

УДК 622.693.26 : 622.337.2 : 622.82.22

*Э. В. ПАРАХОНСКИЙ***ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ САМОВОЗГОРАНИЯ ПОРОДНЫХ
ОТВАЛОВ СЛАНЦЕВЫХ ШАХТ***E. PARAKHONSKY***THEORETICAL AND TECHNOLOGICAL PRINCIPLES
OF PREVENTING SPONTANEOUS IGNITION
OF OIL SHALE MINES WASTE HEAPS**

Отходы обогащения горной массы, образующиеся на сланцевых шахтах Эстонии, представлены главным образом карбонатными породами и содержат довольно много органических веществ, входящих в состав горючих сланцев. Теплотворная способность отходов обогащения колеблется в пределах 3,4—3,8 МДж/кг, и поэтому при определенных условиях возможно их самовозгорание в породных отвалах и возникновение крупных пожаров, что может привести к значительному загрязнению атмосферного воздуха, воды и почвы. При горении отвалов в больших количествах образуются оксиды серы, углерода и азота, сероводород, сажа и другие вредные вещества. Средние значения выбросов вредных веществ с горящего породного отвала сланцевой шахты могут составлять: по оксидам углерода 1470, оксидам серы 147, сероводороду 73 и оксидам азота 15 т/год.

В послевоенные годы случаи самовозгорания породных отвалов на сланцевых шахтах Эстонии были довольно часты: горело 7 из 34. Поэтому предотвращение самовозгорания породных отвалов, в которых складывается сырье для производства строительных материалов, представляет собой актуальную проблему, которую необходимо решить для условий Эстонского месторождения горючих сланцев.

Степень пожароопасности породных отвалов зависит от формы и способа их отсыпки, состава и свойств отвальной массы и других факторов. Наиболее пожароопасна конусообразная форма породных отвалов. В значительно меньшей степени опасна плоская (платообразная) форма с послойным складированием отвальной массы. В связи с этим представляет интерес оптимальные пожаробезопасные параметры плоских породных отвалов и технология их отсыпки.

По современным представлениям, самовозгорание промышленных материалов и в их числе отвальной массы сланцевых шахт и обогатительных фабрик, характеризуется физико-химическими процессами перехода их из низкотемпературного состояния в состояние высокотемпературного горения, вызванного локальным самонагреванием до температуры самовоспламенения. Внутренним источником тепла при этом является низкотемпературное окисление органической и серосодержащей частей отвальной массы, что возможно только при наличии притока кислорода воздуха, необходимого для поддержания процесса окисления. Необходимым условием возникновения самовозгорания отвальной массы является также возможность накопления тепла внутри отвала в результате низкой теплоотдачи в окружающую среду.

На основе анализа процессов самонагрева различных промышленных материалов была разработана математическая модель самовозгорания отвальной массы сланцевых шахт, включающая следующие уравнения для установления взаимосвязи между генерацией тепла, теплопроводными свойствами отвальной массы и влиянием окружающей среды на процессы массо- и теплопереноса:

$$q_0 k C_k S e^{-E/RT} - C_{o.m} \gamma_{o.m} (\partial T / \partial \tau) + \lambda_{o.m} (\partial^2 T / \partial x^2 + \partial^2 T / \partial y^2) + C_b \rho_b [V_x (\partial T / \partial x) + V_y (\partial T / \partial y)]; \quad (1)$$

$$\Pi (\partial C_k / \partial \tau) - (-1 / \rho_k) k C_k S e^{-E/RT} - [V_x (\partial C_k / \partial x) + V_y (\partial C_k / \partial y)] - [C_k (\partial V_x / \partial x) + C_k (\partial V_y / \partial y)]; \quad (2)$$

$$\Pi (\partial P / \partial \tau) + \partial (\rho_b V_x) / \partial x + \partial (\rho_b V_y) / \partial y - 0; \quad (3)$$

$$\partial P / \partial \tau - -\rho_b (v \dot{V}_x / k_p); \quad (4)$$

$$\partial P / \partial y - -\rho_b (v \dot{V}_y / k_p); \quad (5)$$

$$\rho_b - P / RT, \quad (6)$$

- где q_0 — удельная теплота окисления, кДж/моль;
 k — постоянная скорости реакции окисления, кг/м²;
 C_k — объемная концентрация кислорода в воздухе, доли;
 S — удельная поверхность отвальной массы, м²/м³;
 E — эффективная энергия активизации, кДж/моль;
 R — газовая постоянная, кДж/(моль · К);
 T — абсолютная температура, К;
 $\gamma_{o.m}$ — насыпная плотность отвальной массы, кг/м³;
 τ — время, с;
 $C_{o.m}$ — удельная теплоемкость отвальной массы, кДж/(кг · К);
 $\lambda_{o.m}$ — коэффициент теплопроводности отвальной массы, Вт/(см · К);
 x, y — горизонтальная и вертикальная составляющие двухмерного пространства соответственно, м;
 C_b — удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг · К);
 ρ_b — плотность воздуха, кг/м³;
 V_x, V_y — горизонтальная и вертикальная составляющие скорости движения воздуха в скоплении соответственно, м/с;
 Π — пористость скопления отвальной массы, м³/м³;
 ρ_k — плотность кислорода, кг/м³;
 P — давление, Па;
 v — кинематическая вязкость воздуха, м²/с;
 k_p — коэффициент воздухопроницаемости скопления отвальной массы, м².

Составные части математической модели представляют собой:

- (1) — уравнение теплового баланса, показывающее, что генерируемое при окислении отвальной массы тепло расходуется на нагревание скопления и теплоотдачу в окружающую среду за счет как теплопроводности отвальной массы, так и конвективного выноса воздухом;
- (2) — уравнение массопереноса в потоке воздуха, проходящего через породный отвал;

- (3) — уравнение неразрывности потока воздуха в породном отвале;
 (4) и (5) — уравнения движения потока воздуха через отвал в ламинарном режиме;
 (6) — уравнение газового состояния.

Решение представленной системы уравнений в общем виде представляет собой довольно трудную задачу, поэтому для обоснования пожаробезопасных параметров плоских породных отвалов целесообразно использовать частные решения приведенных выше уравнений.

Послойное складирование отвальной массы в плоские отвалы позволяет предупредить их самовозгорание, поскольку исключает возможность достижения критической температуры самонагрева. Наблюдения за температурным режимом плоских породных отвалов показывают, что температура отвальной массы изменяется в основном по толщине отсыпаемого слоя, и поэтому конвективным переносом тепла в горизонтальной плоскости можно пренебречь, что обосновывается и незначительными скоростями движения воздуха в отвалах. В связи с этим возникает необходимость прежде определить оптимальную пожаробезопасную толщину одновременно отсыпаемого слоя отвальной массы. Для этого можно использовать вытекающее из выражения (1) одномерное уравнение нестационарной теплопроводности:

$$\lambda_{o.m}(\partial T^2/\partial y^2) + q_0 k C_k S e^{-E/RT} - 0. \quad (7)$$

Решение этого уравнения после некоторых допущений и преобразований позволяет получить выражение для определения пожаробезопасной толщины отсыпаемого слоя отвальной массы сланцевых шахт:

$$H_k = (3\lambda_{o.m}(T_{kp} - T_{o.c}) / (Q_{kp} - Q_{o.c}) [1 - Q_{o.c} / (Q_{kp} - Q_{o.c}) \times \ln(Q_{o.c} / Q_{kp})]^{1/2}, \quad (8)$$

где H_k — толщина отсыпаемого слоя отвальной массы, м;

T_{kp} , $T_{o.c}$ — критическая температура нагревания отвальной массы и температура окружающей среды соответственно, К;

Q_{kp} , $Q_{o.c}$ — скорость генерации тепла при критической температуре самонагрева отвальной массы и температуре окружающей среды соответственно, Дж/(м³·с).

На основе анализа выражений (1), (8) получена формула для определения критической температуры самонагрева отвальной массы:

$$T_{kp} = (E/2R) \{1 - [1 - (4RT_{o.c}/E)]^{1/2}\}. \quad (9)$$

Решение уравнения (2) при условии стационарного режима фильтрации воздуха в слое отвальной массы позволяет получить выражение для определения расстояния от откоса отвала, на котором возможно самонагревание отвальной массы до критической температуры:

$$L = 1,23 H_k [lg(4,85 + 3,81 \cdot 10^5 \rho_0 k_p / n \gamma_{o.m} k_T H_k)], \quad (10)$$

где L — расстояние по горизонтали от откоса отвала, на котором возможно самонагревание до критической температуры, м;

$\rho_{o.m}$ — плотность отвальной массы, кг/м³;

n — показатель, зависящий от фракционного состава отвальной массы;

k_T — коэффициент.

Получены также формулы для определения коэффициента воздухопроницаемости и времени нагрева отвальной массы до критической температуры самонагрева:

$$k_p = (4,5 \cdot 10^5 G H_k / ab) (e^{0,7b/ta} - 0,5/\sin\alpha - e^{0,7b/tg\alpha}); \quad (11)$$

$$\tau_{kp} = [1,16 \cdot 10^{-5} C_{o.m} \gamma_{o.m} (T_{kp} - T_{o.c}) / (Q_{kp} - Q_{o.c}) \ln(Q_{kp} / Q_{o.c})], \quad (12)$$

где G — скорость сорбции кислорода отвальной массой, кмоль/(м³·с);
 α — угол откоса отвала, град;

a, b — безразмерные эмпирические коэффициенты, зависящие от угла откоса отвала;

τ_{kp} — время самонагрева до критической температуры, сут.

Наряду с толщиной отсыпанного слоя к пожаробезопасным параметрам плоских породных отвалов относятся: степень уплотнения отвальной массы, определяемая коэффициентом воздухопроницаемости; расстояние от откоса вглубь отвала, на котором возможно самонагревание отвальной массы до критической температуры; и время такого самонагрева.

Для расчета пожаробезопасных параметров необходимо было изучить состав (табл. 1) и свойства отвальной массы. Первичные пробы отбирали на породных отвалах в зонах свежей отсыпки и в зонах с выветрившейся поверхностью. На основании результатов ситовых анализов 17 проб определили фракционный состав отвальной массы сланцевых шахт и установили, что в результате выветривания доля

Таблица 1. Состав отвальной массы сланцевых шахт, %

Table 1. Composition of a waste mass of oil shale mines, wt.-%

Шахта Mine	Отвальная масса Waste mass				Пустая порода Barren shale			
	Влаж- ность Moisture	Золь- ность Ash	Диоксид угле- рода карбо- натов Carbon dioxide of carbo- nates	Сера общая Total sulphur	Услов- ное органи- ческое веще- ство Conven- tional organic matter	Услов- ный горючий сланец Conven- tional oil shale	Извест- няк Lime- stone	Прочие компо- ненты Others
Ахтме* Ahtme*	4.6	57.5	30.3	0.8	12.2	34.5	52.1	13.4
Виру* Viru*	6.0	58.7	33.0	1.0	8.3	23.4	65.5	11.2
Кивиולי Kiviõli	5.1	53.9	27.3	1.0	18.8	53.1	40.2	6.6
Кохтла Kohtla	5.7	55.7	28.5	0.9	15.9	44.8	45.9	9.6
Сомпа Sompa	5.3	56.0	27.0	1.1	17.0	48.0	41.4	10.6
Таммику* Tammiku*	5.8	56.7	31.4	1.2	11.9	33.8	57.3	9.0
Эстония* Estonia	4.3	57.5	31.9	0.8	10.6	29.9	61.4	8.8

* — шахты с механическим обогащением горной массы.

* — mines using mechanical preparation of mining mass.

крупных классов и эквивалентный диаметр кусков отвальной массы значительно снижаются — размеры кусков уменьшаются почти в 4 раза.

На основании экспериментальных данных получены эмпирические формулы для расчета следующих характеристик отвальной массы: объемной плотности

$$\rho_{o.m} = 24,5(100 - \Gamma_{yc}) + 18,2\Gamma_{yc}, \quad (13)$$

где Γ_{yc} — содержание условного горючего сланца, %;
 удельной теплоемкости

$$C_{o.m} = [8,8(100 - \Gamma_{yc}) + 10,9\Gamma_{yc}](1 - 0,01W_{o.m}) + 41,9W_{o.m}, \quad (14)$$

где $W_{o.m}$ — влажность отвальной массы, %;
 коэффициента теплопроводности

$$\lambda_{o.m} = (1 - 0,01\Pi)1,29^{1-0,01\Gamma_{yc}}0,66^{0,01\Gamma_{yc}}. \quad (15)$$

Взаимосвязь между названными зависимостями показана на рис. 1. Пористость отвальной массы на поверхности отвалов и на глубине до 2,8 м рассчитывали по формуле

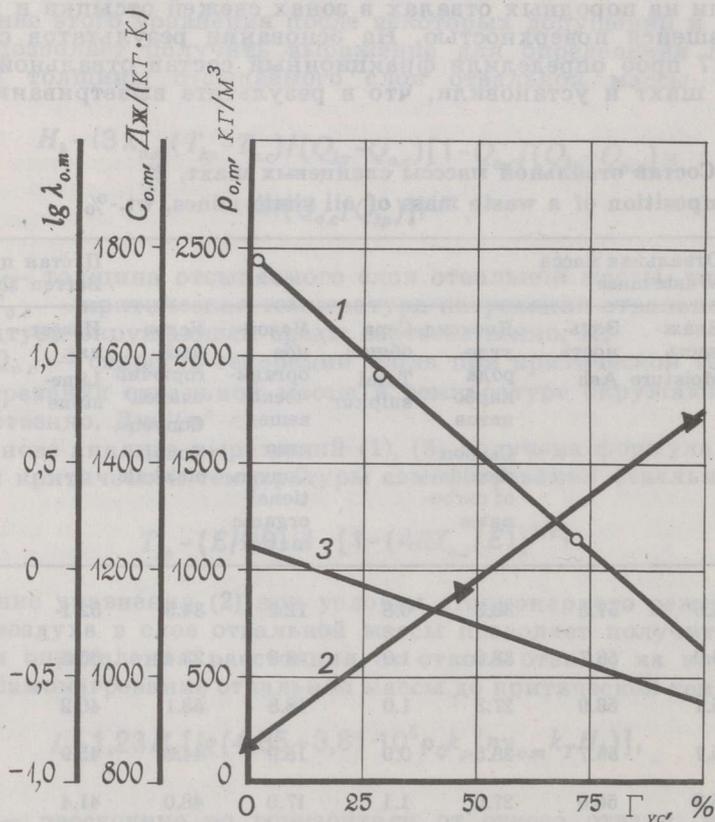


Рис. 1. Зависимости объемной плотности (1), удельной теплоемкости (2) и логарифма коэффициента теплопроводности (3) от содержания условного горючего сланца в отвальной массе
 Fig. 1. Volume density (1), specific heat capacity (2) and logarithm of the coefficient of thermal conductivity (3) as functions of conventional oil shale content in waste mass (Γ_{yc}).

$$П - 100[1 - (\gamma_{o.m}/\rho_{o.m})]. \quad (16)$$

Температуропроводность α_T отвальной массы рассчитывали по формуле

$$\alpha_T = \lambda_{o.m}/C_{o.m}\gamma_{o.m}. \quad (17)$$

Насыпную плотность отвальной массы как на поверхности породных отвалов, так и на глубине 2,8 м определяли методом «лунки».

Из приведенных в табл. 2 физических параметров отвальной массы сланцевых шахт видно, что насыпная плотность выветрившейся отвальной массы на 20 % больше, чем у свежееотсыпанной, а пористость отвальной массы на поверхности отвалов в 2,5 раза меньше, чем внутри. Кроме того, установлено, что в результате выветривания коэффициент воздухопроницаемости отвальной массы уменьшается в 4—5 раз.

Таблица 2. Физические свойства отвальной массы

Table 2. Physical properties of a waste mass

Шахта Mine	Объемная плотность, кг/м ³ Volume density, kg/m ³	Удельная теплота, Дж/(кг·К) Specific calorific value, J/(kg·K)	Теплопроводность, Вт/(м·К) Heat conductivity, W/(m·K)	Насыпная плотность, кг/м ³ Bulk weight, kg/m ³		Пористость, % Porousness, %		Температуропроводность, м ² /с Temperature conductivity, m ² /s
				в массе на поверхности the heap	на поверхности the surface	в массе the heap	на поверхности the surface	
Ахтме Ahtme	2234	1113	0.76	1650	1990	26.1	10.9	0.41
Виру Viru	2302	1092	0.87	1810	1913	21.4	16.9	0.44
Кивибли Kiviõli	2128	1147	0.69	1611	1950	24.3	9.8	0.38
Кохтла Kohtla	2158	1137	0.72	1634	1980	24.3	9.8	0.39
Сомпа Sompa	2147	1141	0.70	1610	2020	25.0	5.9	0.38
Таммику Tammiku	2238	1112	0.78	1694	2100	24.3	9.8	0.41
Эстония Estonia	2257	1106	0.79	1700	2136	24.8	5.4	0.42

Внутренняя потенциальная способность отвальной массы к самонагреванию характеризуется энергией активации окислительного процесса и скоростью генерации тепла за счет окисления при температуре окружающей среды и критической температуре. Окислительная способность отвальной массы определяется показателем её химической активности, который зависит от скорости реакции взаимодействия кислорода с отвальной массой. Скорость генерации тепла при температуре окружающей среды и при критической температуре определяют по следующим формулам:

$$\left. \begin{aligned} Q_{o.c} &= q_0 k_{o.c} C_k S e^{-E/RT_{o.c}} \\ Q_{kp} &= q_0 k_{kp} C_k S e^{-E/RT_{kp}} \end{aligned} \right\}, \quad (18)$$

где $k_{o.c.}$, k_{kp} — показатель химической активности отвальной массы при температуре окружающей среды $T_{o.c.}$ и критической температуре T_{kp} соответственно, кмоль/($m^3 \cdot c$).

Показатель химической активности отвальной массы может быть рассчитан по эмпирической формуле:

$$k_{o.c.} = 10^{-8} k_{ex} k_{yc}, \quad (19)$$

где k_{ex} — экспериментально определяемый коэффициент, зависящий от температуры отвальной массы;

K_{yc} — содержание условной органической массы, %.

Энергия активации определяется на основе лабораторных исследований проб отвальной массы по методике МакНИИ.

Из приведенных в табл. 3 данных о термохимических свойствах отвальной массы видно, что значения энергии активации и критической температуры самонагреваются изменяются в узких пределах. В более широких пределах варьируют значения показателя химической активности и скорости генерации тепла.

Таблица 3. Термохимические свойства отвальной массы

Table 3. Thermochemical properties of a waste mass

Шахта Mine	Энергия активации $\times 10^6$, Дж/кмоль Energy of activation $\times 10^6$, J/kmol	Критическая температура самонагревания, К Critical temperature of self-heating, K	Показатель химической активности $\times 10^{-8}$, кмоль/($m^3 \cdot c$) Index of chemical activity $\times 10^{-8}$, kmol/($m^3 \cdot s$)		Скорость генерации тепла, Дж/($m^3 \cdot c$) Heat-generating velocity, J/($m^3 \cdot s$)	
			при $T_{o.c.}$	при T_{kp}	при $T_{o.c.}$	при T_{kp}
Ахтме Ahtme	46.1	310.3	4.4	13.2	0.33	0.54
Виру Viru	51.7	308.0	3.5	10.1	0.30	0.46
Кивиולי Kiviõli	49.8	308.8	7.5	20.5	0.49	0.74
Кохтла Kohtla	46.7	310.0	7.6	21.7	0.50	0.78
Сомпа Sompa	50.5	308.7	6.8	20.3	0.26	0.44
Таммику Tammiku	47.4	309.6	4.4	12.5	0.29	0.45
Эстония Estonia	50.5	308.7	4.4	12.7	0.29	0.45

Предупреждение самовозгорания плоских породных отвалов основано на применении ряда профилактических мероприятий, куда входит и послойное складирование отвальной массы с соблюдением пожаробезопасных параметров (рис. 2), которые определяются по специальной методике, разработанной на основе теоретических и экспериментальных исследований [1]. По этой методике оптимальные значения пожаробезопасных параметров могут быть определены индивидуально для каждого породного отвала с учетом конкретного состава и свойств отвальной массы.

Результаты расчетов, приведенные в табл. 4, показывают, что пожаробезопасная толщина одновременно отсыпаемого слоя отвальной массы для шахт с механическим обогащением горной массы (в тяжелых средах) в среднем на 23 % больше, чем для шахт с ручной

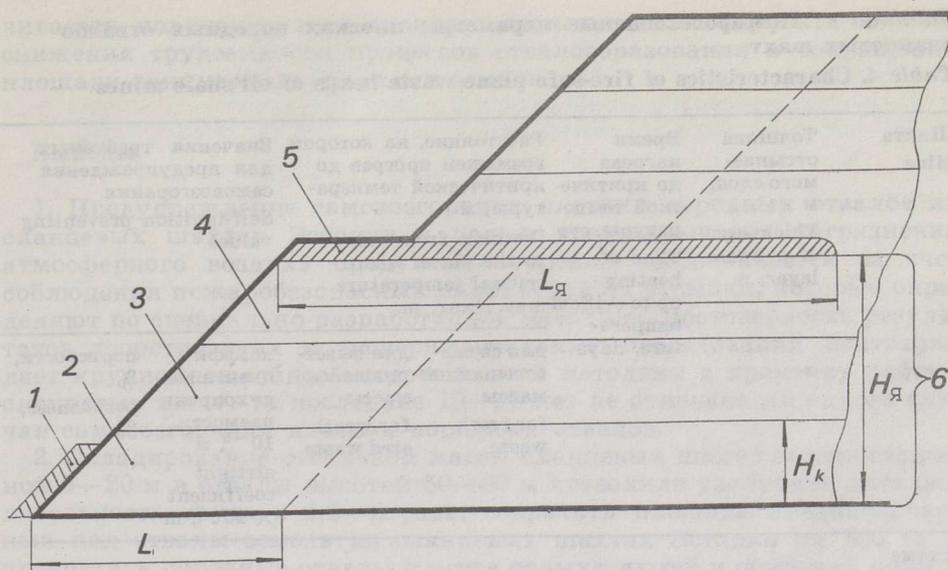


Рис. 2. Технологические принципы формирования плоских породных отвалов: 1 — противопожарная обваловка; 2—4 — слои отвальной массы; 5 — слой изолирующего инертного материала шириной $L_я$ м; 6 — ярус высотой $H_я$

Fig. 2. Technological principles of building-up plane waste heaps: 1 — fair-preventing walling; 2—4 — layers of waste mass; 5 — a layer of an insulating inert material, layer's width $L_я$; 6 — stage's height $H_я$

породовыборкой. Расстояние от откоса отвала, на котором возможно самонагревание до критической температуры, для свежесыпанной отвальной массы на 38 % больше, чем для выветрившейся в течение 1—2 лет. Поскольку самонагревание может иметь место только в теплый период года, критическая температура нагрева отвальной массы может быть достигнута за 5—8 лет. Необходимые для предупреждения самовозгорания значения коэффициента воздухопроницаемости в среднем на 80 % больше, чем для выветрившейся отвальной массы, а значение пористости на 5—10 % меньше.

Пожаробезопасную толщину отсыпаемого слоя можно увеличить за счет уменьшения пористости и снижения коэффициента воздухопроницаемости отвальной массы. На практике это обеспечивается увеличением продолжительности её выветривания или повышением степени уплотнения. Расчеты показывают, что в результате эффективного уплотнения отвальной массы толщина одновременно отсыпаемого слоя может быть увеличена до 20 м.

На основании определенных пожаробезопасных параметров и по данным натурных наблюдений за состоянием плоских породных отвалов разработаны мероприятия по предупреждению их самовозгорания (рис. 2). Каждый отвал формируют слоями толщиной 5—20 м, так чтобы свежая отвальная масса попадала на ту часть отвала, которая выветривалась не менее года. На расстоянии до 30 м от откоса отвальную массу следует тщательно уплотнять, располагая автодороги в непосредственной близости от откосов. Несколько слоев отвальной массы составляют ярус, толщина которого не должна превышать 20 м. Горизонтальную поверхность каждого яруса на расстоянии до 30 м от откоса покрывают слоем изолирующего инертного материала толщиной 0,25—0,3 м. По контуру каждого яруса целесообразно остав-

Таблица 4. Пожаробезопасные параметры плоских породных отвалов сланцевых шахт

Table 4. Characteristics of fire-safe plane waste heaps of oil shale mines

Шахта Mine	Толщина отсыпае- мого слоя, м Thickness of a waste layer, m	Время нагрева до критиче- ской темпе- ратуры, сут Time of heating up to critical tempera- ture, days	Расстояние, на котором возможен прогрев до критической темпера- туры, м Distance from stope to the place, where critical temperature may occur, m		Значения требуемых для предупреждения самовозгорания Self-ignition preventing values	
			для свеже- отсыпанной массы for fresh waste	для вывет- рившейся массы for weath- ered waste	коэффи- циента воз- духопрони- цаемости 10^{-8} , м ² airtight coefficient $\times 10^{-8}$, м ²	пористости, % porousness, %
Ахтме Ahtme	6.5	861	31.2	26.2	0.42	8.4
Виру Viru	7.0	918	30.0	22.6	0.38	10.0
Кивиולי Kiviõli	5.0	556	27.0	19.0	0.63	10.1
Кохтла Kohtla	5.2	582	27.0	19.4	0.63	10.1
Сомпа Sompa	6.6	971	41.6	25.8	0.34	9.9
Таммику Tammiku	7.1	1000	40.3	26.1	0.36	8.8
Эстония Estonia	6,9	941	34.1	28.2	0.37	7.7

лять террасу шириной 6—8 м и отсыпать отвальную массу с минимальным содержанием органического вещества. Для предупреждения возгорания, обусловленного внешними источниками, откосы у основания породных отвалов покрывают слоем негорючего материала на высоту до 3 м.

Для предотвращения вредного влияния породных отвалов сланцевых шахт на природную среду разработана и внедрена экологически безопасная технология отсыпки и рекультивации плоских породных отвалов с максимально возможным совмещением этих процессов во времени [2]. При отсыпке выполняются все мероприятия по предупреждению самовозгорания отвальной массы в отвалах. Слои образуются за счет разгрузки большегрузных автосамосвалов под откос. Число отсыпаемых ярусов и высота плоских породных отвалов по условиям пожаробезопасности не ограничиваются. Общая высота отсыпаемых на сланцевых шахтах отвалов достигает 60—80 м.

Технический этап рекультивации плоских породных отвалов заключается в формировании ярусов, оставлении террас и завозке плодородного слоя почвы на террасы. Биологический этап состоит в посадке леса на террасах и озеленении крутых откосов с помощью торфодерновых ковров или способом гидропосева [3]. Максимально возможное совмещение процессов отсыпки и рекультивации плоских породных отвалов позволяет не только избежать их самовозгорания и сдувания пыли с незакрепленных поверхностей, но и превратить их в места отдыха людей и обитания животных и птиц. При этом обеспе-

чивается получение значительного экономического эффекта за счет снижения трудоемкости процессов отвалообразования и сокращения площади занимаемых отвалами земель.

Выводы

1. Предупреждение самовозгорания плоских породных отвалов на сланцевых шахтах Эстонии с целью предотвращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами горения обеспечивается за счет соблюдения пожаробезопасных параметров их отсыпки, которые определяют по специально разработанной методике. Достоверность результатов теоретических и экспериментальных исследований подтверждает крупномасштабное внедрение этой методики в практику работы сланцевых шахт: за последние 10—15 лет не отмечено ни одного случая самовозгорания плоских породных отвалов.

2. Складирование отвальной массы сланцевых шахт слоями толщиной 5—20 м в отвалы высотой 60—80 м позволило увеличить производительность труда в 1,5—2 раза, сократить площадь предназначенных под отвалы земель на сланцевых шахтах Эстонии на 300 га и превратить породные отвалы в места отдыха людей и обитания птиц и животных.

3. Облесение отвальных террас и озеленение крутых откосов отвалов торфодерновыми коврами или способом гидропосева обеспечивает сохранность заскладированной породы, которая представляет собой сырье для производства различных строительных материалов.

E. PARAKHONSKY

THEORETICAL AND TECHNOLOGICAL PRINCIPLES OF PREVENTING SPONTANEOUS IGNITION OF OIL SHALE MINES WASTE HEAPS

Summary

Preparation of oil shale in Estonian mines is accompanied with the exposure of a great deal of waste from limestones with inclusions of organic matter. Waste is placed in heaps, which are hypergolic, can form great fires, throw out different kinds of harmful substances and pollute air, water and land. Theoretical investigations of spontaneous ignition processes on the basis of mathematical model permitted to obtain formula for definition of safety fire parameters for plane waste heaps, which include permissible thickness of waste layer, degree of tightening, characterized by air tight coefficient, horizontal distance from slope to the place inside of waste heap, where it can be achieved the critical temperature of waste selfheating, and time of the waste selfheating.

To carry out calculations of safety fire parameters for plane waste heaps composition and properties of waste heaps, were investigated. It was fixed considerable role of weathering and tightening for selfheating processes of waste. Calculations performed in accordance with developed methods show that permissible thickness of waste layer is from 5 to 20 m, time of waste selfheating to critical temperature makes up 556—1000 days, the distance from slope to the place, where critical temperature can be achieved, — 19—42 m, air-tight coefficient required for preventing spontaneous ignition — $(0.34—0.63) \times 10^{-8} \text{ m}^2$ and porousness — 7.7—10.1 %. It is necessary to note that the thickness of waste layer for mines using mechanical preparation of oil shale is 23 % more, than for mines using manual preparation. Besides that the distance from slope to the place inside of waste heap where critical temperature of selfheating can be achieved is for fresh ready waste 38 % more, than it is for waste weathered during 1—2 years.

On the basis of fixed safety fire parameters measures for preventing spontaneous ignition of plane waste heaps have been worked out and these were used for safety environmental technology of forming and reclamation for waste

heaps. This technology prevents environment damages from waste heaps and provides conservation of raw material for production of building materials. Application of the new technology for forming plane waste heaps in Estonian oil shale mines makes it possible to obtain rather big economic effect by means of increase of labour productivity and decreases area for waste heaps.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раскидкин В. К., Зенина М. Н., Уйт М. А., Парахонский Э. В. Инструкция по определению пожаробезопасных параметров плоских породных отвалов сланцевых шахт производственного объединения «Эстонсланец». — Макеевка-Донбасс, 1979.
2. Парахонский Э. В., Раскидкин В. К. Новая технология отвалообразования для сланцевых шахт // Вопросы совершенствования технологии и комплексной механизации на сланцевых шахтах и разрезах. Таллинн, 1978. С. 47—49.
3. Парахонский Э. В. Охрана и контроль за состоянием природной среды при добыче горючих сланцев. — Таллинн, 1984.

Государственное предприятие
«Эстонсланец»
г. Йыхви, Эстония

State Enterprise
"Estonslanets"
Jõhvi, Estonia

Представил И. П. Эпик
Поступила в редакцию
11.02.92

Presented by I. Õpik
Received
11 February 1992