формы, размещения, высоты, условий формирования отвалов и др. Так, при проектировании новых отвалов рекомендуется предусматривать плоскую форму, для которой разработана высокопроизводительная технология складирования отвальных пород, включающая надежные мероприятия по предупреждению их самовозгорания. Высота породных отвалов должна определяться из условий устойчивости их откосов и несущей способности основания.

Не следует допускать складирования в породные отвалы неохлажденной золы котельных установок, а также горючих материалов (лес, опилки, бумага, обтирочный материал и др.). Особое внимание должно уделяться вопросу предотвращения обводнения отвалообразовательной площадки.

## ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩЕНИЮ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

**Отвалообразовательная площадка.** Основание отвала должно предварительно обследоваться в геологическом, гидрогеологическом и строительном отношениях с целью определения несущей способности. Породные отвалы рекомендуется размещать в балках, оврагах и отработанных карьерах с обеспечением отвода или перепуска дождевых и паводковых вод.

Не допускается размещение породных отвалов на выходах пластов угля при мощности наносов до 5 м, а также на площадках, подработка которых повлечет за собой деформации поверхности в виде провалов. Зона возможных провалов от подработки отвалообразовательной площадки подземными горными работами определяется маркшейдерским прогнозом.

Размещение отвальных пород в провалах допускается по согласованию с управлениями горных округов Госгортехнадзора СССР после обортовки и засыпки провалов глинистыми наносами на высоту 5 м от уровня коренных пород и при отсутствии утечек (подсосов) воздуха через провалы и выработанное пространство, а также

при отсутствии опасности дополнительной внезапной подсадки провалов в процессе заполнения их породой.

При размещении породных отвалов на горизонтальных или слабонаклонных (до 5°) площадках сток дождевых и паводковых вод от основания отвала, а также воды, дренирующейся при его тушении или разборке, обеспечивается путем устройства поперечных и продольных канав с уклоном не менее 5% в стороны от основания отвала.

Когда породный отвал размещается на грунтах с недовлетворительной несущей способностью (ожидается выдавливание грунтов по периметру отвала), то рекомендуется устраивать предотвал, примыкающий к отвалу. Предотвал создается из отвальных пород. Высоту предотвала Г. Мачек [20] рекомендует принимать равной 0,2 м, а ширину — 1,2 м от высоты отвала. В этих условиях за счет создания дополнительной упорной призмы у основания отвала повышается устойчивость и самих откосов отвала.

Породные отвалы должны размещаться с подветренной стороны (для ветров преобладающего направления) от жилых зданий и зданий общественного и коммунального назначения, а также стволов (шурфов). На строящихся и реконструируемых шахтах породные отвалы должны быть удалены от стволов (шурфов) на расстояние не менее 200 м.

**Заданные зоны породных отвалов.** Санитарные и безопасные условия на территории, примыкающей к породным отвалам, обеспечиваются как в нормальных, так и в аварийных ситуациях за счет создания санитарной и механической защитных зон

Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий (СН-245-63) ширина санитарно-защитной зоны между угольными шахтами и населенными пунктами установлена 500 м, а между гидрошахтами и обогатительными фабриками с мокрым процессом обогащения и населенными пунктами — 300 м.

Анализ условий эксплуатации отвалов приводит к выводу о необходимости установления 500 м санитарно-защитной зоны не между горными предприятиями и населенными пунктами, а непосредственно между породными отвалами угольной шахты или обогатительной фабрики и населенными пунктами. При этом в санитарно-защит-

ную зону должна входить территория между проектным (для остановленных — фактическим) контуром породного отвала и населенными пунктами. Для породных отвалов высотой более 10 м в пределах санитарно-защитной зоны устанавливается механическая защитная зона.

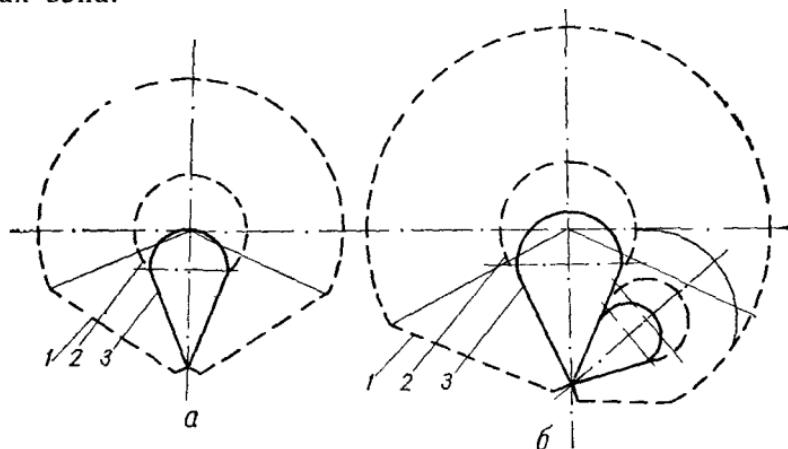


Рис. 32. Схема построения механической защитной зоны ординарного (а) и смежных (б) терриконов:  
1 — граница механической защитной зоны; 2 — проектная граница отвала; 3 — фактическая граница отвала.

Механической защитной зоной считается территория, примыкающая к проектному (для остановленных — фактическому) контуру отвала и предназначенная для защиты людей от механических и тепловых воздействий при эксплуатации и деформациях отвала. В пределах механической защитной зоны отвалов не допускается размещение промышленных предприятий, производственных зданий и сооружений, а также лесных складов. Ширина этой зоны в зависимости от проектной (для остановленных — фактической) высоты отвалов приведена ниже:

Высота отвала, м	Ширина механической защитной зоны, м
------------------	--------------------------------------

10—40	50
41—60	100
61—80	150
Более 80	200

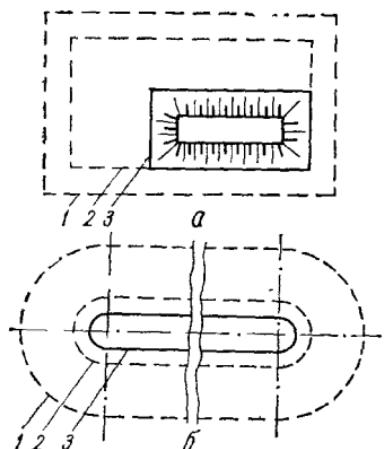


Рис. 33. Схема построения механической защитной зоны плоского (а) и хребтовидного (б) отвала:  
1 — граница механической защитной зоны; 2 — проектная граница отвала; 3 — фактическая граница отвала.

Для породных отвалов, размещаемых на площадках с наклоном в сторону отсыпки пород 5—15°, ширина механической защитной зоны должна увеличиваться соответственно на 12—50%. При наклоне основания более 15° механическая защитная зона распространяется на весь склон и должна иметь ширину не менее указанной. Для хвостовых частей террикона ширина механической защитной зоны устанавливается 20 м.

Схемы построения механической защитной зоны породных отвалов различных форм приведены на рис. 32 и 33.

### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ САМОВОЗГОРАНИЯ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Основными направлениями предупреждения самовозгорания породных отвалов признаны: а) повышение зольности отвальной массы за счет улучшения технологии выемки угля и его обогащения с доведением средней зольности отвальной массы на обогатительных фабриках до 70—80%; б) создание плотных воздухонепроницаемых отвалов путем дополнительного дробления породы до крупности — 50 мм, послойного ее складирования, переслаивания и уплотнения, зашламовывания, заиливания или засыпки нижних гористых частей отвалов негорючими материалами.

Для предотвращения распространения горения со смежного горящего на закладываемый или действующий негорящий отвал на сопряжении отвалов устраивается противопожарный барьер. Он создается пронливанием отвальной массы на сопряжении отвалов глинистой пульпой с величиной отношения твердой массы к жидкой

(по объему) 1 : 6—1 : 8 через инъекторы, размещаемые по сетке  $1,5 \times 1,5$  м, или траншеи глубиной 1,5—2,5 м. Ширина барьера принимается равной 5 м.

С целью обнаружения возможных очагов самонагревания и своевременного принятия мер по предупреждению самовозгорания пород производится контроль теплового состояния отвалов. Замеры температур на негорящих отвалах выполняются дважды в год — весной и осенью.

При обследовании теплового состояния породных отвалов точки замеров температур располагаются через каждые 25 м: на терриконах и хребтовидных отвалах — на откосах, в 10 м от вершины; на плоских отвалах — на горизонтальной части, в 2—3 м от откоса.

Дополнительные точки замеров размещаются в видимых очагах самонагревания. Замеры температур производятся с помощью термометров сопротивления или термопар на глубинах 0,5, 1,5 и 2,5 м по мере забивки обсадных труб, а при их отсутствии — с конечной глубины, по мере подъема измерительного прибора или датчика. После окончания температурной съемки обсадные трубы из отвала извлекаются. Применение термопар в защитном чехле исключает необходимость забивки обсадных труб.

**Предупреждение самовозгорания плоских отвалов.** Плоские отвалы формируются слоями независимо от вида транспорта. При использовании автотранспорта для доставки породы на индивидуальный плоский отвал применяется схема формирования, которая практически исключает разделение породы по крупности и удельному весу: автосамосвалы разгружаются непосредственно на поверхности предыдущего слоя пород, постепенно заполняя отвальной массой всю площадь отвала; разгруженная порода затем планируется бульдозером и уплотняется им же с помощью катков.

При формировании плоских отвалов с помощью подвесной канатной дороги расстояние между основаниями соседних конусов породы должно быть не менее 50 м, а высота конусов не должна превышать 7—8 м. Разравнивание конусов породы под движущимися груженными вагонетками, а также во время отсыпки породы в них не допускается.

Толщина слоев плоского отвала не должна превы-

шать: 1 м — на индивидуальном шахтном отвале; 0,75 м — на отвале, совместном для шахты и обогатительной фабрики; 0,5 м — на отвале, индивидуальном для обогатительной фабрики.

В качестве дополнительных мер по предупреждению самовозгорания отвалов плоской формы предусматриваются:

для индивидуальных шахтных отвалов и отвалов, совместных для шахты и обогатительной фабрики, — планирование и уплотнение породы бульдозерами в сочетании с переслаиванием отвальной массы по контуру отвала (ширина полосы 3 м) негорючими материалами слоем толщиной 0,25—0,3 м,

для индивидуальных отвалов обогатительных фабрик — планирование породы бульдозерами в сочетании с уплотнением слоев катками и переслаиванием отвальной массы по контуру отвала (ширина полосы 3 м) негорючими материалами слоем толщиной 0,25—0,30 м).

Высота первого слоя индивидуального шахтного плоского отвала может составлять 3—5 м при условии закрытия внешних откосов отвала негорючими материалами на высоту 2—4 м вслед за его формированием. Групповые (центральные) отвалы, в которые доставляется порода нескольких шахт, рекомендуется формировать на всю высоту яруса: для шахт — не более 12—15 м; совместные для шахт и обогатительных фабрик — не более 8—10 м; для обогатительных фабрик — не более 6—8 м.

На групповых плоских отвалах планирование поверхности слоев бульдозерами (грейдерами) и уплотнение их катками следует производить в сочетании с одновременным или предварительным закрытием внешних откосов отвала негорючими материалами слоем толщиной не менее 1 м. Между ярусами (слоями) групповых отвалов оставляются бермы с таким расчетом, чтобы результирующий угол откоса отвала не превышал 26°. При этом ширина бермы принимается не менее 4 м.

Бермы между ярусами покрываются слоем негорючих материалов толщиной не менее 0,5 м. Организация работ на этих отвалах должна предусматривать закрытие внутреннего откоса заходки породой следующей заходки в течение не свыше 6 месяцев на шахтных отвалах и не свыше 3 месяцев — на отвалах обогатительных фабрик и отвалах, общих для шахт и обогатительных фабрик.

Для подавления очагов самонагревания и самовозгорания при групповых породных отвалах рекомендуется предусматривать заилловочные станции. В качестве негорючих материалов используются глина, песок, инертная пыль, глинистый, песчанистый и песчано-глинистый сланцы, охлажденная зола котельных установок, перегоревшая охлажденная порода отвалов и др.

Профилактика самовозгорания породных отвалов, размещенных в балках, оврагах и отработанных карьерах, осуществляется путем послойного их формирования. В качестве негорючих материалов используются наносы и мягкие осадочные породы, слагающие откосы (борта) балок, оврагов, отработанных карьеров. Формирование породных отвалов, размещенных в балках, оврагах и отработанных карьерах, заканчивается на 0,5—1,0 м ниже отметки земной поверхности; поверхность отвала покрывается глинистыми наносами толщиной не менее 0,5 м.

Предупреждение самовозгорания плоского отвала при комбинированном отвалообразовании, когда плоский отвал формируется с примыканием к негорящему или потушенному террикону, а доставка породы на него осуществляется рельсовым транспортом террикона в сочетании с последующим ее перепуском по решеткам (металлическим листам), осуществляется применением мер, рекомендованных для плоских отвалов; при этом одновременное выполнение работ на одной из сторон террикона по перепуску породы и ее планированию не допускается.

**Предупреждение самовозгорания терриконов и хребтовидных отвалов.** Предупреждение самовозгорания терриконов и хребтовидных отвалов осуществляется периодическим зашламовыванием их нижнего пористого пояса ( $\frac{1}{5}$  высоты) породой мелких фракций, смываемой с верхней и средней частей отвалов, или засыпкой этого пояса негорючими материалами.

#### ТУШЕНИЕ ГОРЯЩИХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Тушение горячих терриконов и хребтовидных отвалов производится переформированием их в отвалы плоской формы или проиливанием поверхностного слоя пульпой (сuspензией) из антипирогенных материалов. Тушение

горящих плоских отвалов в зависимости от характера горения осуществляется полным или выборочным проиливанием поверхностного слоя пород пульпой, приготовляемой из антиприогенных материалов.

Отдельные поверхностные очаги горения на отвалах всех форм подавляются засыпкой негорючими материалами (инертная пыль, глинистый и песчано-глинистый сланцы, песок, перегоревшая порода отвалов, флотохвосты и др.) или же проиливанием пульпой.

Проект на ведение работ по тушению включает: паспорт породного отвала и сведения о составе пород, слагающих отвал; описание технологии работ; результаты температурной съемки породного отвала; указания по безопасному ведению работ.

Температурные съемки на горящих породных отвалах перед началом работ по их тушению производятся на поверхности и на глубине 0,5; 1,5 и 2,5 м с помощью термопар, имеющих верхний предел измерения не менее 900° С. Термопары, с помощью которых произведен 2–3-кратный замер температуры выше 550° С, подлежат повторному тарированию.

Работы по тушению горящих породных отвалов начинаются орошением водой с целью охлаждения пород поверхностного слоя на глубину 0,1–0,2 м до температуры ниже 80° С и снижения газовыделения; расход воды при этом принимается из расчета не менее 50 л/м<sup>2</sup> горящей поверхности отвала. Эффективное поверхностное охлаждение обеспечивается навесной струей гидромонитора при расходе воды не менее 100 м<sup>3</sup>/ч. Орошение поверхности отвала производится в два-три приема с перерывами между ними в 2–3 ч. Для отвода дренирующейся воды предусматривается проходка канав на расстоянии 25–30 м от подножия отвала.

Замеры температуры в процессе тушения горящих отвалов производятся на их поверхности и на глубине до 2,5 м. Участки отвала, на которых контрольной температурной съемкой через 1–3 суток после проиливания пород пульпой (сuspензией) или охлаждения их водой обнаружится температура выше 80° С на глубине до 2,5 м от поверхности, повторно охлаждаются пульпой или водой. Отвал считается потушенным, когда температура пород на глубине до 2,5 м от поверхности не превышает 80° С.

**Тушение горящих терриконов и хребтовидных отвалов переформированием в отвалы плоской формы.** Технология тушения горящих терриконов и хребтовидных отвалов переформированием их в отвалы плоской формы включает в себя смыв пород вершины гидромонитором, понижение высоты отвалов путем перемещения предварительно охлажденных пород под откос бульдозерами, охлаждение остальных пород водой через вскрытую горизонтальную площадку.

Если вершина отвала сложена горящими и раскаленными породами, то они перед смывом дополнительно охлаждаются до температуры ниже 150° С на глубину 2,5—3 м орошением водой. Расход воды при этом принимается равным не менее 300 л/м<sup>2</sup> поверхности отвала.

Смыв пород производится гидромонитором с дистанционным управлением, который устанавливается непосредственно у вершины террикона (хребтовидного отвала). Подача воды (пульпы) к гидромонитору производится по трубопроводу, прокладываемому по гребню (откосу) отвала. Гидромонитор соединяется с трубопроводом с помощью высоконапорных гибких шлангов длиной 20—25 м.

Расход воды (пульпы) при смыве пород принимается не менее 100 м<sup>3</sup>/ч на каждый гидромонитор при напоре в трубопроводе перед ним не менее 15 атм\*. Смыв пород гидромонитором производится слоями толщиной 2,5 м

до понижения высоты отвала на 5—10 м. Дальнейшее понижение высоты отвала осуществляется горизонтальными слоями путем перемещения породы под откос бульдозерами, при этом подъезд бульдозера к откосу отвала допускается только ножом вперед. Выдвижение ножа за откос отвала запрещается. Устройство въезда для бульдозеров к вершине террикона допускается только по их хвостовой части.

Порода каждого из горизонтальных слоев перед перемещением бульдозером под откос охлаждается до 80° С, для чего горизонтальная площадка, образованная в процессе переформирования отвала, обваливается по контуру породой и заливается водой. Высота вала

\* Согласно ГОСТ 9867—61 за единицу давления принят н/м<sup>2</sup>; 1 атм = 101325 н/м<sup>2</sup>

породы должна составлять не менее 0,5 м. Расход воды на охлаждение слоя породы, подлежащей перемещению под откос, зависит от ее температуры и дренажных свойств и составляет в среднем 500 л/м<sup>2</sup> поверхности.

При проектировании работ по тушению темп охлаждения пород по вертикали под воздействием воды должен приниматься: 0,3—0,5 м в сутки для верхней 1/3 части отвалов (после смыва вершины); 0,5—1,0 м в сутки для средней 1/3 части отвалов и 5—6 м в сутки для нижней 1/3 части отвалов.

Переформирование отвала заканчивается понижением его первоначальной высоты не менее чем на половину, обваловкой горизонтальной площадки по контуру породой и заполнением ее водой; ширина обваловки принимается равной 2 м, высота — 1 м.

**Тушение горящих терриконов и хребтовидных отвалов инъектированием пульпы (сuspension) из антипиогенных материалов.** Технологию тушения горящих терриконов и хребтовидных отвалов инъектированием пульпы допускается применять на терриконах и хребтовидных отвалах высотой до 40 м, не подверженных интенсивному горению. Технология включает изоляцию нижней пористой части отвалов породой мелких фракций или грунтом (негорючими материалами), а также инъектирование пульпы в поверхностный слой средней и верхней частей отвала.

Изоляция нижней пористой части террикона и хребтовидных отвалов должна осуществляться путем уплотнения породой мелких фракций, смыываемой струей глинистой пульпы с их гребня. Смыв породы с гребня террикона (хребтовидного отвала) производится в направлении от хвостовой части отвала к его вершине при температуре пород ниже 150° С; толщина одновременно размываемого слоя породы принимается равной не более 2 м.

Инъектированию подвергаются откосы верхней, если она сложена перегоревшей породой, и средней частей отвала. На терриконах тушение инъектированием пульпы производится в направлении от хвостовой части к лобовой. Тушение очагов (зон) горения осуществляется в направлении от их периферии к центру. Установка инъекторов в центре очага или в зоне горения не допускается.

Инъектор представляет собой отрезок трубы диаметром 1,5—2" длиной 2,2—2,5 м, нижний конец которого заострен, а у верхнего, закрытого заглушкой, имеется боковой патрубок для подсоединения шланга. Труба в нижней  $\frac{1}{3}$  части перфорируется (диаметр отверстий 15—20 мм). Сумма площадей отверстий принимается в два-три раза больше площади поперечного сечения инъектора. Инъекторы размещаются по сетке 2×2 или 3×3 м и забиваются в отвал на глубину 1,8—2 м.

Приготовление пульпы производится на заиловочной станции по следующей технологии: глина, добываемая в карьере, подается бульдозером к краю смесительного резервуара, где ее размывают гидромонитором. Образующаяся пульпа через решетку стекает в смесительный резервуар, откуда насосами подается на отвал. Если позволяет рельеф местности и мощность глинистых насосов, размыв глины производится в целике. Для предотвращения засорения направляющего аппарата насоса и инъектора всас снабжается фильтром с размерами ячеек не более 10×10 мм. Фильтр периодически промывается струей воды или очищается другим способом.

Осаждение твердых частиц из пульпы (сuspензии) на дно смесительного резервуара предотвращается ее непрерывным или периодическим перемешиванием. Давление пульпы в трубопроводе перед инъектором регулируется с таким расчетом, чтобы оно составляло 2—3 атм, независимо от размещения участков инъектирования по высоте отвала. Пульпопровод на отвале оборудуется манометром, устанавливаемым перед распределительным устройством.

Удельный расход глины на 1 м<sup>2</sup> проиливаемой поверхности отвала принимается 0,25—0,3 м<sup>3</sup>.

**Тушение горящих плоских отвалов.** Горящие склоны плоского отвала и прилегающая к ним горизонтальная часть шириной 5—6 м проиливаются пульпой через инъекторы. Инъектирование плоских отвалов производится в соответствии с параметрами, рекомендованными для терриконов и хребтовидных отвалов. Горение на горизонтальной части плоского отвала ликвидируется также проиливанием слоя пород пульпой через траншеи, проходимые бульдозером в охлажденной породе, или же путем заливки пульпой участков отвала, обвалованных по контуру породой.

## РАЗБОРКА ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Разборка породных отвалов допускается слоями (ярусами) в нисходящем порядке после прекращения их эксплуатации и снижения температуры пород слоя до температуры ниже  $80^{\circ}\text{C}$ . Разборка производится с помощью бульдозеров, экскаваторов, прицепных тракторных и самоходных скреперных агрегатов, гидромониторов и др.

Скреперные установки допускается применять при разборке негорящих, в том числе и потушенных отвалов при отсутствии спекания их пород и обеспечении эффективного пылеподавления. Разборка породных отвалов производится по проектам, утвержденным главным инженером треста (комбината) и согласованным с органами Госгортехнадзора.

Работам по разборке отвала предшествуют предварительное орошение поверхности горячих участков и смыв вершины отвала на 5—10 м водой, устройство подъездных и въездных дорог, доставка и установка машин и механизмов на рабочих местах. Устройство первоначального въезда и подъема бульдозеров, экскаваторов и автосамосвалов на терриконы допускается только по хвостовой части.

Работы по разборке отвалов производятся при систематическом контроле температуры породы разбираемого слоя с помощью максимальных (технических) термометров с верхним пределом измерения выше  $500^{\circ}\text{C}$ .

**Разборка бульдозерами.** Разборка отвалов бульдозерами производится горизонтальными слоями. После понижения отвала до высоты 25—30 м допускается разборка наклонными (до  $15^{\circ}$ ) слоями с погрузкой породы. Охлаждают породы наклонных слоев орошением водой.

Погрузка породы в транспортные средства осуществляется бульдозерами в сочетании с беззатворными бункерными эстакадами, с помощью экскаваторов и др. Транспортирование породы к месту погрузки или нового складирования допускается самоходными и прицепными колесными скреперами.

**Разборка экскаваторами.** Для всех типов экскаваторов высота ярусов не должна превышать 4 м. Если ка-

бины автосамосвалов не перекрыты специальными защитными козырьками, то водитель во время погрузки должен находится в 2—3 м от автосамосвала.

Движение автомашин по дорогам на породных отвалах должно осуществляться без обгона. Ширина проезжей части дороги устанавливается проектом исходя из габаритных размеров автосамосвалов с учетом зазоров между встречными машинами не менее 0,4 м и по краям дороги также не менее 0,4 м. В местах, где отсутствуют специальные проходы для людей, ширина проезжей части дороги увеличивается на 1,5 м.

Радиусы кривых при петлевых и спиральных заездах для автомашин принимаются не менее 20 м. Проезжей части дороги в кривых придается односкатный профиль с уклоном до 0,06. Проезжая часть автодороги по спирали ограждается по контуру отвала со стороны нижнего откоса породным валом высотой не менее 1,5 м.

В зимнее время автодороги систематически очищаются от снега, а на кривых и участках с уклоном посыпаются песком или перегоревшей породой. В летнее время с целью пылеподавления автодороги на породном отвале периодически поливают водой. При погрузке породы экскаваторами пылеподавление обеспечивается водяными завесами, создаваемыми с помощью гидромониторов и разбрзгивающих устройств.

**Комбинированный способ разборки отвалов.** При комбинированном способе разборки породных отвалов после послойного понижения высоты до 12—15 м с помощью бульдозеров дальнейшая разборка производится экскаваторами с непосредственной погрузкой породы в транспортные средства.

### МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ТУШЕНИИ И РАЗБОРКЕ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Эксплуатация горящих породных отвалов запрещается. Такие отвалы подлежат обязательному тушению или же разборке. Работы на горящих отвалах разрешается выполнять только после обследования поверхности рабочих мест щупами с целью обнаружения трещин, пустот выгорания и т. п. Обнаруженные опасные участки оконтурируются предупредительными знаками.

К горящим относятся породные отвалы, на поверхности которых имеются видимые признаки горения (дым, пар, открытый огонь), а температура пород на глубине 0,5—2,5 м от поверхности составляет более 80° С. К интенсивно горящим относятся отвалы, от горения которых загазованность воздуха на расстоянии 300 м от породного отвала превышает предельно-допустимые нормы (окиси углерода 6 мг, сернистого газа 0,5 мг, сероводорода 0,008 мг на 1 м<sup>3</sup> атмосферного воздуха).

Тепловое состояние породных отвалов рекомендуется контролировать с помощью температурной съемки, проводимой не реже двух раз в год. Установку термопар и снятие показаний приборов на горящих участках отвала следует выполнять с асбестовых ковриков. Не допускается проводить температурную съемку на терриконах (хребтовидных отвалах) в зоне отсыпки пород во время работы откатки (подвесной канатной дороги), а также при оледенении откосов отвалов.

В процессе работ по тушению горящих отвалов или их разборке не следует подавать воду в трещины и пустоты выгорания на отвале. При появлении в процессе тушения или разборки горящего отвала признаков деформации (вспучивание грунта по периметру отвала, образование трещин на его поверхности и др.) работы должны быть приостановлены до выяснения степени опасности деформации и получения письменного разрешения на продолжение работ от главного инженера предприятия.

Во время ливневых дождей и грозы не допускается проведение на горящих отвалах каких-либо работ, связанных с присутствием людей. Перед подачей на отвал воды или пульпы для охлаждения пород люди должны быть удалены в безопасное место. Бульдозеры, экскаваторы и автосамосвалы, находящиеся на отвале, должны быть снабжены двумя огнетушителями и не иметь утечек горючего и смазки.

Буро-взрывные работы для рыхления отвальной массы и дробления негабаритных кусков при разборке отвалов должны выполняться в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах». Содержание в воздухе CO, H<sub>2</sub>S и SO<sub>2</sub> не должно превышать на рабочих местах на уровне 0,5 мг

поверхности отвала соответственно 0,0016, 0,00066 и 0,00035% по объему. При содержании ядовитых газов в количестве, превышающем допустимые нормы, работы на горящих отвалах должны производится в изолирующих респираторах.

При продолжительности работ в атмосфере, содержащей окись углерода, не более 1 ч предельно допустимая концентрация окиси углерода может быть повышена в соответствии с СН 245—63 до 0,004%, при продолжительности работы не более 30 мин — до 0,008% и при продолжительности не более 15 мин — до 0,016% по объему. Повторные работы в условиях повышенного содержания окиси углерода в воздухе рабочей зоны могут производиться с перерывом не менее чем в 2 ч. Действующие терриконы должны быть оборудованы сходнями с перилами.

Костры в основании разгрузочных ферм терриконов должны возводиться из несгораемых материалов. Установку костров следует производить на негорючих материалах, толщина слоя которых должна быть не менее 0,25 м. Здания и сооружения породных отвалов угольных, сланцевых шахт и обогатительных фабрик должны выполняться из несгораемых материалов.

Езда на вагонетке, а также пребывание на породных отвалах лиц, не связанных с работами на отвале, не допускается. Рельсовые пути и разгрузочные площадки породных отвалов должны освещаться согласно действующим нормам освещенности рабочих мест.

Терриконы должны быть оборудованы двухсторонней сигнализацией и телефонной связью между машинистом лебедки, местами погрузки и разгрузки породы. Не допускается работа на породных отвалах с канатной откаткой при неисправных прицепных устройствах сосудов, тормозных и предохранительных устройствах подъемных механизмов, концевых выключателях и аппаратуре управления.

Во избежание появления на рельсах опасного потенциала рельсовые пути отвала при откатке контактными электровозами должны заземляться в соответствии с требованиями правил безопасности.

## УТИЛИЗАЦИЯ ПОРОД В ШАХТЕ И НА ПОВЕРХНОСТИ

При соответствующих системах разработки и наличии закладочного оборудования значительную часть породы целесообразно оставлять в шахте, не выдавая ее на поверхность, что является также и одним из основных путей решения проблемы самовозгорания породных отвалов. Техническая возможность размещения отвальных пород в шахте подтверждается отечественной и зарубежной практикой.

Подсчеты, выполненные институтом Донгипрошахт, показали, что оставлять породу в шахте экономически целесообразно, потому в последние годы в угольной промышленности СССР объем закладочных работ постоянно возрастает. В настоящее время в комбинате «Артемуголь» три лавы отрабатываются с гидрозакладкой, а на шахтах комбината «Ворошиловградуголь» работает 66 закладочных установок типа ЗУ-1 и ЗУ-2. Многие шахты перешли на крепление подготовительных выработок большим сечением, что позволяет сократить объем породы, получаемой от их ремонта. На шахтах Минуглепрома УССР при подготовке новых горизонтов породу частично оставляют в шахте, что достигается путем закладки ее в выработанное пространство лав.

Значительную сложность представляет размещение в шахте породы, идущей с обогатительных фабрик. Так, в ФРГ пытались осуществить комплексное обогащение угля в шахте, когда на поверхность выдавалась только смесь угля и промпродукта, а пустая порода с низким содержанием горючих размещалась в шахте. Однако проведение комплексного обогащения угля в шахте требует значительных капитальных затрат. В условиях Донбасса, где имеется значительное число шахт с небольшой производительностью, такое решение вопроса не всегда будет экономически оправданным.

В будущем определенное количество отвальной породы из шахт по-прежнему будет выдаваться на поверхность, так как перевод в Донбассе всех пластовых выработок на широкий ход позволит сократить поток отвальной породы из шахт примерно на 30 %. Около половины породы, выдаваемой на поверхность в настоящее время, получается при ремонте горных выработок. Некоторое

количество этой породы и в будущем будет выдаваться на поверхность. Кроме того, на поверхности будет размещаться значительное количество породы, идущей от обогащения. Поэтому вопрос утилизации отвальных пород на поверхности имеет исключительную важность не только с точки зрения использования пород старых отвалов, но и использования вновь поступившей отвальной породы. Утилизация отвальной породы на поверхности может быть осуществлена в энергетических и строительных целях и для получения некоторых редких элементов, серы, сланцевой пыли и др.

По данным Харьковского горного института, отвальная порода углеобогатительных фабрик содержит 30—50% горючих, калорийность ее составляет 1400—2800 ккал/кг, что в некоторых случаях превышает калорийность украинских и подмосковных бурых углей и торфа. По ориентировочным подсчетам потери топлива с породой углеобогатительных фабрик составляют на каждые  $100 \times 10^6$  т угля около  $7 \times 10^6$  т. Использование пород только обогатительных фабрик позволит сэкономить для народного хозяйства около  $2 \times 10^6$  т условного топлива в год, что равноценно годовой добыче нескольких крупных шахт.

Использование породы для энергетических целей может быть произведено несколькими способами: 1) сжигание породы (твердого топлива) в топках паровых котлов, печах и пр.; 2) использование породы в качестве котельного топлива для ТЭЦ и котельных различного назначения путем смешивания породы с качественным углем в пределах допустимой зольности; 3) газификация углерода породы (твердого топлива) с последующим сжиганием горючего газа в качестве энергетического и технического топлива.

В опытах по непосредственному сжиганию отходов углеобогащения получены только некоторые положительные результаты, так как в современных конструкциях топок для пылевидного и слоевого сжигания не создаются благоприятные условия для нормального горения многозольного топлива с высоким содержанием влаги, каким является отвальная порода шахт и обогатительных фабрик. Кроме того, очень сложно использовать на месте добычи угля значительное количество отходов, которое идет с шахты или обогатительной фабрики, а пе-

ревозка их железнодорожным транспортом явно нерентабельна. Применение же метода газификации позволяет переработать отходы обогащения на месте и транспортировать газ к потребителю по газопроводу на расстояние до 100—150 км. При газификации твердого топлива в газогенераторах горючее вещество отвальной породы переходит в газообразное состояние. Образующийся при этом генераторный газ может быть использован для энергетических и технических целей. В современной технике безостаточной газификации твердого топлива известны и широко применяются различные способы и устройства для перевода горючего вещества в газообразное состояние. Однако не все из них могут быть успешно применены для газификации многозольного твердого топлива, отличающегося специфическими свойствами. Газификация многозольного твердого топлива может быть осуществлена в пылевидном состоянии, в полузвешенном состоянии и в непрерывнодействующих камерных печах при попечном дутье.

Для достижения равномерности процесса газификации содержание углерода в отвальной породе должно находиться в пределах от 12 до 20 %. Большое значение для нормального процесса газификации имеет степень однородности и величина кусков отвальной породы.

По данным Харьковского горного института, наиболее приемлемым способом газификации многозольного кускового топлива может быть газификация при попечном паро-воздушном дутье. Такой способ газификации дает возможность получить из отходов углеобогащения и в смеси их с промпродуктом генераторный газ с теплотворной способностью порядка 900—1000 ккал/м<sup>3</sup>.

Преимущество метода газификации отходов обогащения состоит в том, что при этом представляется возможность комплексно использовать минеральную неорганическую часть отходов в качестве строительного материала и облегчается технология извлечения редких элементов. Использование отвальных пород с целью извлечения редких элементов может иметь большое народно-хозяйственное значение. Извлечение серы из пород старых отвалов не получило широкого применения в СССР, но широко применяется в Бельгии.

В угольной промышленности СССР отвальные породы широко используются для получения сланцевой пыли

(Донбасс, Караганда). Непосредственное использование отвальной породы в качестве строительного материала в настоящее время не получило еще широкого применения из-за содержания в ней определенного количества горючих веществ и сернистых соединений.

Применение в ограниченном масштабе нашли золы и перегоревшая порода отвалов. Большие работы проводятся по данному вопросу сейчас в США, Франции, Англии, Канаде и других странах. В СССР золы и перегоревшая порода находят применение: при изготовлении сланцевого цемента, в качестве осушающих добавок к доменному шлаку мокрой грануляции, для приготовления пробужденного бетона, в качестве добавки в растворах для каменной кладки и в качестве тонкомолотой добавки к портландцементу, различных засыпок для изготовления автоклавного и неавтоклавного пено-бетона, для растворов, нагнетаемых за тоннельную отделку, в качестве добавок к кирпичной массе для изготовления зольного кирпича и как материал для оснований зданий и сооружений.

Горелые породы используются также в основании дорожной одежды асфальтовых дорог. По данным Харьковского автодорожного института, для устройства слоев дорожной одежды асфальтовых дорог следует применять только хорошо обожженные горелые породы из отвалов шахт, добывающих антрацитовые и спекающиеся угли, в которых горелая порода обладает достаточной прочностью, пониженным водопоглощением и морозостойкостью. Наилучшие результаты получены при применении однородных по составу пород. При наличии в составе отвальных пород глинистых сланцев следует обрабатывать слой горелой породы органическими вяжущими веществами или создавать изолирующий водо- и паронепроницаемый прослоек из грунтов, укрепленных органическими вяжущими веществами.

Отвальная порода шахт и обогатительных фабрик может быть использована для пополнения загрузочных печей (клиникеров) на цементных заводах. В Болгарии для этих целей используется порода с содержанием золы 70%, при этом порода перед вводом в печь (клиникер) подвергается дроблению.

Таким образом, зола и горелые породы после соответствующей обработки (дробление, обработка органи-

ческими вяжущими) могут найти широкое применение в строительстве. Свежеотсыпанная отвальная порода в строительстве имеет ограниченное применение. Использование отвальных пород в энергетических целях и применение обжига открывают широкое применение ее в строительстве.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

## Тепловое состояние отвалов

Форма породного отвала	Количественно отвалов, шт.	Действующие отвалы		Недействующие отвалы		Всего горячих отвалов
		всего	горячие	всего	горячие	
Предприятия Минуглепрома СССР						
Террикон	1911	1086/56,7 *	759/70,0 **	825/43,1 *	421/51,0 **	1180/61,7 *
Плоский	184	114/61,8	51/44,7	70/38,0	20/28,6	71/38,6
Хребтовидный	126	103/81,8	67/65,0	23/18,2	17/74,0	84/66,6
Итого . . .	2221	1303/58,8	877/67,2	918/41,3	458/50,0	1335/60,0
Предприятия Минуглепрома УССР						
Террикон	1123	686/61,0	516/75,3	437/38,8	213/48,7	729/64,8
Плоский	90	43/47,8	24/55,8	47/52,2	10/21,3	34/37,8
Хребтовидный	55	45/81,9	39/86,7	10/18,2	6/60,0	45/81,8
Итого . . .	1268	774/61,0	579/74,8	494/39,0	229/46,3	808/63,8

\* Здесь величины, стоящие в числителе, выражены в штуках, в знаменателе — в % от общего числа отвалов данной формы.

\*\* В числителе то же, в знаменателе — в % от общего числа отвалов соответственно действующих и недействующих.

## Зависимость теплового состояния отвалов от высоты

Высота отвала, м	Количество отвалов, шт.	Действующие отвалы		Недействующие отвалы		Всего горячих отвалов
		всего	горячие	всего	горячие	
<20	326	145/44,5 *	47/32,4 **	181/55,5 *	29/16,0 **	76/23,5 *
20—30	313	141/45,1	87/61,7	172/55,1	67/39,0	154/49,1
30—40	393	221/56,2	150/67,8	173/44,0	92/53,1	242/61,5
40—50	375	227/60,5	142/62,5	148/39,5	89/60,0	231/61,5
50—60	360	240/66,7	177/73,8	120/33,4	83/69,1	260/72,2
60—70	202	145/71,8	110/75,8	56/27,7	38/67,8	148/73,2
70—80	143	100/70,0	89/89,0	43/30,0	36/83,7	125/87,3
>80	101	74/76,9	75/89,3	25/22,9	24/95,9	99/90,8
Итого . . .	2221	1303/58,8	877/67,2	918/41,3	458/50,0	1335/60,0

Предприятия Минуглепрома СССР

## Промышленные производственные

Баллы отрицательные	Действующие отрасли		Недействующие отрасли		Всего горючих отходов
	Коэффициент	горючие	разно-	гоющие	
<20	141	36,235	16,445	105,745	1615,2
20-30	152	59,388	41,635	93,612	3433,6
30-40	169	91,537	66,725	78,462	7549,3
40-50	215	117,664	93,632	68,316	10260,3
50-60	250	176,703	129,732	74,296	30675
60-70	136	101,764	88,845	32,236	2082,4
70-80	112	86,767	77,897	26,232	2284,5
> 80	93	75,697	69,921	18,194	16400,0
Итого	1268	774,610	579,748	494,380	22945,3
					80863,8

## Предприятия Министерства УССР

<20	141	36,235	16,445	105,745	1615,2	3222,7
	20-30	152	59,388	41,635	93,612	7549,3
30-40	169	91,537	66,725	78,462	3646,2	10260,3
40-50	215	117,664	93,632	68,316	3348,5	12658,6
50-60	250	176,703	129,732	74,296	30675	17971,6
60-70	136	101,764	88,845	32,236	2082,4	10879,3
70-80	112	86,767	77,897	26,232	2284,5	9988,3
> 80	93	75,697	69,921	18,194	16400,0	87935
Итого	1268	774,610	579,748	494,380	22945,3	80863,8

\* Две и в большинстве приведенных величин, тощие в числе, выражены в штуках, в земельных — в % от общего числа отходов данной фракции.

\*\* В числителе то же, в знаменателе — в % от общего числа отходов данной вышестоящего класса и следующим.

## Зависимость теплового состояния терриконов от высоты

Высота террикона, м	Количество терриков, шт.	Действующие терриконы		Недействующие терриконы		Всего горящих терриконо
		всего	горящие	всего	горящие	
Предприятия Минуглепрома ССР						
<20	177	46/26,0	17/37,0	131/74,0	17/13,0	34/19,2
20-30	247	100/40,5	58/58,0	147/59,5	52/35,4	110/44,5
30-40	341	178/52,1	118/66,3	163/47,7	87/53,4	205/60,1
40-50	355	210/59,2	130/62,0	145/40,8	87/60,0	217/61,0
50-60	351	231/65,7	168/72,7	120/34,2	83/69,1	251/71,5
60-70	193	140/72,5	106/75,7	53/27,4	37/69,8	143/74,0
70-80	143	100/70,0	89/89,0	43/30,0	36/83,7	125/87,3
>80	104	81/77,9	73/90,1	23/22,1	22/45,6	95/91,2
Итого . . .	1911	1086/56,7	759/70,1	825/43,1	421/51,0	1180/61,7
Предприятия Минуглепрома УССР						
<20	76	11/14,5	4/36,4	65/85,5	8/12,3	12/15,8
20-30	123	37/30,0	26/70,2	86/70,0	31/36,1	57/46,4
30-40	148	75/50,6	53/70,7	73/49,4	34/46,6	87/58,7
40-50	203	138/68,0	85/61,5	65/32,0	31/47,7	116/57,2
50-60	241	167/69,3	120/71,8	74/30,7	50/67,5	170/70,5
60-70	131	100/76,2	84/84,0	31/23,7	20/64,4	104/79,2
70-80	112	86/76,6	77/89,5	26/23,2	22/84,5	99/88,3
>80	89	72/81,0	67/93,2	17/19,1	17/100,0	84/94,6
Итого . . .	1123	686/61,0	516/75,3	437/38,8	213/48,7	729/64,8

## Зависимость теплового состояния плоских отвалов от высоты

Высота плоского отвала, м	Количество отвалов	Действующие плоские отвалы		Недействующие плоские отвалы		Всего горячих плоских отвалов
		всего	горячие	всего	горячие	
Предприятия Минуглепрома СССР						
<20	122	72/59,6	23/31,9	50/41,0	12/24,0	35/28,7
20-30	46	30/65,2	22/73,3	16/34,8	7/43,7	29/63,0
30-40	13	9/69,2	4/44,5	4/30,8	1/25,0	5/38,5
40-50	2	2/100,0	1/50,0	-	-	1/50,0
50-60	1	1/100,0	1/100,0	-	-	1/100,0
60-70	-	-	-	-	-	-
70-80	-	-	-	-	-	-
>80	-	-	-	-	-	-
Итого . . .	184	114/61,8	51/44,7	70/38,0	20/28,6	71/38,6
Предприятия Минуглепрома УССР						
<20	62	22/35,5	11/50,0	40/64,5	8/20,0	19/30,7
20-30	22	16/72,7	10/62,5	6/27,3	2/33,3	12/54,5
30-40	4	3/75,0	1/33,3	1/25,0	-	1/25,0
40-50	1	1/100,0	1/100,0	-	-	1/100,0
50-60	1	1/100,0	1/100,0	-	-	1/100,0
60-70	-	-	-	-	-	-
70-80	-	-	-	-	-	-
>80	-	-	-	-	-	-
Итого . . .	90	43/47,8	24/53,8	47/52,2	10/21,3	34/37,8

Приложение 5

Зависимость теплового состояния хребтовидных отвалов от высоты

Высота хребтовидного отвала, м	Количество хребтовидных отвалов, шт.	Действующие хребтовидные отвалы		Недействующие хребтовидные отвалы		Всего горящих хребтовидных отвалов
		всего	горящие	всего	горящие	
Предприятия Минуглепрома ССР						
<20	27	27/100,0	7/25,9	—	—	7/25,9
20–30	20	11/55,0	7/63,6	9/45,0	8/89,0	15/75,0
30–40	40	34/85,0	28/82,3	6/15,0	4/66,7	32/80,0
40–50	18	15/83,4	11/73,3	3/16,7	2/66,7	13/72,1
50–60	8	8/100,0	8/100,0	—	—	8/100,0
60–70	8	5/62,5	4/80,0	3/37,5	1/33,3	5/62,5
70–80	1	—	—	—	—	—
>80	5	3/60,0	2/66,7	2/40,0	2/100,0	4/80,0
Итого ...	126	103/81,8	67/65,0	23/18,2	17/74,0	84/66,6
Предприятия Минуглепрома УССР						
<20	3	3/100,0	1/33,3	—	—	1/33,3
20–30	7	6/89,7	5/83,5	1/14,2	1/100,0	6/89,7
30–40	17	13/76,5	12/92,3	4/23,6	2/50,0	14/82,3
40–50	11	8/72,7	7/87,5	3/27,3	2/66,7	9/81,8
50–60	8	8/100,0	8/100,0	—	—	8/100,0
60–70	5	4/80,0	4/100,0	1/20,0	—	4/80,0
70–80	1	—	—	—	—	—
>80	4	3/75,0	2/66,7	1/25,0	1/100,0	3/75,0
Итого ...	55	45/81,8	39/86,7	10/18,2	6/60,0	45/81,8

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агроскин А. А. Химия и технология угля. М., Госгортехиздат, 1961.
2. Барон Л. И., Фугзан М. Д. Вопросы разработки месторождений полезных ископаемых. М., Изд-во АН СССР, 1958.
3. Барон Л. И. Характеристика трения горных пород. М., «Наука», 1967.
4. Будников П. П. Керамическая технология. М., «Космос», 1927.
5. Временная инструкция по безопасной эксплуатации породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик. М., Изд-во ЦНИИТЭИугля, 1967.
6. Дайнека В. К., Китайцев В. А. Применение местного топлива и топливных отходов в промышленности строительных материалов. М., Стройиздат Наркомстроя, 1943.
7. Демин А. М. Применение теории предельного равновесия к расчету устойчивости породных отвалов.—«Уголь». 1957, № 9.
8. Демин А. М., Александров Б. К. Деформация уступов и бортов в карьерах. М., Изд-во ЦНИИТЭИугля, 1963.
9. Демин А. М. Устойчивость откосов прямолинейной формы.—«Уголь». 1964, № 6.
10. Денисов Н. Я Строительные свойства лесса и лессовидных грунтов. М., Госстройиздат, 1951.
11. Добрянский А. Ф. Горючие сланцы СССР. М., Изд-во нефтяной и горнотопливной литературы, 1947.
12. Дубровский Е. М., Колесов А. В. Организация породного хозяйства угольных шахт за рубежом. М., Госгортехиздат, 1963.
13. Зенков Р. Л. Механика насыпных грунтов. М., Машгиз, 1952.
14. Камшилов В. В. Зависимость высоты внутренних отвалов от угла наклона их основания.—«Известия вузов. Горный журнал». 1958, № 6.
15. Канторович Б. В. Введение в теорию горения и газификации твердого топлива. М., Металлургиздат, 1960.
16. Киселев Н. А. Промышленные котельные установки. М., «Энергия», 1965.
17. Коноре Г. Ф. Исследование процессов горения натурального топлива. М., Госэнергоиздат, 1948.

18. Лапин В. В. Петрография металлических и топливных шлаков. М., Изд-во АН СССР, 1956.
19. Матюшко П. С. Процесс горения донецких углей и антрацитов. Харьков, «Уголь и руда», 1933.
20. Мачек Г. Устойчивость откосов бортов и отвалов на буроугольных карьерах. ГДР. М., Изд-во ЦНИИТЭИугля, 1963.
21. Мельников Н. В. Справочник инженера и техника по открытым горным работам. Изд. 4-е, М., Госгортехиздат, 1961.
22. Осипов В. Горе Аберфана.—«За рубежом», 1966, № 45 (334).
23. Попов И. В. Инженерная геология. Изд-во Московского университета, 1959
24. Приц Е. Гидрогеология. М., Изд-во сельскохозяйственной литературы, 1932.
25. Рудаков М. Л. и др. Предупреждение оползней на карьерах. М., Госгортехиздат, 1960
26. Рыжков Ю. А. Исследование угла естественного откоса пород, используемых в качестве закладочных материалов в Кузбассе.— В сб. «Вопросы горного давления». ИГД СО АН СССР. Вып. 6. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1961.
27. Саваренский Ф. П. Инженерная геология. М., ОНТИ НКТП СССР, 1937.
28. Соколов И. А. О безопасных расстояниях расположения экскаваторов и отвалов от бровки уступа.—«Безопасность труда в промышленности». 1961, № 5.
29. Сухаревский В. М. и др. Обзор состояния породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов.—«Уголь». 1966, № 10.
30. Сухаревский В. М., Стельмах А. П. О состоянии и условиях безопасной эксплуатации породных отвалов на предприятиях угольной промышленности СССР.— В сб. «Безопасная эксплуатация породных отвалов». М., Изд-во ЦНИИТЭИугля, 1968.
31. Сухаревский В. М. К вопросу о причинах и характере аварий на породных отвалах.—«Уголь». 1968, № 1.
32. Терцаги К. Инженерная геология. М., Георазведиздат, 1932.
33. Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов угольных карьеров. М., Углехимиздат, 1956.
34. Цытович Н. А. Механика грунтов. М., «Стройиздат», 1954.
35. Швецов М. С. Петрография осадочных пород. М., Госгеолитиздат, 1948.
36. Mines break cordon to tell judge. Morning Star, No. 159/10904, October 26, 1966.
37. Aberfan. Colliery Luardian, vol. 213, No. 5506, 5511, 5512; vol. 214, No. 5518—5526, 5530—5533; vol. 215, No. 5545, 5547.

**6П1.4**

**C91**

**УДК 622.693.25**

**Деформации породных отвалов.** Сухаревский В. М., Стельмах А. П., Фридман И. С. «Техника», 1970, 108 стр.

Обобщены данные практики и научных исследований в области деформаций породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик, имевших место на угольных месторождениях в течение последних 15 лет. Приведены данные о фактическом состоянии породных отвалов, описаны опасности, возникающие при их эксплуатации и разборке, характер самовозгорания и горения отвалов, выделения газов при горении отвальных пород и распространение их вокруг отвалов. Особое внимание уделено основным причинам и характеру деформаций породных отвалов. Рассмотрены мероприятия по предупреждению возникновения на отвалах оползней и обвалов пород, изложены способы предупреждения самовозгорания, тушения и разборки породных отвалов, а также меры безопасности при осуществлении этих работ. Предназначена для инженерно-технических работников предприятий угольной промышленности, научно-исследовательских, проектных и проектно-конструкторских институтов, преподавателей и студентов вузов горных специальностей.

Табл. 15, илл. 33, библ. 37.

Рецензент инж. Н. М. Шайдо

Редакция литературы по горному делу и металлургии

Зав. редакцией инж. М. Д. Семененко

**3-7-1**

**74-70М**

*Василий Михайлович Сухаревский, канд. техн. наук,*

*Анатолий Петрович Стельмах, инж.,*

*Иосиф Самуилович Фридман, инж.*

### **Деформации породных отвалов**

Редактор издательства инж. А. Е. Найдек

Обложка художника И. И. Аникина

Художественный редактор А. П. Валькович

Технический редактор Е. Г. Рублёв

Корректор Ж. С. Яловая

Сдано в набор 9.I 1970 г. Подписано к печати 22.IV 1970 г.

Формат бумаги 84×108 $\frac{1}{2}$ . Объем: 3,375 физ. л., 5,67 усл. л., 6,4 уч.-изд. л. Тираж 1750. БФ 00317. Цена 41 коп.

Заказ 1032.

Издательство «Техника», Киев, 4, Пушкинская 28

Напечатано с матриц Киевского полиграфического комбината на книжной ф-ке «Октябрь» Комитета по печати при Совете Министров УССР, Киев, Артема, 23-а