

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР
Ленинградский орден Ленина и Трудового
Красного Знамени горный институт
им. Г.В.Плеханова

На правах рукописи
Э.Я.РЕЙНСАЛУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ
РАЗНОРОДНЫХ СЛОИСТЫХ ПОРОД ДЕЙСТВИЕМ
ВЗРЫВА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ГОРЮЧЕГО СЛАНЦА НА ШАХТАХ ЭСТОНСКОГО
МЕСТОРЖДЕНИЯ

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Специальность 311-
подземная разработка
и эксплуатация угольных
месторождений

Ленинград
1987

Работа выполнена на шахтах треста „Эстонсланец“.
Научный руководитель – кандидат технических наук,
доцент Ю.М.Мясник.

Официальные оппоненты: профессор Д.Ф.Борисов и
кандидат технических наук, доцент Л.Кальман.

Ведущее предприятие – Научно-исследовательский
институт сланцев Министерства нефтеперерабатывающей и
нефтехимической промышленности СССР.

Автореферат разослан „ „ 198 г.
Исх. №

Защита диссертации состоится „ „ 198 г.
на заседании Совета горного и шахтостроительного фа-
культетов Ленинградского горного института по адресу:
Ленинград, В.О. 21 линия д. 2, конференцзал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института с 9 час. 30 мин. до 17 час.

Ученый секретарь

/О.Н.ФИРФАРОВА/

Главной задачей, поставленной перед сланцедобывающей промышленностью Эстонской ССР, является повышение производительности труда и рентабельности сланцевых шахт на основе широкого внедрения комплексной механизации и автоматизации производственных процессов. С этой целью на шахтах внедряется камерная система разработки, позволяющая механизировать все основные производственные процессы, в том числе бурение шпуров и возведение штанговой крепи.

Внедрение прогрессивных методов добычи позволяет повысить производительность труда на шахтах и снизить себестоимость горючего сланца. Однако, в это же время, наблюдается тенденция снижения качества товарного сланца, которая проявляется в увеличении выхода мелких классов и в уменьшении их теплоты сгорания. Такое явление, вызванное особыми условиями взрывной отбойки при камерной системе разработки, отрицательно влияет на рентабельность сланцедобывающей промышленности.

В последнее время на вопрос качества горючего сланца шахт обращается большое внимание – разрабатываются эффективные методы обогащения, уточняется целесообразная вынимаемая мощность пласта и т.п. Немалое внимание уделяется и буровзрывным работам, однако, еще не разработаны достаточно надежные методы регулирования качества товарного сланца в процессе взрывной отбойки.

Своеобразие горно-геологических условий Прибалтийского бассейна, а также требования потребителей горючего сланца приводят к тому, что общезвестные рекомендации по регулированию кусковатости, установленные,

как правило, для однородных пород, являются недостаточными. Для успешного решения этого вопроса необходимо провести исследования процесса разрушения неоднородной слоистой среды действием взрыва на примере прибалтийских горючих сланцев.

1. Состояние вопроса и задачи исследования

Пласт горючих сланцев в Прибалтийском бассейне имеет сложное строение – пакки сланца чередуются прослойками известняка, кроме того в горючем сланце содержатся включения карбонатных пород. Структурный разрез пород пласта представлен на рис.1.

Преобладающим способом выемки на сланцевых шахтах является система разработки спаренными лавами, при которой отбойка горной массы осуществляется шпуровыми зарядами при наличии машинного вруба по пакке А. Навалка на скребковые конвейеры и первичное обогащение горючего сланца в лавах производится вручную.

Усл. ин-декс	Структурный разрез	Высота от почвы, м	Мощность, м
F ₂		3,21	0,14
F ₁		3,08	0,13
F ₁ /F			
F		2,22	0,86
E		1,85	0,37
E/D		1,77	0,08
D		1,89	0,08
D/C		1,46	0,23
C		1,07	0,39
C/B		1,02	0,05
B			0,60
B/A		0,42	
A'		0,22	0,20
A		0	0,22

Рис.1. Структурный разрез пород пласта. А, А', В, С, D, E, F – пакки сланца; В/А', С/В, D /С, E/D, F₁/F, – прослойки известняка, F₁ и F₂ – глинистый сланец.

- 5 -

С 1957 года начато внедрение камерной системы разработки. Отбойка горной массы при камерной выемке осуществляется методом шпуровых зарядов, но без машинного вруба. В очистных камерах применяются погружные машины и конвейеры или самоходные вагоны. Выдаваемая на поверхность горная масса обогащается механическим способом.

Шахтами реализуется два вида горючего сланца: энергетический сланец или мелочь (классы ниже 30 мм), который применяется для сжигания в котельных установках и технологический сланец (классы 25...125 или 30...100 мм), применяемый в качестве химического сырья.

Политика цен, диктуемая планами гармонического развития всего народного хозяйства, стимулирует сланцедобывающие предприятия с одной стороны добывать больше технологического сырья, на который имеется спрос и с другой стороны, в целях улучшения условий работы котельных установок, повышать теплоту сгорания энергетического сланца. Дифференцирование оптовых цен на товарный сланец приводит к тому, что рентабельность шахт зависит от качества добычи, т.е. от выхода технологического и теплоты сгорания энергетического сланца.

Улучшение качества горючего сланца на шахтах Прибалтийского бассейна являлось в течение нескольких лет темой научно-исследовательских работ Ленинградского горного института, Союзвзрывпрома и института „ДонУГИ“. В 1949...1955 г.г. были определены оптимальные параметры ведения буровзрывных работ в лавах, обеспечивающие минимальный выход сланцевой мелочи. В связи с широким внедрением камерной системы разработки проблема качества добываемого сланца приобрела особую остроту, причем оказалось, что ранее проведенные исследовательские работы потеряли свое значение применительно к новым условиям, главным образом из-за недооценки значения теплоты сгорания мелкого сланца.

Исследование возможностей улучшения качества гор-

- 6 -

ючего сланца при камерной системе разработки начались в 1982 г. При этом учитывалось, что оптимальные (с точки зрения реализации сланца и рентабельности) качественные показатели добычи не могут быть постоянными, так как они зависят от технических и экономических условий. Изменение конкретных условий, например в связи с совершенствованием погрузочно-транспортных машин и методов обогащения, разработкой новых ВМ и сооружением мощных электростанций, приводит к изменению оптимальных качественных показателей добычи. Очевидно, что подход к вопросу о качестве горючего сланца только с точки зрения уменьшения выхода сланцевой мелочи и повышения ее теплоты сгорания не рационален. Представляется целесообразным создание научных основ регулирования кусковатости и теплоты сгорания отдельных классов крупности горной массы, на базе которых было бы возможно разработать оптимальные условия взрывной отбойки для любых технических и экономических условий.

Создание теоретических основ регулирования качества горючего сланца взрывными работами невозможно без исследования разрушения пород пласта действием взрыва, так как в этой области имеются большие пробелы, в частности по вопросу распределения энергии взрыва в массиве слоистой структуры. Одним из условий решения этого вопроса является определение физико-механических свойств пород пласта.

С другой стороны необходимо исследовать кусковатость отбитой горной массы, чтобы связать ее динамику с параметрами буровзрывных работ. Кроме того, разработанные оптимальные параметры отбойки для существующих технико-экономических условий и рекомендации по совершенствованию буровзрывных работ должны быть проверены на практике.

Исходя из этого, конкретными задачами наших исследований являются:

а) исследование распределения энергии взрыва в

- 7 -

слоистой разнородной среде с целью разработки схем расположения зарядов, обеспечивающих наименьшее разубоживание мелкого сланца материалом прослоек;

б) исследование свойств и состава отбитой горной массы и установление общих закономерностей изменения их в результате ведения буровзрывных работ, с целью разработки методов регулирования выходов отдельных классов крупности;

в) разработка оптимальных параметров отбойки для существующих технико-экономических условий;

г) разработка рекомендаций по совершенствованию буровзрывных работ на сланцевых шахтах.

2. Исследование процесса разрушения разнородных слоистых пород

В настоящее время в теории разрушения горных пород господствует два направления. Сторонники первого из них исследуют напряжения (давления), возникающие в среде под действием какого-нибудь внешнего источника усилий – взрыва, рабочего органа отбойных машин и пр. Другое направление рассматривает действие энергии, переданной среде теми же источниками.

В исследованиях действия взрыва в среде более развитым является первое направление, базирующееся до сих пор на теории распространения плоских гармонических волн в линейно-упругих средах. Краеугольным камнем его, применительно к слоистым средам, является теория отражения и преломления волн на границе раздела двух сред. Ввиду недостаточной изученности физико-механических свойств горных пород, в настоящее время затруднено или совсем невозможно исследование волновых процессов в зоне неупругих деформаций, а также применение для горных пород разработанных в общей форме теории распространения сферических волн и теории распространения волн в слоистых средах. В результате этого, теория нап-

- 8 -

ряжений не способна с достаточной точностью описывать количественную сторону процесса разрушения горных пород.

Энергетическая теория основывается на гипотетических и эмпирических закономерностях. В настоящее время используется гипотеза Кирпичева-Кика, согласно которой энергия разрушения среды пропорциональна объему дробленного продукта и гипотеза Риттингера, по которой энергия разрушения среды пропорциональна вновь образованной поверхности. В зависимости от конкретных условий, может оказаться целесообразным применение той или иной гипотезы. В противоположность теории напряжений, энергетическая теория мало пригодна для описания распределения энергии взрыва в среде, особенно в разнородном массиве.

Поэтому, на современном уровне исследований процесса разрушения среды, целесообразно использовать для изучения процесса дробления слоистых разнородных пород достижения обеих направлений.

Процесс разрушения горючих сланцев действием взрыва теоретически исследован недостаточно. Некоторые работы выполнены только применительно к условиям Ленинградского месторождения, где силами Ленинградского горного института проведены замеры параметров волн напряжения в зонах упругих деформаций.

Поскольку упругие постоянные и акустические жесткости имеют решающее значение при исследовании распределения энергии взрыва в слоистых средах, эти показатели были определены нами в условиях Эстонского месторождения горючих сланцев.

Электронно-акустическим методом определено, что скорость распространения продольных волн в массиве чистого сланца составляет вдоль напластования 2,6...2,8 км/сек и вкрест напластования 2,4...2,5 км/сек. Коэффициент Пуассона составляет 0,32 и модуль упругости

- 9 -

7,1...7,8 Гн/м². Акустическая жесткость чистого сланца вдоль и вкост напластования различна и составляет соответственно 3,6 и 4,0...4,1 Гн/м²сек. С учетом известняковых включений, упругие постоянные горючего сланца несколько увеличиваются и, например акустическая жесткость составляет 4,1...5,4 Гн/м²сек. Но несмотря на это, все физико-механические свойства горючего сланца значительно меньше соответствующих показателей известняковых прослоек, акустическая жесткость которых составляет 9,5...13 Гн/м²сек. Такое различие в упругих постоянных пород пласта приводит к значительному поглощению энергии взрыва в тех пачках сланца, где располагаются заряды.

Дисперсионным анализом линейной аппроксимации трансформированных уравнений показано, что в условиях Прибалтийских сланцевых шахт горная масса, отбитая шпуровыми зарядами, расположенными в пачках сланца, описывается в пределах крупности $10^{-1}...10^{-5}$ м уравнением Андреева-Годэна (рис. 2.):

$$y = A\chi^n, \quad (1)$$

где y - выход снизу, в долях единицы; χ - диаметр отверстия сита, м; $A = 1,5...2,5$ и $n = 0,4...0,6$ - параметры уравнения.

При широком диапазоне крупностей частиц полидисперсной среды, описываемой уравнением (1), удельная поверхность кусков определяется по формуле:

$$\bar{S} = 6c_p \frac{A\chi_{min}^{n-1}}{\frac{1}{n} - 1}, \quad (2)$$

где c_p - коэффициент формы частиц, χ_{min} - расчетный минимальный диаметр частиц полидисперсной среды. Замерами установлено, что $\chi_{min} = 10^{-5}$ м.

- 10 -

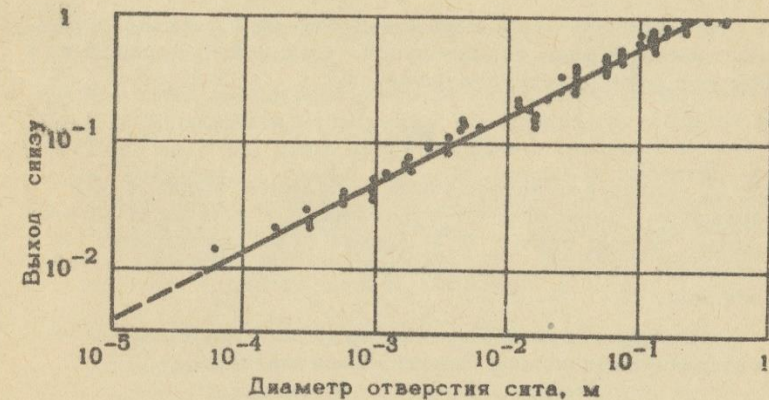


Рис.2. Аппроксимация данных ситовых анализов к уравнению Андреева-Годэна.

Для выявления причин выхода мелких классов исследовано распределение энергии взрыва в ближней зоне действия взрыва. За основу принята гипотеза Риттингера:

$$dS = -c_1 dJ, \quad (3)$$

где S - вновь образованная поверхность; J - энергия, переданная взрывом среде; c_1 - коэффициент пропорциональности.

Предполагается, что интенсивность разрушения пропорциональна энергии дробления:

$$\frac{dS}{dp} = c_2 U, \quad (4)$$

где p - путь пробега взрывных волн в среде; U - энергия разрушения, действующая на рассматриваемом расстоянии; c_2 - коэффициент пропорциональности.

- 11 -

Развитием этих выражений получено уравнение распределения вновь образованной удельной поверхности в ближней зоне действия взрыва:

$$\Sigma = c_2 \chi U_0 r^{-\xi} e^{-c_3 r}, \quad (5)$$

где U_0 – энергия, поглощаемая в ближней зоне; χ и ξ – параметры, зависящие от типа заряда и координат исследуемых частиц среды; r – радиус действия взрыва; e – основание натуральных логарифмов; $c_3 = c_2 / c_1$ – постоянная.

Из уравнения (5) можно вывести уравнение распределения частиц вблизи цилиндрического заряда:

$$\chi_3 = \frac{6 c_3}{c_2 \chi U_0} r e^{c_3 r} \quad (6)$$

На основе разработанных зависимостей и с учетом размеров зон мелкого дробления вокруг зарядов в различных пачках сланца установлено, что поверхность материала, раздробленного в ближних зонах взрыва в пачках горючего сланца, составляет примерно 70 % от всей вновь образованной поверхности горной массы. Следовательно, на основе гипотезы Риттингера можно предполагать, что 70 % от всей энергии, переданной взрывом сланцевому массиву, поглощается в ближней зоне действия взрыва, на расстоянии 3...7 радиуса заряда (в зависимости от пачки сланца).

Полученные данные позволяют установить, что удельная энергия, переданная прослойкам известняка из пачек сланца, где располагаются заряды, не превышает:

$$w_{np} < c'_{np} \frac{0,6r}{\pi} i, \quad (8)$$

где c'_{np} – коэффициент преломления энергии и r – угол полного отражения – определяются через акустическую

- 12 -

жесткость и скорость распространения упругих волн в сланце и в известняке; i – общая удельная энергия.

Расчеты показывают, что энергия волн, преломляющихся в прослойки известняка не превышает 10...14 % от общей энергии, переданной взрывом среде. Следовательно сланцевая мелочь выходит главным образом из тех пачек, где располагаются заряды. Поскольку пачки сланца имеют различную теплоту сгорания, возникает возможность изменением схемы расположения зарядов регулировать качество мелких классов.

3. Исследование влияния параметров буровзрывных работ на характер разрушения пород пласта горючих сланцев

Экспериментальные работы, целью которых являлось исследование закономерностей разрушения пород пласта горючих сланцев в зависимости от условий взрывания, проводились в очистных камерах шахты 10 треста „Эстонсланец“. В ходе работ исследовалось влияние следующих факторов:

- расположение зарядов ВВ в различных пачках сланца;
- изменение типа ВВ – аммониты 6 и 6ЖВ, ПЖВ-20 и детонит 10А;
- различные врубы – взрывные, машинный, скважинный;
- различные методы взрывания – шпуровой и скважинный.

Всего было проведено 54 опытных взрывания. После каждого опыта производился сытовой и качественный анализ горной массы. Масса одной пробы составляла (11...18) 10³ кг (10...20 % от отбитой породы). Рассеивание горной массы осуществлялась на ситах 15; 25; 125 и 300 мм. В каждой пробе определялся выход кусков круп-

- 13 -

нее 0,7 м. Некоторые пробы рассеивались до 0,09 мм. Классы 15...25 и 25...125 мм подвергались фракционному анализу в жидкости плотностью $1,85 \cdot 10^3$ кг/м³. Классы 125...300 мм и крупнее 300 мм разбирались вручную на сланец, сrostки и известняк. Теплота сгорания определялась для всех классов и фракций.

Все экспериментальные данные подвергались корреляционному анализу. Корреляционная матрица была вычислена на ЭВМ Института кибернетики АН ЭССР. Всего установлено 630 связей между различными показателями. Значимыми считались все коэффициенты корреляции, абсолютная величина которых оказалась выше 0,21, что соответствует уровню надежности 0,95.

В результате корреляционного анализа выяснились наиболее эффективные методы регулирования качественных показателей горной массы:

а) теплота сгорания мелких классов зависит от теплоты сгорания вынимаемого массива и от схемы расположения зарядов;

б) выход мелочи зависит главным образом от удельного расхода ВВ.

Как показал анализ результатов проведенных опытных работ, все остальные факторы – тип ВВ, подвигание забоя, забойка и пр. – имели несущественное влияние на качество горной массы.

Наряду с корреляционным анализом, влияние некоторых факторов (число шпуров, тип ВВ и пр.) проверялось дисперсионным анализом.

В результате теоретических исследований и статистического анализа установлено, что выход класса $0... \chi_m$ мм выражается уравнением:

$$y_m = 16,7 \cdot 10^{-3} f_1(q) f_2(q) f_3(q), \quad (9)$$

- 14 -

где q – удельный расход ВВ. При этом:

$$f_1(q) = \bar{S}_w; \quad f_2(q) = \frac{1}{n} - 1; \quad f_3(q) = \left(\frac{\chi_m}{\chi_{min}} \right)^n$$

где $\bar{S}_w$ – удельная вновь образованная поверхность без учета коэффициента формы частиц; n – параметр уравнения Андреева-Годэна; $\chi_{min} = 10^{-5}$ м.

Регрессионным анализом установлено:

$$\bar{S}_w = a + bq + cq^2, \quad 10^3 \text{ м}^2/\text{м}^3, \quad (10)$$

где $a = -2,9 \pm 1,7$; $b = 12,9 \pm 4,2$; $c = 6,4 \pm 2,5$ и

$$n = \frac{C_1}{q - q'_0} + n_0 \quad (11)$$

где $C_1 = 0,053 \pm 0,020$; $q'_0 = 0,18$ кг/м³ и $n_0 = 0,44 \pm 0,02$.

После учета систематических отклонений, определенных сравнением расчетных величин с опытными данными, формула (9) примет вид:

$$y_m = 16,2 \bar{S}_w \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \text{antilg}(C_2 n). \quad (12)$$

где C_2 – постоянная, зависящая от верхнего предела класса. Погрешность формулы для одиночного опыта на уровне надежности 0,95 не превышает ± 33 %. Погрешность формулы уменьшается в $\sqrt{N}$ раз при применении ее для серии взрываний, где N – число взрываний в серии.

В ходе разработки формулы (12) установлено, что расход потенциальной энергии ВВ на 1 м² вновь образованной поверхности составляет без учета коэффициента формы частиц около 0,4 кДж/м². К.п.д. взрыва выражается:

$$C_{пг} = 1 - 0,57q, \quad (13)$$

- 15 -

где q - удельный расход ВВ, кг/м³. Для существующих паспортов буровзрывных работ к.п.д. составляет 0,55. Следует подчеркнуть формальность определенного таким образом к.п.д. взрыва, так как им учитывается и поверхность „бесполезных“ мелких и сверхмелких классов до 10^{-5} м.

Исследованием распределения потенциального тепла между отдельными классами крупности установлено, что кривая теплоты сгорания подрешетного продукта горной массы описывается показательной функцией (рис. 3):

$$Q = (Q_0 - Q_B)e^{-c_{10}\chi} + Q_B, \quad (14)$$

где Q_0 - параметр, зависящий от теплоты сгорания и разрушаемости отдельных пачек сланца, схемы расположения шпуров и типа ВВ; Q_B - теплота сгорания вынимаемого массива; χ - диаметр отверстия сита, м; $c_{10} = 9,5$ - коэффициент пропорциональности, значение которого определено дисперсионным анализом линейной аппроксимации опытных данных к трансформированному уравнению (14). На основе (14) выведена формула для определения теплоты сгорания класса 0... χ_m :

$$Q_m = c_m Q_0 + (1 + c_m) Q_B, \quad (15)$$

для которой $c_m = \exp(c_{10}\chi_m)$, и данные для определения Q_0 даны в виде таблиц. Погрешность формулы (15) для классов ниже 125 мм не превышает $\pm 10\%$ на уровне надежности 0,95.

На основе экспериментального материала дана формула для определения максимально возможного числа кусков крупнее 0,7 м:

$$N_{>0,7} < 5 + 3P_n N'_w, \quad (16)$$

где P_n - вероятность нарушения предусмотренной очередности взрывов; N'_w - число шпуровых зарядов выше вруса.

- 16 -

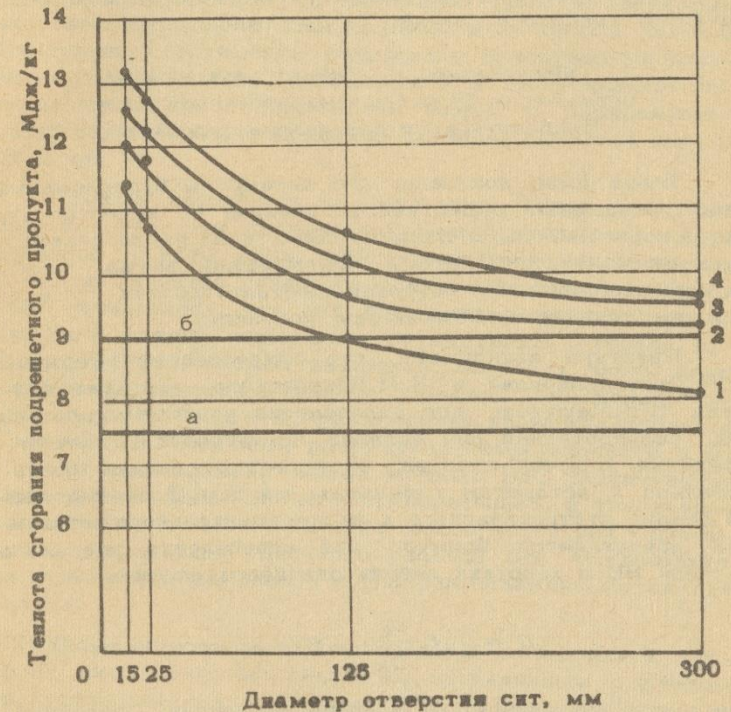


Рис. 3. Кривые теплоты сгорания подрешетного продукта горной массы. а - теплота сгорания вынимаемого массива при высоте забоя 3,4 м, б - то же при 2,8...2,9 м. 1 - распределение потенциального тепла горной массы при вынимаемой мощности 3,4 м; 2; 3 и 4 - то же при 2,8...2,9 м, в т.ч. 2 - при применении детонита 10А, 3 и 4 - при применении аммонита 6ЖВ, различные схемы расположения зарядов.

- 17 -

Полученные зависимости (12), (15) и (16) послужили основой для разработки методики расчета оптимальных параметров буровзрывных работ с точки зрения качества товарного сланца.

4. Обоснование и выбор рациональных параметров буровзрывных работ для шахт Прибалтийского сланцевого бассейна

Выше было показано, что параметры буровзрывных работ оказывают существенное влияние на качество отбитой горной массы, а следовательно, и на рентабельность сланцевых шахт. Поэтому чрезвычайно важно, чтобы параметры взрывной отбойки соответствовали существующим технико-экономическим условиям.

Практика показывает, что общезвестные формулы М.М.Протодаконова и Н.М.Покровского, а также формула В.И.Машукова для определения удельного расхода ВВ, разработанная для условий Ленинградского месторождения горючих сланцев, не являются точными применительно к эстонским сланцевым шахтам. В диссертации на основе статистического и экспериментального материала предлагается формула для определения удельного расхода ВВ в коротких забоях сланцевых шахт:

$$q = q_2 + \frac{c_2}{S_B}, \text{ кг/м}^3, \quad (17)$$

где q_2 и c_2 зависят от условий взрывания. Ориентировочно для аммонитов 8 и 8ЖВ $q_2 = 0,65$ и $c_2 = 5$; S_B — площадь поперечного сечения выработки, м².

Кроме того разработаны формулы для определения удельного расхода ВВ и числа шпуров при взрывании в условиях двух или более обнаженных поверхностей забоя.

Определив удельный расход ВВ, можно при помощи формул (10) и (12), а также учитывая переизмельчение горной массы на транспорте и при обогащении, оценить

- 18 -

качество товарного сланца. На основе изложенных в работе формул возможен и обратный путь: по заданным качественным показателям добычи и с учетом условий обогащения и транспорта определить качественные параметры горной массы (кусковатость и распределение потенциального тепла) и выбирать наиболее рациональный способ взрывания, расположение зарядов, удельный расход ВВ и пр.

Помимо разработки теоретических основ регулирования качественных показателей горной массы, в диссертационной работе даны конкретные рекомендации для улучшения качества товарного сланца. На основе опытных работ установлено, что для повышения качества энергетического сланца необходимо осуществлять отбойку при заниженной вынимаемой мощности, оставляя часть пачки F, имеющей невысокую теплоту сгорания. Повышения теплоты сгорания энергетического сланца возможно добиться и за счет интенсивного разрушения пачек сланца В и Е, а также применением менее мощных ВВ. Значительное уменьшение выхода мелочи, а следовательно, и увеличение выхода технологического сланца, достигается при существенном уменьшении удельного расхода ВВ, что возможно при применении машинного вруба или скважинного метода отбойки.

Целесообразность рекомендуемых мероприятий проверена экономическим анализом, проведенным с учетом цен, установленных с 1 июля 1967 г. Показано, что камерная система разработки горючих сланцев при вынимаемой мощности 3,4 м экономически невыгодна. В результате перехода сланцевых шахт Эстонского месторождения на вынимаемую мощность 2,8...2,9 м повышается выход товарного продукта из 1 м³ горной массы, благодаря чему несколько снижается себестоимость добычи. Более значительно при этом, ввиду повышения теплоты сгорания мелочи, увеличивается оптовая цена товарного сланца.

- 19 -

Сравнением различных вариантов отбойки при вынимаемой мощности 2,8...2,9 м установлено, что наиболее экономичным является вариант отбойки с применением машинного вруба. Хорошие экономические показатели имеет также схема расположения зарядов, при которой взрывной вруб располагается в пачке В и интенсивно разрушается пачка Е. При этом тип применяемого аммонита - 6, 6ЖВ или ПЖВ-20, не оказывает существенного влияния на экономику шахты. Самые низкие экономические показатели имеют варианты с расположением взрывного вруба по пачке С и с применением скважинного вруба, а также отбойка детонитом 10А при применении взрывного вруба. Оптовая цена товарного сланца при применении метода взрывания поперечными скважинами (бурение через целик) не отличается от соответствующего показателя, достигнутого при наилучших паспортах буровзрывных работ со взрывным врубом, но уступает оптовой цене при варианте с машинным врубом.

Кроме экономичности отдельных вариантов отбойки, необходимо иметь в виду еще и условия реализации горючего сланца. Паспорта буровзрывных работ с интенсивным разрушением пачек сланца В и Е, несмотря на высокую рентабельность, не могут быть рекомендованы к широкому внедрению, так как они не способствуют увеличению выхода технологического сланца, который пользуется наибольшим спросом. Скважинный метод отбойки характерен максимальным выходом технологического сланца, однако при этом энергетический сланец, ввиду низкой теплоты сгорания, не удовлетворяет требованиям потребителей.

Таким образом, самой эффективной при камерной системе разработки как с точки зрения рентабельности, так и исходя из условий реализации добываемого сланца, в настоящее время является шпуровая отбойка с машинным врубом.

- 20 -

Выводы

1. Разрушение неоднородных слоистых пород представляет собой сложное явление, исследование которого затрудняется ввиду недостаточной изученности физико-механических свойств анизотропных горных пород. На современном уровне разработки этого вопроса, наряду с теорией напряжений, представляется целесообразным использование энергетическую теорию процесса разрушения горных пород действием взрыва.

2. Существенное различие упругих постоянных пород пласта горючих сланцев приводит к поглощению энергии взрыва в пачках сланца.

3. На сланцевых шахтах Прибалтийского бассейна кусковатость горной массы, отбитой шпуровыми зарядами, расположенными в пачках сланца, описывается в пределах крупности $10^{-5}...10^{-1}$ м уравнением Андреева-Годэна (1).

4. Установлено, что распределение потенциального тепла горной массы в зависимости от крупности описывается показательной функцией (14).

5. В результате теоретических исследований и статистического анализа экспериментальных данных выведены формулы для определения выхода (12) и теплоты сгорания (15) отдельных классов крупности в зависимости от условий взрывания.

6. Выведены зависимости между удельной вновь образованной поверхностью (10), параметром n , уравнения Андреева-Годэна (11), к.п.д. взрыва (13) и удельным расходом ВВ.

7. Разработана методика расчета рациональных параметров буровзрывных работ для сланцевых шахт Прибалтийского бассейна как на основе эмпирических формул, выведенных регрессионным анализом, так и на основе качественных показателей горючего сланца.

8. Разработаны паспорта буровзрывных работ, поз-

- 21 -

воляющие регулировать теплоту сгорания энергетического сланца в соответствии с требованиями потребителей.

8. Показано, что в целях уменьшения выхода сланцевой мелочи необходимо применить при камерной системе разработки врубовые машины.

10. Экономическим анализом установлено, что вышеизложенные мероприятия, направленные на улучшение качества горючего сланца, позволяют повысить рентабельность сланцевых шахт.

Основные положения диссертации опубликованы в статьях:

1. Рейнсалу Э.Я. Пути совершенствования буровзрывных работ при камерной системе разработки. В сб. Химия и технология горючих сланцев и продуктов их переработки. Л. Недра, 1964 (Тр. Ин-та сланцев, вып.13).

2. Рейнсалу Э.Я., Терешенко Б.А. Об очередности при огневом взрывании. В сб. Добыча и переработка горючих сланцев. Л. Недра, 1965 (Тр. Ин-та сланцев, вып. 14).

3. Рейнсалу Э.Я. О минимально допустимых расстояниях между зарядами для эстонских сланцевых шахт. В сб. тр. Таллинского политехнического института, серия А, № 221, Таллин, 1965.

4. Мисник Ю.М., Рейнсалу Э.Я. Исследование физико-механических свойств пород пласта горючих сланцев Эстонского месторождения. В сб. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Л. Недра, 1966 (Записки ЛГИ, том LII вып. 1).

5. Рейнсалу Э.Я. К вопросу оценки кусковатости горной массы. В сб. Добыча и переработка горючих сланцев. Л. Недра, 1966 (Тр. Ин-та сланцев, вып. 15).

6. Рейнсалу Э.Я. Исследование влияния условий взрывания и параметров пласта на теплоту сгорания мел-

- 22 -

ких классов горной массы. В сб. Добыча и переработка горючих сланцев. Л. Недра, 1967 (Тр. Ин-та сланцев, вып. 16).

7. Рейнсалу Э. Определение теплоты сгорания мелких классов горной массы по параметрам буровзрывных работ. Горючие сланцы № 2-3, Таллин, 1967.

Ртп-ЛГИ.М-61169.25.12.67.э.434.т.150 экз.

Бесплатно