

Г. Ф. ЮРКЕВИЧ, Э. Я. ШЕЙМАН, В. А. АНДРЕЕВ,
В. И. ГАВРИН, В. И. ГАЙЧУК

СЕЛЕКТИВНАЯ ВЫЕМКА ПЛАСТА ГОРЮЧЕГО СЛАНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЗКОЗАХВАТНОГО КОМБАЙНА

На Ленинградском месторождении горючих сланцев пласт сланца имеет сложное строение и почти горизонтально залегает на глубине 50—150 м. В границах шахтного поля шахты им. С. М. Кирова, на которой внедрена описываемая технология, средняя глубина залегания пласта незначительно колеблется в пределах 70 м. Промышленный пласт мощностью около 2 м залегает в кукерском горизонте и состоит из прослоев горючего сланца, разделенных слоями известняка (рис. 1). Промпласт представлен четырьмя слоями горючего сланца, между которыми расположены слои известняка прочностью 40—60 МПа; наибольшую прочность имеет прослой известняка «плита» в средней части пласта. Сопrotивляемость резанию: сланца 210—235 Н/мм, известняка — около 500 Н/мм. Сложное строение промпласта, содержащего прочные слои известняка, оказывает решающее влияние на выбор способа разрушения и добычной техники.

На сланцевых шахтах ПО «Ленинградсланец» ведется валовая выемка I—III слоев сланца с породными прослоями и частью ложной кровли, которая осуществляется посредством буровзрывных работ; компоненты промпласта разделяются на обогатительной фабрике. В народном хозяйстве используется как сланец, так и основная часть породы, которую перерабатывают в щебенку. Традиционная технология действующих шахт ориентирована на выпуск крупнокускового технологического сланца для химической промышленности и энергетического сланца фракции минус 30 мм. Пропускная способность шахтных стволов шахты им. С. М. Кирова ограничена, на поверхности пласта сланца ведут «камерами-лавами», однако отбор породы в очистных забоях и ее перегрузка в выработанное пространство осуществляются вручную, что служит причиной повышения себестоимости добычи 1 т горной массы на 20—30 % по сравнению с валовой выемкой пласта.

Опыт работы комбайновых лав в Прибалтийском сланцевом бассейне показал [1], что наиболее перспективный путь использования комбайнов — это селективная технология. В ходе предварительных расчетов и предпроектной проработки селективной технологии добычи сланца было определено, что эффективным будет использование узкозахватного комбайна 1ГШ-68С, приспособленного для горнотехнических условий сланцевых шахт. Замена низкомеханизированных технологий на шахте обеспечит снижение затрат на очистных работах

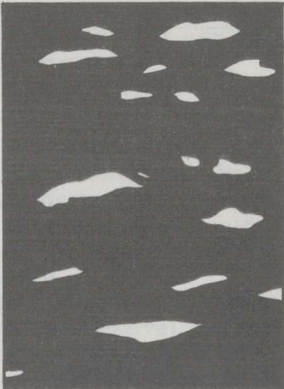
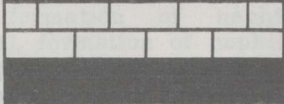
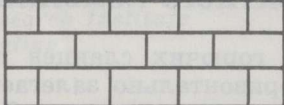
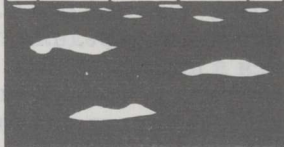
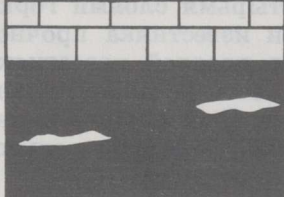
	Индекс	Мощность, м
	«Ложная кровля»	0,30—0,35
	I	0,55—0,62
	«Спутник»	0,05—0,06
	«Мергель»	0,05—0,06
	«Плита»	0,24—0,26
	II	0,25—0,30
	«Кулак»	0,14—0,17
	III	0,25—0,30
	«Синюха»	0,15—0,16
	IV	0,14

Рис. 1

Структурный разрез пласта сланца Ленинградского месторождения

и транспорте, а также увеличение объема выдачи сланца из шахты за счет снижения доли породы в горной массе.

Программой промышленных испытаний предусматривалось: изучить и усовершенствовать процессы добычи при отдельной выемке сланца и породы, оценить технологические возможности селективной технологии в горнотехнических условиях шахты им. С. М. Кирова и достичь максимальных нагрузок, обеспечивающих эффективность предложенной технологии. Дополнительно были запланированы: конструкторская доработка нестандартного оборудования, контроль за работой оборудования и качеством добываемого сланца, текущий анализ структуры участковой себестоимости. Изменение порядка отработки и способа управления кровлей в задачу не входило, поэтому параметры системы разработки были оставлены без изменений.

Система разработки и организация работ в лавах

Подготовка шахтного поля — панельная с прямым порядком его отработки в направлении от ствола к границам. Шахтное поле разделяется главными и панельными штреками на панели шириной от 600—700 до 1000 м (рис. 2). По длине выемочный участок (столб) разделяется разрезными штреками на части, размер которых соответствует ширине камеры с междукамерным целиком. Параметры камер

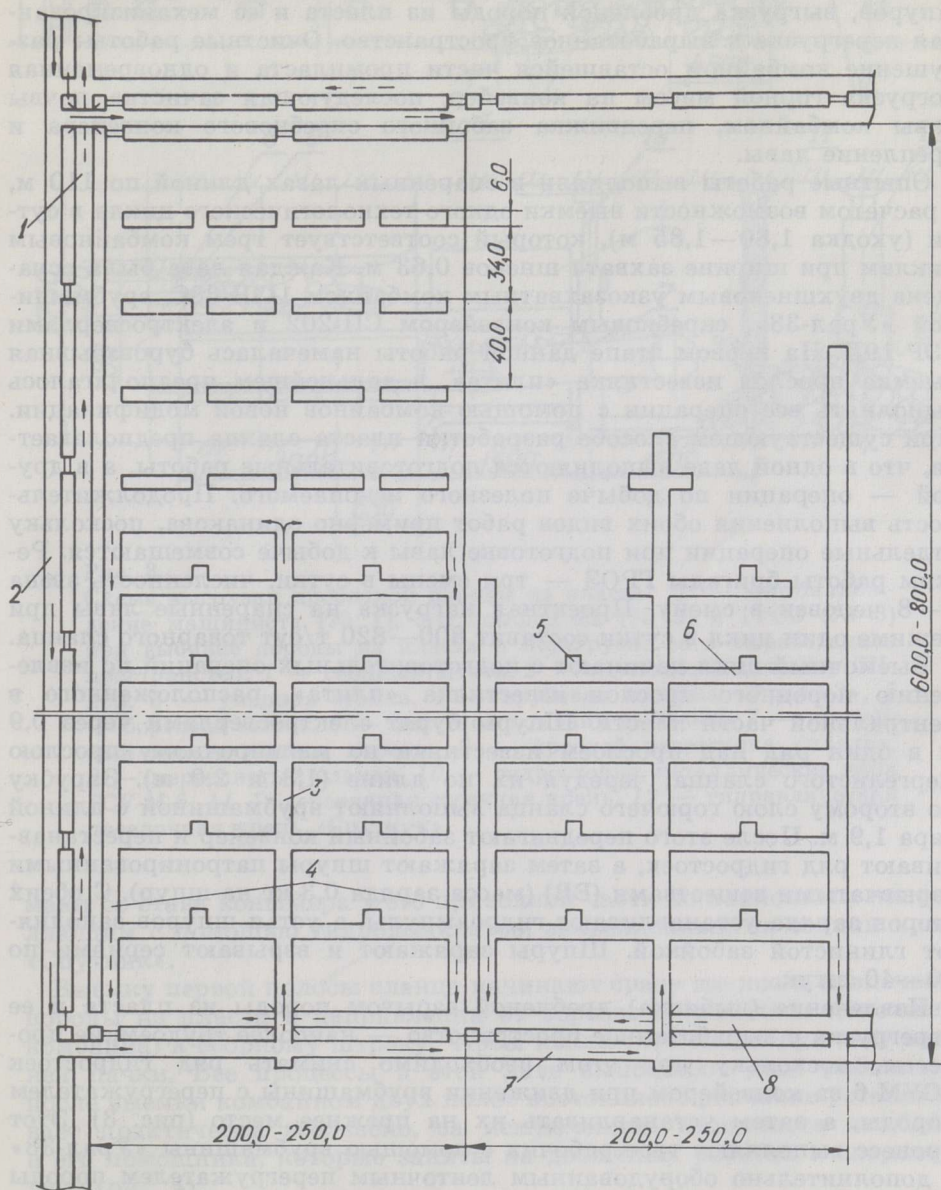


Рис. 2

Схема подготовки выемочного участка и система разработки: 1, 2 — соответственно главные откаточный и вентиляционный штреки, 3, 4 — соответственно сборный и бортовые штреки, 5 — монтажная печь, 6 — разрезной штрек, 7, 8 — соответственно панельные откаточный и вентиляционный штреки

и целиков рассчитываются по методике Всесоюзного НИИ горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ) [2] и составляют соответственно 30—34 и 6 м. Запасы «камер-лав» отрабатываются последовательно, и фронт очистных работ движется в направлении погруженного пункта.

Селективная технология включает следующие процессы, перечисленные ниже в порядке последовательности их выполнения. Подготовительные операции: бурение шпуров по прослою «мергелистый сланец», зарубка пласта по II слою сланца, зарядание и взрывание шпуров, выгрузка дробленой породы из пласта и ее механизированная перегрузка в выработанное пространство. Очистные работы: разрушение комбайном оставшейся части промпласта и одновременная погрузка горной массы на конвейер, последующая зачистка почвы лавы комбайном, передвижка забойного скребкового конвейера и крепление лавы.

Опытные работы выполняли в спаренных лавах длиной по 110 м, с расчетом возможности выемки одного технологического цикла в сутки (уходка 1,80—1,85 м), который соответствует трем комбайновым циклам при ширине захвата шнеков 0,63 м. Каждая лава была оснащена двухшнековым узкозахватным комбайном 1ГШ-68С, врубмашиной «Урал-33», скребковым конвейером СП-202 и электросверлами СЭР-19Д. На первом этапе данной работы намечалась буровзрывная выемка прослоя известняка «плита», в дальнейшем предполагалось выполнять все операции с помощью комбайнов новой модификации. При существующем способе разработки пласта сланца предполагается, что в одной лаве выполняются подготовительные работы, а в другой — операции по добыче полезного ископаемого. Продолжительность выполнения обоих видов работ примерно одинакова, поскольку отдельные операции при подготовке лавы к добыче совмещаются. Режим работы бригады ГРОЗ — три смены в сутки, численность звена 6—8 человек в смену. Проектная нагрузка на спаренные лавы при режиме один цикл в сутки составит 800—820 т/сут товарного сланца.

Выемочный цикл начинают с подготовительных операций по извлечению породного прослоя известняка «плита», расположенного в центральной части пласта. Шпуры бурят электросверлами через 0,9 м в один ряд над прослоем известняка по малопрочному прослою мергелистого сланца, чередуя их по длине (1,3 и 2,0 м). Зарубку по второму слою горючего сланца выполняют врубмашиной с длиной бара 1,9 м. После этого передвигают забойный конвейер и переставляют ряд гидростоек, а затем заряжают шпуры патронированными взрывчатыми веществами (ВВ) (масса заряда 0,3 кг на шпур). С обеих сторон заряда устанавливают гидроампулы, а устья шпуров заполняют глинистой забойкой. Шпуры заряжают и взрывают сериями по 30—40 штук.

Извлечение (выбивка) дробленой взрывом породы из пласта и ее перегрузка в выработанное пространство — наиболее трудоемкие процессы, поскольку при этом необходимо снимать ряд гидростоек ГСУМ-6 за конвейером при движении врубмашины с перегружателем породы, а затем устанавливать их на прежнее место (рис. 3). Этот процесс выполняют трое рабочих с помощью врубмашины «Урал-33» с дополнительно оборудованным ленточным перегружателем породы производительностью 2,6 м³/мин и небольшой площадкой с защитным укрытием машиниста перед пультом управления [3]. Породу извлекают из пласта с помощью цепи бара после ее реверса, причем с целью увеличить производительность этого процесса бар устанавливают под тупым углом к линии очистного забоя. Верхнюю часть промпласта поддерживают стойки, устанавливаемые через 5 м в щели размером 0,40—0,45 м. На заключительной стадии процесса врубмашину сни-

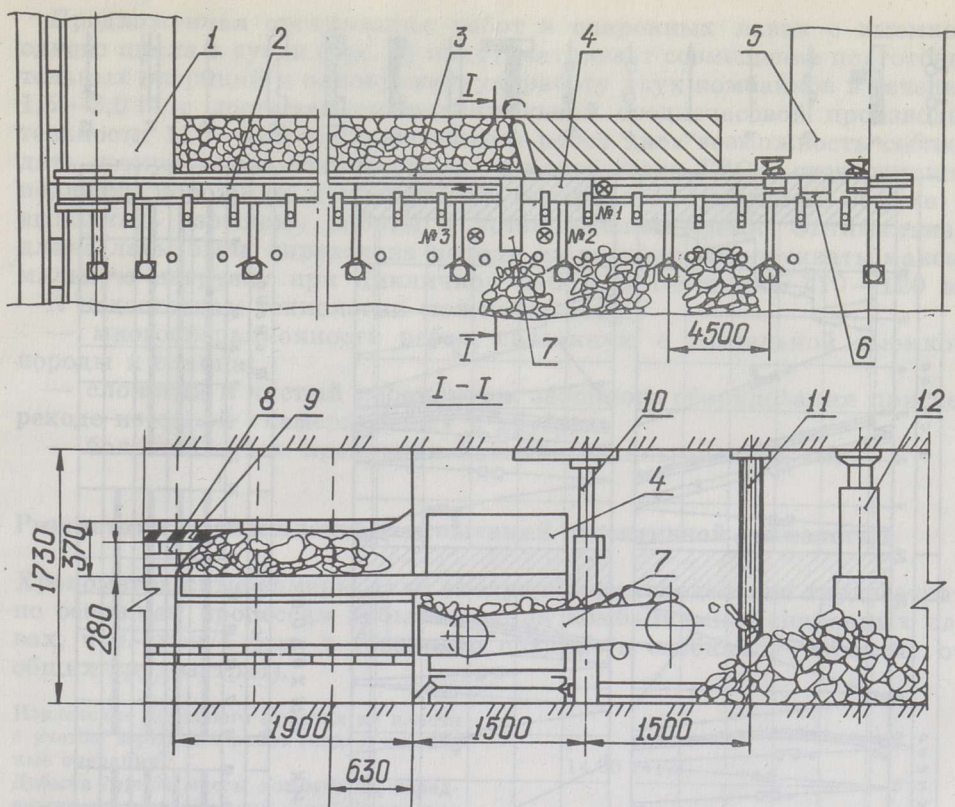


Рис. 3

Схема выгрузки дробленой породы из пласта: \otimes — местонахождение машиниста (№ 1), его помощника (№ 2) и ГРОЗ (№ 3) при выбвке породы из пласта и перегрузке ее в выработанное пространство; 1 — сборный штрек, 2 — скребковый конвейер СП-202, 3 — упорная стойка, 4 — врубовая машина «Урал-33», 5 — бортовой штрек, 6 — очистной комбайн 1ГШ-68С, 7 — ленточный перегружатель породы, 8 — прослой известняка «плита», 9 — мергелистый сланец, 10 — гидростойки металлические типа ГСУ-М-6, 11 — деревянная стоечная крепь, 12 — гидравлическая посадочная крепь «Спутник»

мают со става конвейера у его приводной части по наклонным направляющим с помощью гидродомкратов, закрепленных на секции крепи «Спутник».

Выемку первой полосы сланца начинают сразу же после извлечения породы из пласта в направлении от бортового (исходное положение комбайна) к сборному штреку, чтобы исключить самообрушение верхней пачки. Все процессы в этой лаве выполняют двое рабочих, а после выемки комбайном двух полос постоянное крепление устанавливает практически все звено, за исключением машиниста комбайна и его помощника, которые заняты на добычных работах в спаренной лаве (рис. 4).

Шнековый исполнительный орган комбайна имеет диаметр 0,94 м и ширину захвата 0,63 м, оборудован резцами РКС-2. Средняя скорость подачи комбайна на рабочем ходу при устойчивой работе привода составляет 2—3 м/мин, при холостом перегоне и зачистке почвы лавы — 6 м/мин. Дальнейшее увеличение скорости комбайна при разрушении пласта сланца ограничивается недостаточной эксплуатационной стойкостью резцов РКС-2.

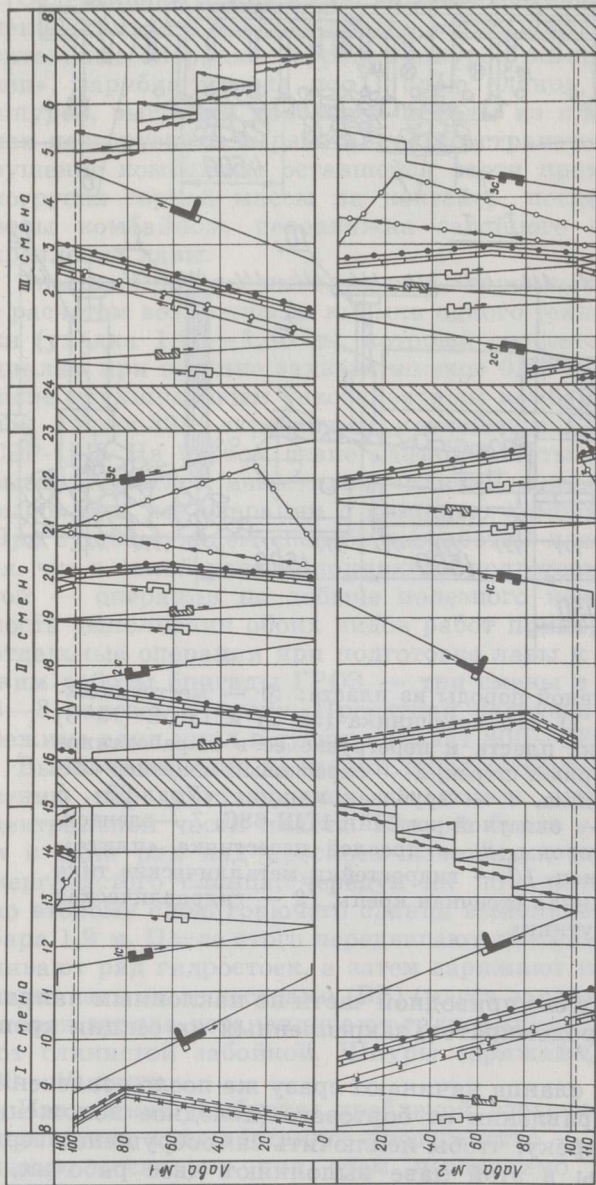
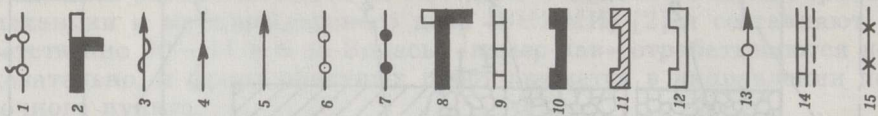


ГРАФИК ВЫХОДОВ

№ п/п	ПРОФЕССИЯ РАБОЧИХ	КОЛИЧЕСТВО ВЫХОДОВ ПО СМЕНАМ																					
		I	II	III	I СМЕНА			II СМЕНА			III СМЕНА												
1	Горнорабочий очистного забоя	8	7	8																			
2	Мастер - барьщик	2	1	2																			
3	Машинист - подземных установок	1	1	1																			
4	Эк. Слесарь	3	1	-																			
Итого		14	10	11																			

Рис. 4

Планограмма работ в очистных забоях и график выходов горнорабочих. Условные обозначения: 1 — бурение штуров, 2 — зарубка пласта, 3 — зарядание штуров, 4 — взрывание, 5 — проветривание лавы, 6 — крепление выработанного пространства, 7 — перестановка гидростоек, 8 — выбивка породы из пласта, 9 — передвигка конвейера, 10 — выемка сланца комбайном, 11 — зачистка лавы комбайном, 12 — перегон комбайна, 13 — доставка деревянных стоек в лаву, 14 — очистка кабелеукладчика и забойного конвейера от породы, 15 — зачистка людского выхода в лаве после взрывных работ

Предложенная организация работ в спаренных лавах с выемкой одного цикла в сутки (рис. 4) предусматривает совмещение подготовительных операций и одновременную работу двух комбайнов в течение 1,5—2,0 ч с достижением максимальной среднечасовой производительности 110—130 т. Планограмма работ дает возможность соблюдать четкую организацию труда каждого звена ГРОЗ, своевременно подавать порошняк и крепежный материал в требуемом объеме и выполнять взрывные работы в установленное время. Оптимальная длина лавы была определена исходя из условия обеспечивать максимальную нагрузку при циклической работе и составила 110—120 м.

К недостаткам технологии можно отнести:

- многооперационность работ, связанную с отдельной выемкой породы и сланца;
- сложный и частый ремонт забойного оборудования при переходе из одной «камеры-лавы» в другую;
- большой объем крепления лавы деревянными стойками.

Результаты промышленных испытаний селективной технологии

Хронометражные замеры дали следующее распределение трудозатрат по основным процессам добычи сланца комбайнами в спаренных лавах, чел.-смен/1 тыс. т товарного сланца (в скобках — процент от общих трудозатрат).

Извлечение породного прослоя из пласта с учетом взрывных работ (подготовительные операции)	14,00 (41,9)
Добыча горной массы комбайном, передвижка временной крепи и забойного конвейера (очистные операции)	11,96 (35,8)
Установка постоянного крепления и вспомогательные операции в лаве	4,36 (13,1)
Монтаж-демонтаж забойного оборудования при переходе из отработанной в подготовленную «камеру-лаву»	3,07 (9,2)

Наиболее продолжительными и трудоемкими операциями являются: извлечение дробленой взрывом породы из пласта с помощью врубмашины, крепление лавы, зарядание и взрывание шпуров, монтаж и демонтаж оборудования. Доля ручного труда незначительна, он связан главным образом с креплением лавы и взрывными работами. Исследования по совершенствованию этой технологии показали, что замена буровзрывной способ разрушения породного прослоя в пласте можно снизить продолжительность выполнения операций подготовительного цикла или сократить их.

При трехсменном режиме работы на участке с комбайновой селективной технологией занято 35 человек, производительность одного рабочего по добычному участку составляет 18—23 т товарного сланца в смену. Доля вспомогательных рабочих в очистных забоях составляет 30—35 %. В процессе промышленных испытаний по предлагаемому варианту достигнута нагрузка в пределах 650—750 т/сут, а участковая себестоимость даже на начальном этапе освоения технологии оказалась примерно такой же, как в базовом варианте, и показала тенденцию к снижению, хотя доля амортизационных отчислений значительна и превышает уровень для базового варианта в 1,7—1,9 раза (табл. 1).

Использование селективной технологии позволяет оставлять в выработанном пространстве значительную часть породы и дает возможность существенно повысить удельную теплоту сгорания исходной горной массы, а также снизить расходы на транспортировку и обога-

Сравнение систем разработки с селективной выемкой пласта сланца по основным технико-экономическим показателям (для шахты им. С. М. Кирова)

Показатель	Используемые варианты		Предлагаемый вариант —
	«Камера-лава» с БВР и погружной машиной (базовый вариант)	«Камера-лава» с БВР и ручной погрузкой горной массы	«камера-лава» с узкозахватным комбайном
Нагрузка на участок, т товарного сланца:			
средняя (фактическая)	420,0	770,0	650,0
максимальная (расчетная)	500,0	860,0	820,0
Явочная численность ГРОЗ, чел.	21,0	56,0	25,0
Производительность труда ГРОЗ, т/смену товарного сланца:			
средняя	20,0	13,8	26,0
максимальная	23,8	15,4	32,8
Участковая себестоимость, %:			
при средней нагрузке	100,0	98,4	99,8
при максимальной нагрузке	100,0	94,7	91,0
Теплота сгорания добываемой горной массы, МДж/кг	8,75	8,67	8,99

щение. Предварительное извлечение породного прослоя «плита» позволяет разрушать пласт сланца исполнительными органами комбайна на обнаженные плоскости, благодаря чему улучшается кусковатость горной массы.

При разработке технологических схем добычи горючего сланца особое внимание уделяют получению горной массы повышенного качества — лучшего сорта (кусковатости) и с большей удельной теплотой сгорания. Исходные показатели, по которым добываемый сланец оценивается при использовании различных технологий, — это удельная теплота сгорания горной массы по промпласту в целом для разрабатываемого участка (для шахты им. С. М. Кирова равна 8,17 МДж/кг (1960 ккал/кг)) и установленные требования потребителей на технологический и энергетический сланец с нижним пределом соответственно 10,83 (2600) и 9,79 (2350) МДж/кг (ккал/кг).

Качество горной массы, полученной по испытываемой и базовой технологиям, сравнивали по результатам изучения эксплуатационных и балансовых проб. Методика опробования предусматривала определение показателей качества товарного сланца после его переработки и разделения на классы 0—30 мм (энергетический сланец) и 30—125 мм (технологический сланец) (табл. 2).

Таблица 2

Средневзвешенные показатели качества исходной горной массы по результатам анализа балансовых проб из комбайновых лав, отобранных в 1984—1986 гг.

Класс исходной горной массы, мм	Масса, кг	Выход горной массы, %	Удельная теплота сгорания Q_p^h , МДж/кг (ккал/кг)
+30	6968,0	51,3	8,46 (2030)
—30	4969,9	48,7	9,54 (2290)
Всего	11937,9	100,0	8,99 (2158)

Примечание. При тщательном выполнении технологического процесса извлечения породы из пласта по предлагаемой технологии удельная теплота сгорания добытой горной массы достигала 9,35—9,48 МДж/кг.

По результатам анализа пластово-дифференциальных проб и экспериментальным данным технологического опробования была разработана формула расчета ожидаемой (проектной) удельной теплоты сгорания горной массы при разработке пласта сланца по селективной технологии. С учетом фактора технологического засорения горной массы формула для определения фактической теплоты сгорания горной массы при селективной добыче примет вид

$$Q_p^H = K_{т.з} \frac{Q_{p_1}^H \Sigma l_n p_1 + Q_{p_2}^H (l_n - \Sigma l_n) p_2}{\Sigma l_n p_1 + (l_n - \Sigma l_n) p_2} \text{ (МДж/кг),}$$

где $Q_{p_1}^H$, $Q_{p_2}^H$ — удельная теплота сгорания соответственно при валовой и селективной выемке пласта сланца (определяются аналитически), МДж/кг; l_n — длина лавы, м; Σl_n — суммарная длина ниши и концевой участка, вынимаемых валовым способом, м; p_1 и p_2 — производительность пласта сланца при данной вынимаемой мощности соответственно при валовой выемке и средней для лавы за цикл при селективной выемке, т/м²; $K_{т.з}$ — коэффициент технологического засорения горной массы при селективной добыче; $K_{т.з} = 0,92—0,96$.

Можно улучшить качество добываемой горной массы снизив долю измельченной до минус 30 мм фракций породы, которая не извлекается на породотборочном комплексе шахты. Это достигается следующим образом: ширина захвата комбайном третьей полосы технологического цикла уменьшается с 0,63 до 0,45—0,55 м, часть породы оставляется в пласте (рис. 2) и в следующем цикле извлекается взрывными работами и перегружается в выработанное пространство. Это позволяет поднять качество мелкоизмельченной части горной массы до уровня требований ГОСТа и увеличить объем породы, оставляемой в шахте, а также снизить удельный расход зубков и затраты на транспорт, что дополнительно повысит эффективность селективной технологии.

Заключение

Длительная промышленная проверка метода разработки пласта сланца сложного строения с использованием узкозахватного комбайна 1ГШ-68С показала его пригодность для промышленного использования по селективной технологии, которая имеет относительно большие возможности в плане совершенствования и удешевления. Многолетний опыт эксплуатации двухшнекового комбайна 1ГШ-68С, имеющего ширину захвата 0,63 м и оснащенного резцами РКС-2, показал, что пласт сланца без породного прослоя «плита» разрушается при устойчивой работе привода и скорости подачи до 3 м/мин. Дальнейшее увеличение скорости комбайна ограничивается недостаточной эксплуатационной стойкостью режущего инструмента. Параметры процесса разрушения пласта могут быть значительно лучше при использовании резцов повышенной износостойкости на комбайнах нового поколения.

Выявленные в первые месяцы работы недостатки конструкции нестандартного оборудования и технологии извлечения породного прослоя «плита» были устранены, что позволило сократить длительность подготовительных операций.

Максимальная нагрузка на спаренные лавы длиной по 110 м каждая составила 700—750 т/сут товарного сланца и 160—190 т/сут породы, оставляемой в шахте, а среднесуточная нагрузка на лавы в течение месяца с учетом выполнения монтажно-демонтажных работ

забойного оборудования — 650 т/сут товарного сланца. Производительность труда рабочего комбайновых лав максимальна по шахте и составляет 26—30 т товарного сланца за человеко-смену. При нагрузке на добычной участок свыше 650 т/сут товарного сланца селективная комбайновая технология предпочтительна в сравнении с базовой и проявляет тенденцию к снижению участковой себестоимости.

В результате выполненных работ для сланцедобывающей промышленности создана эффективная технология, использование которой решает проблему снижения доли породы в горной массе и утилизации ее в шахте, уменьшает трудозатраты на добычу полезного ископаемого, вывозку и обогащение горной массы, а также предоставляет возможности сокращения площади земельных отводов для складирования породы.

Имеются дополнительные резервы повышения эффективности селективной технологии за счет дальнейшего совершенствования техники и элементов технологии. Новая система разработки сланца весьма перспективна и может быть использована на шахтах с устаревшей инфраструктурой и в сочетании с другими технологиями, что позволит оставлять излишнюю породу в шахте и повысить качество добываемого полезного ископаемого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Позин Е. З., Адамсон А. П., Андреев В. А. Разрушение сланцев инструментами выемочных машин. — М., 1984.
2. Методические указания по выбору рациональных параметров управления горным давлением при основных системах разработки для шахт Ленинградского месторождения горючих сланцев / ВНИМИ. — Л., 1981.
3. Граф А. Э., Соргин И. М. Разработка конструкции перегружателя породы ПП-600 // Сланцевая промышленность. 1987. № 7. С. 5—8.

Эстонский филиал
Института горного дела
им. А. А. Скочинского,
г. Кохтла-Ярве

Представил Э. Г. Кальювэ
Поступила в редакцию
11.01.1988

G. F. YURKEVITCH, E. Y. SHEYMAN, V. A. ANDREYEV,
V. I. GAVRYN, V. I. GAYTCHUK

SELECTIVE MINING OF OIL-SHALE SEAM USING

A new variant of the selective technology of mining was tested at the S. M. Kirov oil-shale mine «Leningradslanets» Production Association. The room-and-pillar method and narrow-cut cutter-loader 1ГШ-68С were employed to extract oil-shale seam. The selective mining allows a considerable amount of rock from the «slabby» seam to be kept on exhausted areas. The method permits a decrease in mining costs, enrichment of rock and piling of waste rock. It also arouses interest due to the lack of the concentrating mill at the mine.

The efficiency of the above-mentioned technique has been proved by long-term commercial tests. It allows us to obtain from the double faces an output of 800—820 t of salable oil shale per day and to cut the mine section cost by 8—10 % against the base variant. The new technique enables the lowering of labour input and upgrading of the rock mass mined.

A. A. Skotchinsky Mining Institute
Estonian Branch
Kohltla-Järve