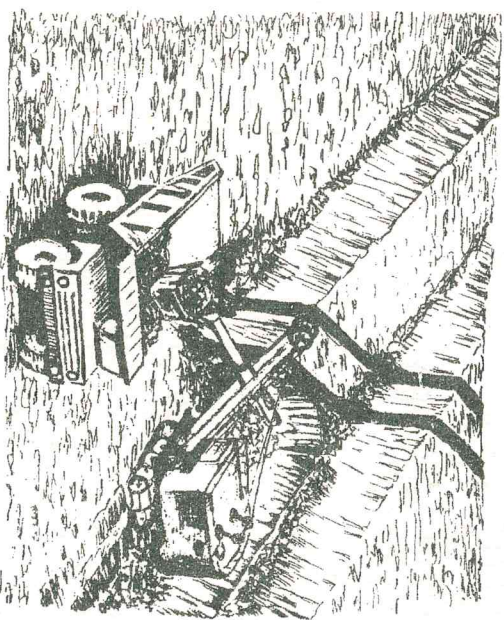


И.И.Цепилов А.И.Корякин С.И.Протасов

**Технология разработки
угленасыщенных зон
разрезов Кузбасса**



Кемерово 1999

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации

Кузбасский государственный технический университет

И.И.Цепилов А.И.Корякин С.И.Протасов

Технология разработки угленасыщенных зон разрезов Кузбасса

Учебное пособие

Кемерово 1999

Рецензенты:

Кафедра разработки месторождений открытым способом Уральской горно-геологической академии;
кандидат технических наук, академик МАНЭБ, ректор Кемеровского регионального ИПК Минтопэнерго РФ Ю.А. Федченко;
доктор технических наук, нач. отдела информационно-компьютерного обеспечения ОАО ТД ХК «Кузбассразрезуголь» А.А. Сысоев

Цепилов И.И., Корякин А.И., Протасов С.И. Технологии разработки угленасыщенных зон разрезов Кузбасса: Учеб. пособие/ Кузбас. гос. техн. ун-т.- Кемерово, 1999. - 140с.
ISBN 5-89070-079-0

Рассмотрены условия залегания угольных пластов на разрезах Кузбасса, изложены методические основы расчета параметров технологических схем отработки сложных породугольных массивов, экономическая оценка различных вариантов разработки сложноструктурных месторождений.

Предназначено для студентов специальности 090500 «Открытые горные работы» и может быть использовано студентами других специальностей при курсовом и дипломном проектировании, а также проектировщиками и инженерно-техническими работниками угольной промышленности.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Кузбасского государственного технического университета.

ISBN 5-89070-079-0

УДК 622.271

© Кузбасский государственный
технический университет, 1999
© И.И.Цепилов, А.И.Корякин,
С.И.Протасов, 1999

ПРЕДИСЛОВИЕ

Кузнецкий угольный бассейн является одним из уникальных бассейнов мира. В недрах Кузбасса сосредоточены огромные запасы высококачественных каменных углей практически всех марок. Угленосная толща представлена свитами угольных пластов различного качественного состава, с изменяющимися в широком диапазоне мощностью, углами падения и ориентацией в пространстве.

Кроме этого вмещающие породы представлены различными литологическими разностями с прочностью на сжатие до 160 МПа. Месторождения центрального Кузбасса подвержены многочисленным геологическим нарушениям.

В этих условиях весьма трудной является задача извлечения угля из сложного породугольного массива.

В существующей технической литературе в основном рассматриваются технологические варианты извлечения угля для простых условий залегания пластов, что вызывает трудности у студентов при выполнении курсовых и дипломных проектов для реальных горно-геологических условий месторождений Кузбасса.

До настоящего времени не рассмотрены вопросы ритмичности угольных грузопотоков, полноты извлечения угля из свит угольных пластов, обоснования технологических и качественных параметров выемки, режим горных работ. Предлагаемое учебное пособие ставит перед собой задачу восполнения этих пробелов в горной науке.

В этой связи целью настоящего издания является изложение методических основ расчета технологических параметров отработки сложных породугольных массивов, выбора соответствующих конкретным горно-геологическим условиям технологических схем извлечения угля из породугольного блока и экономической оценки принятого решения.

Настоящее учебное пособие подготовлено по материалам научных исследований авторов и литературных источников по данной теме.

Пособие предназначено для студентов специальности 090500 «Открытые горные работы» и может быть использовано студентами других специальностей при курсовом и дипломном проектировании, а также проектировщиками и инженерно-техническими работниками угольной промышленности.

В подготовке материалов к изданию и написании 4 раздела учебного пособия принимал участие аспирант П.А. Самусев.

1. УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

1.1. Краткая горно-геологическая характеристика месторождений

Кузбасс является одним из крупнейших освоенных угольных бассейнов страны. Бассейн имеет площадь более 26 тыс. км² и занимает большую котловину, ограниченную горными сооружениями — Салаирско-Алатау на юго-западе, Горной Шорией на юго-востоке и Кузнецкого реходит в Западно-Сибирскую низменность. Протяженность бассейна с северо-запада на юго-восток около 335 км при ширине до 110 км.

Продуктивные отложения расчленяются на две мощные серии — бадахонскую ($C_{2-3} - P_1$) и кольчугинскую (P_2). Первая включает до 60 рабочих пластов угля суммарной мощностью около 120 м, вторая — до 65 отложений достигает 8 км. С учетом специфики залегания и стадии метаморфизма углей угленосные отложения подразделены на 25 геолого-промышленных районов (рис. 1.1) [23]. Характеристика угленосности Кузнецкого бассейна приведена в табл. 1.1 [24].

Вещественный состав углей продуктивных отложений резко различается: в гелитовых углях кольчугинской серии содержится до 90 % витринита при содержании инертинита всего 6-10 %. В гелититовых и фюзелитовых углях бадахонской серии количество витринита снижается до 40-60 %, а инертинита возрастает до 30-50 %. Степень метаморфизма углей повышается со стратиграфической глубиной залегания пластов и в направлении увеличения мощности продуктивных отложений — с востока на запад. Наряду с региональным метаморфизмом вблизи силлов диабазов на юге и севере бассейна локально проявляется термальный и контактный метаморфизм. Из 25 геолого-промышленных районов коксующиеся угли развиты в 21.

Характеристика угленосности геолого-промышленных районов с распространением бадахонской и кольчугинской серий отложений приведена в табл. 1.2 и 1.3 [24].

Запасы угля до глубины 1800 м составляют около 725 млрд т, до глубины 600 м — порядка 110,8 млрд т, в том числе 22,4 млрд т коксующиеся угли. Для открытых горных работ потенциально пригодными являются 11,4 млрд т, в том числе более 2 млрд т — коксующихся марок.

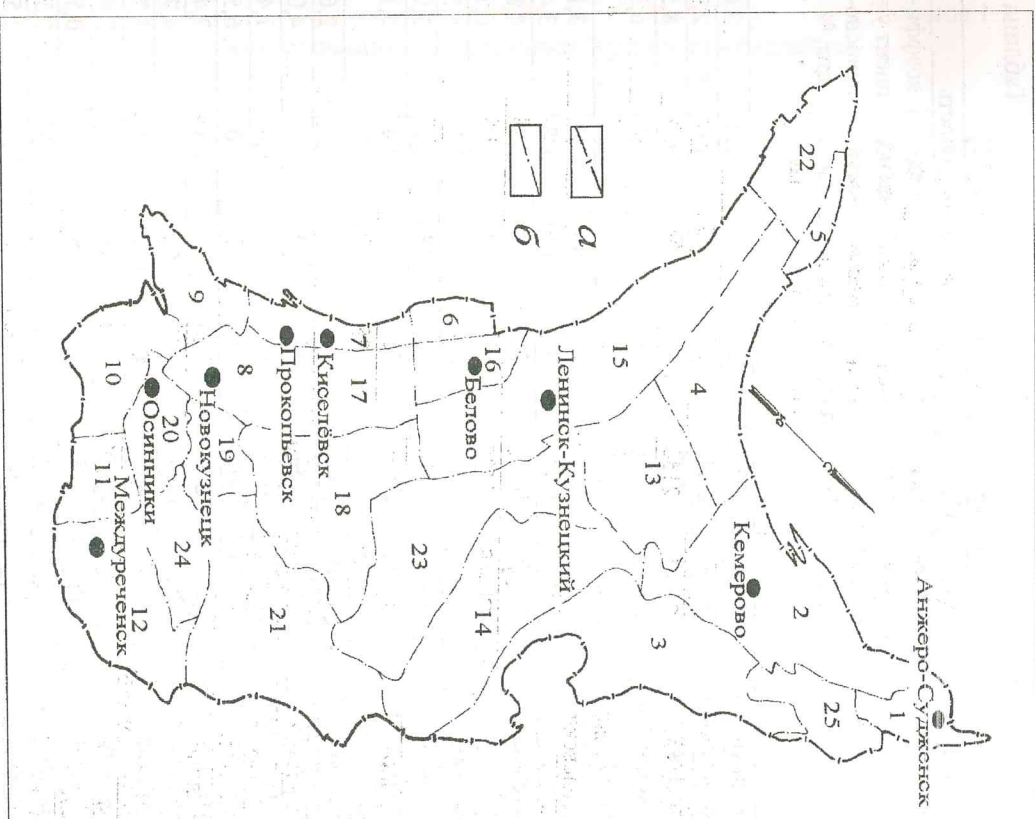


Рис. 1.1. Схема районирования Кузнецкого бассейна: 1 - Анжерский; 2 - Кемеровский; 3 - Крапивинский; 4 - Титовский; 5 - Завьяловский; 6 - Бачатский; 7 - Прокопьевско-Киселевский; 8 - Аралачевский; 9 - Бунгуро-Чумылский; 10 - Кондомский; 11 - Масский; 12 - Томусинский; 13 - Плотноковский; 14 - Салтымаковский; 15 - Ленинский; 16 - Беловский; 17 - Ускацкий; 18 - Ерунаковский; 19 - Байдаевский; 20 - Осинниковский; 21 - Терсинский; 22 - Доронинский; 23 - Центральный; 24 - Тутуловский; 25 - Барзасский; а - контур Кузбасса; б - граница между районами

Угленосность Кузнецкого бассейна [24]

Таблица 1.1

Район	Геологический возраст	Средняя мощность, м	Рабочая угленосность			
			число угольных пластов	суммарная мощность, м	средняя мощность пласта, м	коэффициент угленосности, %
Анжерский	C ₂₃ -P ₁	950	29	35	1,2	3,6
Кемеровский	C ₂₃ -P ₁	2150	37	58	1,6	2,7
Бачатский	C ₂₃ -P ₁	1150	26	97	3,7	8,5
Прокопьевско-Киселевский	C ₂₃ -P ₁	1200	26	75	3,0	6,3
Терсинский	C ₂₃ -P ₁	1300	20	40	2,0	3,1
	P ₂	1925	37	66	1,8	3,4
Томусинский	C ₂₃ -P ₁	1620	31	78	2,5	4,8
	P ₂	1000	18	67	3,7	6,7
Мрасский	C ₂₃ -P ₁	1500	30	80	2,7	5,3
Кондомский	C ₂₃ -P ₁	1760	26	68	2,6	3,9
Бунгуро-Чумышский	C ₂₃ -P ₁	1760	38	90	2,4	5,1
Крапивинский	C ₂₃ -P ₁	1060	20	27	1,3	2,6
Титовский	C ₂₃ -P ₁	1780	30	70	2,3	4,0
Завьяловский	C ₂₃ -P ₁	840	11	11	1,0	1,4
Араличевский	C ₂₃ -P ₁	1200	26	77	3,0	6,5
Плотниковский	P ₂	2290	31	55	1,8	2,4
Салтымаковский	P ₂	1080	23	51	2,2	4,7
Ленинский	P ₂	2300	42	176	4,2	7,7
Беловский	P ₂	2230	39	43	1,1	2,0
Усатский	P ₂	1155	6	6	1,0	0,5
Ерунаковский	P ₂	2660	60	200	3,6	7,5
Байдаевский	P ₂	2150	36	55	1,5	2,5
Осиновский	P ₂	960	24	33	1,4	3,4

Характерной особенностью месторождений Кузбасса является свитовое залегание угольных пластов от пологого до крутого падения с погружением на большие глубины.

Запасы угля, пригодные для открытых разработок в Кузбассе, сосредоточены в Кемеровском, Бачатском, Прокопьевско-Киселевском, Ерунаковском, Ленинском, Бунгуро-Чумышском, Кондомском, Терсинском, Тутуйском и Томусинском районах.

Таблица 1.2

Характеристика угленосности геолого-промышленных районов Кузнецкого бассейна с преимущественным развитием балахонской серии отложений

Геолого-промышленный район	Число рабочих пластов в подсерии		Мощность рабочих пластов, м		Запасы угля, млн т			Преимущественный марочный состав
	нижне-балахонской	верхне-балахонской	преобладающая	максимальная	разведанные	предварительно оцененные	коксуемых углей, % от общих	
Анжерский	До 22	-	0,7-1,5	6-10	486,4	36,2	54	К, ОС, Т
Кемеровский	До 13	До 30	1-2	22	3271,8	217,8	33	ГЖ, КЖ, К, ОС
Бачатский	1	До 25	2-10	32	999,9	232,2	33	КЖ, К, СС
Прокопьевско-Киселевский	1	До 25	2-6	25	6368,8	1513,6	30	ГЖ, КЖ, К, ОС, СС, Т
Араличевский	-	До 19	2-4	8	396,4	65,3	-	Т
Бунгуро-Чумышский	До 10	22-50	1-3	11	1767,0	169,1	3	Т, А
Кондомский	До 4	До 32	1-4	13	3989,5	499,8	1	К, ОС, Т
Мрасский	3	До 24	1-3	9-11	3613,6	19,1	1	К, ОС, Т
Томусинский	До 9	До 27	1-4	9-16	4745,9	153,9	70	КЖ, К, ОС, СС, Т, А
Крапивинский	До 13	До 6	0,7-1,5	3,5	27,9	-	-	СС
Завьяловский	3-6	4-6	0,7-1,0	2,9	60,7	-	30	К, СС
Титовский	1-2	5-8	1-1,3	4,3	2,5	3,8	-	Т

Таблица 1.3

Характеристика угленосности геолого-промышленных районов Кузнецкого бассейна с преимущественным развитием кольчугинской серии отложений

Геолого-промышленный район	Число рабочих пластов в подсерии		Мощность рабочих пластов, м		Запасы угля, млн т			Преимущественный марочный состав
	ильинской	ерунаковской	преобладающая	максимальная	разведанные	предварительно оцененные	коксуемых углей, % от общих	
Ленинский	До 22	До 44	1-3	19	17994,2	2745,1	38	Д, Г, Ж
Беловский	До 26	До 13	0,7-3	3,5	1272,1	326,3	100	Г, Ж
Ускатский	3-9	До 5	0,7-1,5	2	116,2	18,3	100	Г, Ж
Ерунаковский	До 17	До 34	0,7-1,5	23	9171,2	8964,2	67	Г, ГЖ, Ж
Байдаевский	До 12	До 11	0,7-1,5	4	1719,4	17,3	97	Г, ГЖ, Ж
Осиновский	До 28	-	0,7-2	3	1525,4	227,2	100	Ж
Томусинский	До 15	4-5	2-5	11	1807,5	159,1	74	Г, ГЖ, Ж
Терсинский	6-17	До 23	0,7-1,5	5	2517,9	472,1	93	Г, ГЖ, Ж
Плотниковский	До 10	9-15	0,7-2	4	675,7	386,9	54	Д, Г
Салтымаковский	До 4	До 15	0,7-1,5	3	-	-	-	Д

Удельный вес запасов на этих месторождениях по мощности пластов приведен в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Распределение запасов по угольным пластам	Мощность пластов, м	Удельный вес в общих запасах, %
0,4 - 0,7	11	
0,7 - 1,3	18	
1,3 - 3,5	39	
3,5 - 10,0	27	
10,0 и более	5	

Анализ горно-геологических условий Кузбасса показывает, что все угольные месторождения бассейна по условиям залегания могут быть условно разделены на три части: северная, центральная и южная.

В северном Кузбассе в Кемеровском геолого-промышленном районе благоприятными для открытых горных работ являются Кедровско-Крохалевская и Глушинская брахисинклинали (рис. 1.2, а). Общие запасы этого района оцениваются в 5398 млн т, в том числе 398 млн т пригодны для открытой разработки [15].

Протяженность Кедровско-Крохалевской брахисинклинали по длинной оси составляет 12 км и по короткой - 8 км. Месторождение хорошо освоено и разрабатывается разрезами «Кедровский», «Черниковский» и «Барзасский».

В геологическом строении площади Кедровско-Крохалевского месторождения участвуют отложения Кемеровской подсуиты Верхнебайхонской свиты Нижнепермского возраста, представленные песчаниками, алевролитами, аргиллитами, углистыми аргиллитами и пластами угля, а также безугольными отложениями Усатовской подсуиты Верхнебайхонской свиты Нижней Перми и Кузнецкой свиты Верхней Перми.

Отложения Кемеровской подсуиты включают (сверху вниз) пласты: Кемеровский (1,5-7 м), Волковский (7-30 м), Подволковский I (2-10 м) и Подволковский II (3-11 м). Углы падения пластов изменяются в широких пределах - от 5 до 40°.

Угленосные отложения повсеместно перекрыты четвертичными лессовидными суглинками мощностью от 0,5 до 60 м.

Помимо нарушений пикативного характера встречается большое число синклинальных и антиклинальных складок, в которых сосредоточено более 50 % запасов.

Наиболее крупными складчатыми структурами являются: на Основном поле разреза «Кедровский» - Главная, «А» и «С» синклинали, антиклинали «Б» и «К», на Хорошеборском поле - Разбитая, Пихтовая, Хорошеборская антиклинали, а также Пихтовая и Хорошеборская синкли-

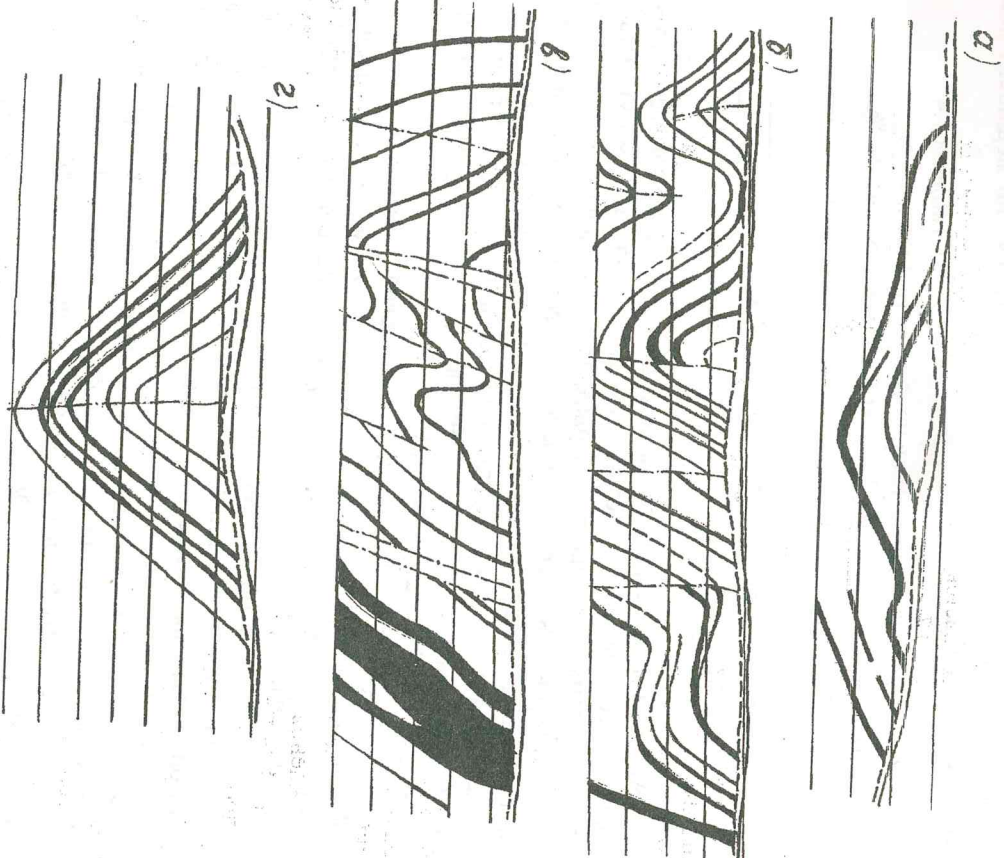


Рис. 1.2. Характерные геологические разрезы угольных месторождений: а - Кедровско-Крохалеvское; б - Новосергеевское; в - Бачатское; г - Бунгуро-Чумышское

нали; на Латышевском поле - Западная синклиналь и Западная антиклиналь; на Латышевском поле - Западная синклиналь и Западная антиклиналь. Основная синклиналь, Восточная синклиналь и Восточная антиклиналь. На поле разреза «Черниговский» такими структурами являются

Черниговская и Дополнительная Новоколюбинская синклиналь и антиклиналь.

В целом месторождения северного Кузбасса характеризуются свитовым залеганием угольных пластов, широким диапазоном углов падения пластов, разнообразным рельефом поверхности (от равнинного до пересеченного), пикативной и дизъюнктивной нарушенностью, значительным количеством синклинальных и антиклинальных складок.

Все это создает определенные трудности при проектировании угольных разрезов и их эксплуатации.

В центральном Кузбассе открытые горные работы ведутся на месторождениях Ленинского, Бачатского, Прокопьевско-Киселевского Бунгуро-Чумышского, Ерунаковского, Байдаевского и Терсинского геолого-промышленных районов.

В Ленинском районе (общие запасы которого составляют 22442 млн т, в том числе для открытых горных работ - 2000 млн т) открытые горные работы ведутся на Егзово-Красноярском (разрез «Моховский»), Мохово-Пестеревском и Уропском (разрез «Сартаки») месторождениях.

Рельеф поверхности представлен лесостепной поверхностью с колебаниями абсолютных отметок от +180 до +240 м. Месторождения покрыты рыхлыми отложениями мощностью до 25 м. Вмещающие породы представлены песчаниками, ариллитами и алевролитами ($\sigma_{сж} = 40-60$ МПа).

Егзово-Красноярское месторождение представляет собой свиту спокойно залегающих пластов Сычевский I, Сычевский III, Колмогоровский-Шурфовой и Красногорский с углами падения $2-10^\circ$ и мощностью 4-10 м (рис. 1.3, а).

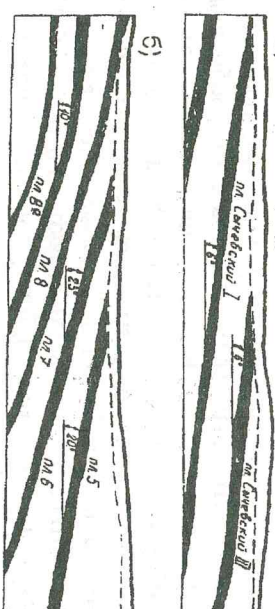


Рис. 1.3. Геологические разрезы по месторождениям: а - Мохово-Пестеревское; б - Уропское

Мохово-Пестеревское месторождение представлено свитой пластов угля: Польсаевский II мощностью 6,7 м, Байкаимский (4,7 м) и Ильинский (2,1 м), залегающих под углом $6-16^\circ$.

Урупское месторождение также представляет собой свиту пластов Дунаевской синклинали и Урупской антиклинали. В свиту входят 52 пласта, 16 из которых могут быть отработаны открытым способом. В частности, на участке Урупский I разрез «Сартаки» уже ведет разработку пластов 1, 2, 3, 4, 5 и 6 мощностью от 3,5 до 12,7 м (рис. 1.3, б). Углы падения пластов изменяются от 12-20° в северо-западной части до 45-75° в юго-западной части участка.

В *Бачатском угольном районе* одноименное месторождение разрабатывается разрезами «Бачатский» и «Шестаки». Месторождение представляет собой обособленную свиту из 16 пластов, залегающую на участке длиной 15 км при ширине 1,5-2 км, и характеризуется сложноскладчатым строением с крутым (45-90°) падением крыльев складок и сильной нарушенностью (рис. 1.2, в). Рельеф поверхности спокойный, без резких колебаний отметок.

Геологические запасы месторождения составляют 1,78 млрд т угля, причем 39 % запасов относятся к коксующимся маркам. Для открытых горных работ пригодно 951 млн т. Мощность пластов колеблется от 1,5 м (пласт Подгорельный) до 25-30 м (пласт Мощный). Основными рабочими пластами являются Мощный, Горелый (12-16 м), Прокопьевский (6-8 м).

Вскрышные породы представлены мощным слоем рыхлых отложений (до 40 м) и коренными породами, состоящими из песчаников и алевролитов с $\sigma_{сж} = 40-80$ МПа.

В *Прокопьевско-Киселевском геолого-промышленном районе* открытые горные работы на Краснобродском и Новосереевском (рис. 1.2, б) месторождениях ведет ОАО «Разрез Красный Брод», а на Киселевском месторождении - разрез «Киселевский», им. Вахрушева и «Прокопьевский».

Продуктивные отложения образуют вытянутую с севера на юг синклинальную структуру свиты пластов с многообразными пиклятивными и дизъюнктивными нарушениями и занимают участок длиной 50 км и шириной 6 км. Общие запасы района составляют 12,1 млрд т, в том числе 875 млн т - для открытых горных работ. Мощность пластов колеблется от 0,5 до 35 м. Угол падения изменяется от 50 до 90°. Рабочими пластами для открытой разработки являются Горелый (10-35 м), Мощный (6-20 м), Прокопьевский (6-9 м), Внутренний II и Внутренний III (6-8 м).

Месторождения повсеместно покрыты рыхлыми отложениями мощностью 10-30 м. Коренные породы представлены песчаниками, алевролитами и аргиллитами $\sigma_{сж} = 60-110$ МПа.

В *Бунгуро-Чумышский геолого-промышленный район* расположен к югу от Прокопьевско-Киселевского и занимает участок длиной 20 км и шириной 10 км. Общие запасы угля составляют 7,6 млрд т, в том числе

91 млн т пригоден для открытой разработки. Продуктивные отложения представлены свитой пластов, залегающих в виде синклинальных и антиклинальных складок с углами падения 50-80°.

Открытые горные работы в районе ведет разрез «Листьянский» на Бунгуро-Листьянском (рис. 1.2, г) и Чумышском месторождениях. Рабочими пластами на Бунгуро-Чумышском месторождении являются II, IV-IVбис и VI, мощность которых колеблется в пределах 2-6 м. На Чумышском месторождении разрабатываются пласты Апанасовский (7,5 м), Новотолдний (2,8 м) и Непостоянный (1,8 м).

Вскрышные породы представлены песчаниками $\sigma_{сж} = 40-80$ МПа.

В *Ерунаковском геолого-промышленный район* представлен свитой угольных пластов, залегающих в виде синклинальных и антиклинальных складок. Запасы угля в районе составляют 16,7 млрд т, в том числе для открытых горных работ - 5,2 млрд т.

Достаточно благоприятные для открытых горных работ горно-геологические условия имеются на Ерунаковском, Талдинском и Караканском месторождениях.

Участок Ерунаковский Южный представлен свитой пластов с углами падения 6-25°.

Талдинское месторождение (рис. 1.4 и 1.5) представляет собой единую брахисинклиналь симметричного строения размером в плане 6-8 км с широкой (до 2 км) замковой частью. Углы падения пластов изменяются от 0° в замковой части до 6-15° на крыльях. Угленосная толща, достигающая в замковой части глубины 400 м, вмещает 11 рабочих пластов. Средняя мощность пластов - от 1,5 до 21 м, суммарная - 88 м. Коренные породы представлены алевролитами (до 60 %), песчаниками и аргиллитами. Мощность рыхлых отложений от 1 до 40 м. Месторождение разрабатывается разрезами «Талдинский» и «Талдинский Северный».

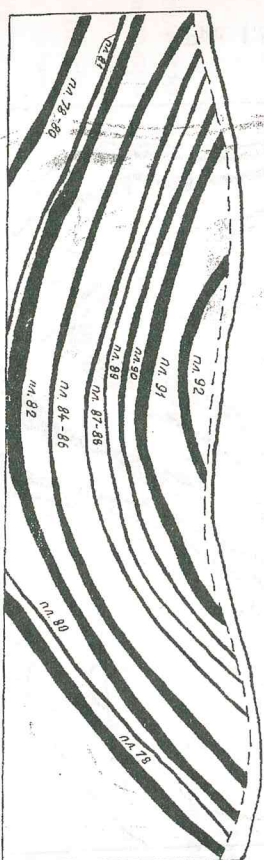


Рис. 1.4. Геологический разрез по Талдинскому месторождению

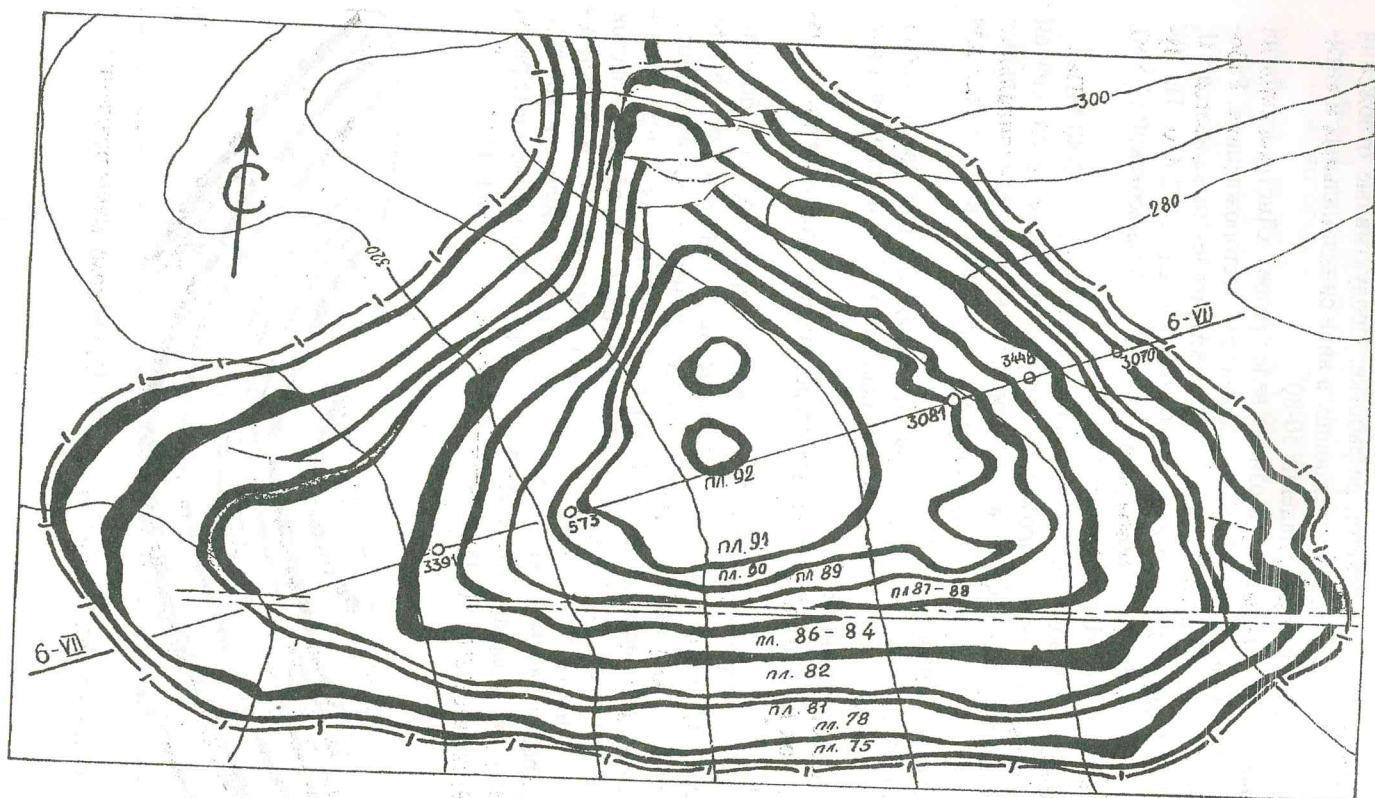


Рис. 1.5. Геологическое поле разреза «Талдинский».

Караканское месторождение состоит из 6 участков с общими геологическими запасами 1154 млн т. Месторождение представляет собой вытянутую в меридиальном направлении брахисинклиналь, состоящую из свиты пластов различной мощности с углами падения от 0° в замковой части до $10-40^\circ$. Поверхность месторождения имеет пересеченный характер. Абсолютные отметки изменяются от +200 до +350 м.

В настоящее время в разработке находится участок Караканский 1-2 (ОАО «Разрез Караканский»). Горные работы ведутся по двум верхним пластам K_1 и K_2 с углами падения от 6 до 30° (рис. 1.6).

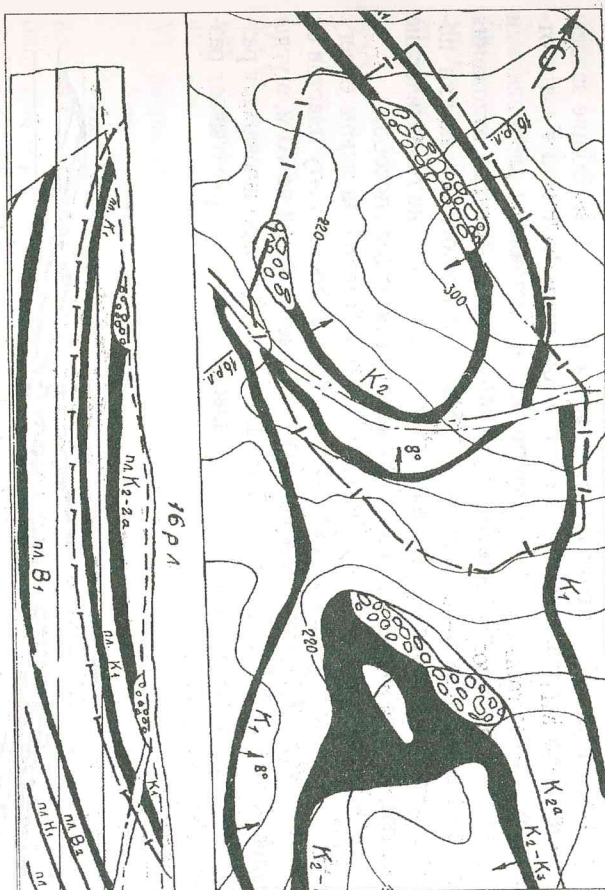


Рис. 1.6. Геологическое поле разреза «Караканский»

В южном Кузбассе благоприятные условия для открытой разработки имеют месторождения Кондомского, Томусинского и Мрасского геолого-промышленных районов.

Кондомский угольный район представлен свитой пластов Кондомской синклинали, которая осложнена дополнительными синклинальными и антиклинальными складками. Коренные породы представлены песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Общие запасы углей района составляют 8052 млн т, в том числе 494 млн т - для открытых горных работ.

Для открытой разработки предусмотрены угольные месторождения участков Алардинский 1, Алардинский 2, Чернокалганский 1, Чернокал-

танский 2, Кандышский. Алардинские участки включают свиту пластов Алардинской синклинали с углами падения крыльев $10-20^\circ$. На этих участках ведутся открытые горные работы разрезом «Осинниковский», разрабатывающим пласты I, 3-3а, 6, 7, 9, 9а, 17, 23 и 29, суммарная мощность которых составляет 38 м.

Чернокалганские участки включают свиту пластов Чернокалганской синклинали с углами падения крыльев $15-30^\circ$. Горные работы на этих участках ведутся разрезом «Калганский», который разрабатывает пласты I, 3-3а, 3б, 6, 7, 9, 9а и 11-12 суммарной мощностью 33,5 м.

Томусинский угольный район представлен свитой пластов, число которых достигает 50, а мощность изменяется от 1 до 10 м. Общие запасы угля в районе составляют 12306 млн т, в том числе 1090 млн т — для открытых горных работ. Коренные породы представлены алевролитами $\sigma_{\text{ож}} = 30-60$ МПа, песчаниками $\sigma_{\text{ож}} = 60-110$ МПа. Рыхлые отложения имеют незначительную мощность до 3-5 м. Абсолютные отметки поверхности колеблются от +240 до +680 м. Район разбит на геологические участки, многие из которых разрабатываются открытым способом.

Геологические участки Кийзакские расположены на левом берегу реки Томи. Участок Кийзакский 3-4 представляет собой свиту пластов от I до XXV (рис. 1.7), мощность которых изменяется от 0,8 до 10 м, а углы падения от 6 до 18° . Верхние пласты III, IV-V и VI разрабатываются разрезом «Томусинский». Нижележащие пласты участка разрабатывает разрез «Красногорский».



Рис. 1.7. Геологический разрез участка Кийзакский 3-4

Геологический участок Кийзакский 5-7 представляет собой свиту пластов с I по XVII, верхние из которых I, III, IV-V и VI разрабатываются разрезом «Междуреченский». Геологические участки Кийзакский 8 и Кийзакский 9 представляют собой свиту пластов с XVIII по XXXV. На этом участке открытую разработку ведет разрез «Красногорский».

Мрасский угольный район представлен свитой пластов с I по XXXV различной мощности. Общие запасы угля составляют 5791 млн т. Район разбит на геологические участки. Наиболее перспективными для открытых горных работ являются участки Сибиргинские, Курейские, Урегольские. Район имеет пересеченный рельеф поверхности. Абсолютные

отметки изменяются от +260 до +560 м. Коренные породы представлены алевролитами и песчаниками $\sigma_{\text{ож}} = 50-100$ МПа, достигая в отдельных случаях $\sigma_{\text{ож}} = 150-160$ МПа. Рыхлые отложения имеют незначительную мощность.

Геологический участок Сибиргинский 1-3 представляет собой свиту пластов с I по XVII с углами падения $8-12^\circ$. Верхние пласты свиты (I-VI) разрабатываются разрезом «Сибиргинский». В границах разреза пласт I имеет переменную мощность от 0,22 до 1,59 м и на одной трети площади этот пласт является нерабочим. Пласт III имеет мощность от 5 до 10,9 м. Пласт IV-V имеет мощность 8,9-13,2 м, а пласт VI, залегающий ниже пласта IV-V всего на 4 м, имеет мощность 4-9 м.

Участок Сибиргинский 4-6 представляет собой свиту пластов с I по XVII с углами падения $9-14^\circ$. Верхние пласты свиты участка (I-VI) разрабатываются разрезом «Междуреченский». Пласт I имеет переменную мощность от 0,5 до 1,4 м. Средняя мощность основных пластов составляет для пласта III — 9,5 м, пл. IV-V — 9,7 м и пл. VI — 5,4 м.

Участок Сибиргинский 7-8 представляет собой свиту пластов с XXVII по XXXV мощностью от 3 до 6,5 м с углами падения от 9 до 15° . Горные работы на участке ведутся разрезом «Красногорский».

Участок Курейский 1-4 также представляет свиту пластов с I по XXV мощностью от 0,7 до 10 м. На участке прослеживается синклинальная складка. В пределах складки углы падения пластов составляют $30-40^\circ$, а за ее пределами $10-13^\circ$. Верхние рабочие пласты свиты (III, IV-V, VI) разрабатываются разрезом «Сибиргинский».

Урегольские участки пока не разрабатываются.

Терсинский угольный район находится на правом берегу р. Томи, восточнее Байдаевского угольного района. Часть запасов этих двух районов уже отработана разрезом «Байдаевский» на геологических участках Антоновский-3 и Есаульский 3-4, а также Кушеяковские V-VI, VIII-IX и X-XI.

Тумусинский угольный район расположен в восточной горно-таежной неосвоенной и труднодоступной части бассейна и является резервной базой угледобычи.

Приведенные выше сведения о геологическом строении Кузнецкого угольного бассейна позволяют отметить, что угольные месторождения, разрабатываемые открытым способом, характеризуются сложными условиями и имеют следующие особенности: большую протяженность залежей при значительных глубинах залегания; свитовое залегание пластов различной мощности (от 1 до 40 м); различные углы падения пластов (от 3 до 90°); значительное количество нарушений по падению и простра-

нию, различную мощность рыхлых отложений (от 5 до 40 м); большой диапазон значений крепости вмещающих пород.

Для угольных месторождений Кузбасса характерно наличие угленасыщенных зон, представляющих чередующимися пластами угля и породными междупластьями, в общем объеме горной массы угленасыщенные зоны составляют около 70 %. Наличие таких зон значительно осложняет технологию извлечения угольных пластов и требует нетрадиционных технологических решений.

1.2. Классификация месторождений по сложности залегания угольных пластов в угленосной толще

Для всех угольных месторождений Кузбасса, на которых возможно развитие открытых горных работ, характерно наличие угленасыщенной зоны, представляющей последовательным чередованием пластов угля с породными междупластьями, и зоны так называемой «чистой», вскрыши (в бортах разреза или выше кровли верхнего пласта свиты).

В общем объеме горной массы разреза угленасыщенная зона составляет 72-84 % для месторождений центрального Кузбасса и около 70 % для месторождений севера и юга бассейна. Угленасыщенная зона разреза с точки зрения открытых горных работ является сложноструктурной. Сложность ее при раздельной обработке определяется наличием повсеместно свиты пластов угля с изменяющейся мощностью (от 1 до 40 м) и углами падения (от 3 до 20°), а также породных междупластий, складчатостью, нарушенностью и практически неограниченной (для открытых горных работ) глубиной залегания пластов, содержанием в пластах угля породных прослоек, разномарочным составом угля и сравнительно крепкими вмещающими породами. Кроме того наблюдается неоднородность мощности и частая изменчивость элементов залегания отдельных пластов в границах карьерного поля как по длине, так и глубине разработки.

На месторождениях северного Кузбасса 77 % пластов угля от общего количества имеют углы падения 11 % - 50°, 18 % - 3-5° и 5 % - 50-80°. Такое разнообразие углов падения пластов объясняется наличием в этом районе брахисинклиналей, осложненных вторичной складчатостью и дизъюнктивными нарушениями. Значительная доля пластов угля наклонного залегания отрицательно сказывается на эффективности ведения горных работ, так как высота уступа, определяемая по условию прочерпывания угольно-породного контакта, для применяемых экскаваторов имеет далеко не оптимальное значение (значительно меньше максимальной высоты черпания экскаватора).

Залегание пластов угля по месторождениям центрального и южного Кузбасса также отличается большим разнообразием. Однако диапазон распределения пластов по углам падения здесь значительно меньше. Так, в центральной части бассейна 86 % всех пластов имеют угол падения 50-90°, а на юге Кузбасса почти все пласты (95 %) залегают под углом 3-20°.

Распределение угольных пластов по углу падения, мощности угольных пластов и породных междупластий на месторождениях Кузбасса представлено в табл. 1.5 и 1.6.

Таблица 1.5
Распределение угольных пластов по их параметрам залегания (%)

Районы	Углы падения, град									
	до 10	10-17	17-30	30-45	45-60	60-80	80-90			
Группа разрезов севера Кузбасса	0-8	4-28	37-55	9-36	0-19	0-14	-			
Группа разрезов центральной части Кузбасса, разрабатывающих пологие пласты	44-75	14-30	11-26	-	-	-	-			
Группа разрезов центральной части Кузбасса, разрабатывающих крутопадающие пласты	-	-	-	0-11	26-48	41-60	0-14			
Группа разрезов южного Кузбасса	9-26	55-74	0-29	0-7	-	-	-			

Таблица 1.6
Распределение угольных пластов по их мощности и мощности междупластий (%)

Месторождение	Мощность пластов, м						Мощность междупластий, м					
	3	3-5	6-10	11-15	16-20	Более 20	10	10-20	21-50	51-100	Более 100	
Северный район Кузбасса	31	20	35	10	3	1	13	13	42	15	17	
Центральный район Кузбасса	24	16	42	5	6	7	21	27	39	11	2	
Южный район Кузбасса	33	17	38	12	-	-	27	24	44	5	-	

Анализ данных показывает, что все месторождения Кузбасса, пригодные для открытой угледобычи, представлены в основном пластами маломощными и средней мощности. Более 80 % всех запасов угля сосредоточено в пластах мощностью до 10 м. На долю пластов мощностью более 20 м приходится всего 1-7 %. В маломощных пластах (до 5 м) сосредоточено до 40-50 % всех запасов угля. На наклонных и крутопадающих месторождениях 26-48 % вскрышных пород находится в междупластьях, мощность которых меньше минимально необходимой ширины заходки экскаватора, то есть 1-20 м. Междупластья мощностью более 20 м составляют 13-32 %.

На пологих месторождениях юга бассейна доля междупластий мощностью до 10 м составляет 27 %. Мощных междупластий (60-100 м) относительно мало – всего около 5 %. Почти все междупластья (95 %) имеют мощность в пределах до 50 м.

В среднем на одном разрезе отрабатывается 9 угольных пластов и 8 междупластий породы с предельными колебаниями их количества от 2 до 17. Если учесть, что на некоторых месторождениях за счет складчатого строения и нарушений (например, в центральном Кузбассе) отдельные пласты свиты в границах поля разреза повторяются 3-5 раз, то количество раздельно отрабатываемых частей горной массы может составлять 75-90.

При разработке пластов сложного строения, доля которых в целом по бассейну составляет около 50 %, доля раздельно извлекаемых частей горного массива возрастает до 100-150. Кроме этого при отработке свиты крутопадающих угольных пластов из-за изменчивости направления простирания и складчатого залегания наблюдается частое пересечение их фронтом горных работ. В результате такого пересечения образуются сложные и ограниченные по длине блоки и создается смешанный угольно-породный фронт горных работ на горизонте. Многообразие условий залегания угольных пластов в угленосной толще требует применения различных видов технологии и типов горнотранспортной техники.

Анализ геологического строения перспективных месторождений Кузбасса показал, что залежи представлены угольными пластами всех классов мощности: тонкими до 1,3 м, средними – от 1,3 до 3,5 м, мощными – от 3,5 до 10 м и весьма мощными – более 10 м.

В тонких пластах содержится около 19 % запасов угля, в средних – 43 %, в мощных и весьма мощных – 38 %.

По строению пласты разнообразны – от простых (без породных прослоев) до сложных (с многочисленными породными прослоями). Доля простых пластов составляет 37 % всех запасов, сложных – 63 %.

По степени сложности геологического строения все месторождения

систематизируются по следующим группам:

- малой структурной сложности;
- средней структурной сложности;
- высокой структурной сложности.

К месторождениям малой структурной сложности относят месторождения, в пределах которых находятся пласты простого строения с невыдержанным залеганием по простиранию и падению.

Месторождения средней структурной сложности включают в себя свиты угольных пластов сложного и простого строения с невыдержанным залеганием по простиранию и падению.

Месторождения высокой структурной сложности представлены свитами угольных пластов сложного и простого строения с невыдержанным залеганием по простиранию и падению, а также наличием геологических нарушений.

Систематизация месторождений по сложности геологического строения представлена в табл. 1.7.

Систематизация месторождений по сложности позволяет более целенаправленно подходить к изысканию технологии применительно к каждому типу залежи.

В работе В.И. Кузнецова и др. [2] приведена систематизация месторождений Кузбасса, пригодных для открытой разработки, по углу падения пластов с учетом технологических факторов (см. табл. 1.8).

Согласно данной систематизации все месторождения делятся на пять групп. Первая и вторая группы включают месторождения с углами падения от 0 до 17°, что создает условия к применению бестранспортной технологии. Между собой группы различаются по условиям работы автотранспорта на вывозке угля и наличие наклонных или горизонтальных рабочих площадок, а также требованиям к выемочному оборудованию.

На месторождениях третьей и четвертой групп с углами падения пластов от 18 до 90° целесообразна транспортная система разработки. С технологических позиций эти группы различаются местом расположения вскрышающих выработок и необходимостью разноразного бортов со стороны лежащего бока нижнего пласта свиты.

Пятая группа месторождений включает пласты всего диапазона углов падения от 5 до 90°. В этих условиях возникает необходимость применения нескольких систем разработки. Предложенная систематизация призвана обеспечить выбор наиболее эффективного варианта технологии.

Таблица 1.7

Систематизация месторождений Кузбасса по сложности геологического строения

Категория	Степень сложности	Строение месторождения	Однородность породугольного массива
I	Малой структурной сложности	Свита угольных пластов простого строения с невыдержанным залеганием по простиранию и падению	Разнородные породы, угольные пласты одномарочного состава
II	Средней структурной сложности	Свита угольных пластов, включающая пласты простого и сложного строения с невыдержанным залеганием по падению и простиранию	Разнородные породы, угольные пласты различного марочного состава
III	Высокой структурной сложности	Свита угольных пластов с включением пластов сложного строения с невыдержанным залеганием по падению и простиранию с наличием геологических нарушений	Разнородные породы, угольные пласты различного марочного состава

22

Таблица 1.8

Систематизация месторождений Кузбасса, пригодных для открытой разработки по углю падения пластов с учетом технологических факторов

Технологические факторы	Группа месторождений с залеганием пластов угля				
	I горизонтальное или пологое $\alpha = 8-9^0$	II слабонаклонное $\alpha = 10-17^0$	III наклонное $\alpha = 18-30^0$ $\alpha = 31-44^0$	IV крутопадающее $\alpha = 45-90^0$	V с часто меняющимися углами $\alpha = 5...30...90^0$
Формирование бортов разрезов	Не требуется разнос борта по породе со стороны лежачего бока нижнего пласта свиты			Необходим разнос борта по породе со стороны лежачего бока нижнего пласта свиты	То же, что для групп I, II, III и IV
Вскрывающие выработки и их местоположение	Траншеи внешнего заложения для вскрытия верхних горизонтов		Постоянные съезды на нерабочем борту	Сочетание скользящих и постоянных съездов на рабочем борту	
Подвигание уступов	а) горизонтальное б) наклонное		Горизонтальное		
Технология ведения вскрышных работ	а) транспортная и комбинированная (бестранспортно-транспортная) с внешним и внутренним отвалообразованием				
	б) бестранспортная с внутренним отвалообразованием				

23

Технологические факторы	Группа месторождений с залеганием пластов угля				
	I горизонтальное или пологое $\alpha = 8-9^0$	II слабонаклонное $\alpha = 10-17^0$	III наклонное $\alpha = 18-30^0$ $\alpha = 31-44^0$	IV крутопадающее $\alpha = 45-90^0$	V с часто меняющимися углами $\alpha = 5...30...90^0$
Рабочие площадки (по транспортным условиям)	а) Невозможен съезд локомотивосоставов и автосамосвалов по почве (кровле) пласта при угле его падения $\alpha \geq 9^0$. Необходима горизонтальная рабочая площадка б) Возможен съезд автосамосвалов по наклонной плоскости почвы (кровли) пласта при $\alpha \leq 8$. Допустима наклонная рабочая площадка				
Выемочное оборудование	С верхним черпанием в обычном исполнении	а) С верхним черпанием и горизонтирующим устройством при установке б) С нижним черпанием	С верхним и нижним черпанием в обычном исполнении	С верхним и нижним черпанием, с гибким рабочим оборудованием и маневренным	

2. ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСКАВАТОРНЫХ БЛОКОВ В УГЛЕНАСЫЩЕННЫХ ЗОНАХ КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ

Специфические особенности геологического строения месторождений Кузнецкого бассейна, пригодных для открытой угледобычи, предопределили применение транспортной и бестранспортной технологий и наличие многих вариантов схем выемки. При разработке угленасыщенной зоны разреза, состоящей из чередующихся в направлении перемещения фронта работ пластов угля и междупластий породы с переменной мощностью, экскаваторный блок в поперечном сечении (забое) в определенный момент может быть представлен качественно однородной или разнородной по составу горной массой.

При выемке угля и породы условиям высокопроизводительной работы выемочного оборудования отвечают однородные по составу блоки. Обработка разнородных блоков ведется последовательно в порядке разложения составляющих частей в направлении подвигания фронта работ. Нередко в одной заходке оптимальной для экскаватора ширины содержится до трех и более составляющих частей, которые должны выниматься. В пределах каждой раздельно извлекаемой структурной составляющей блока все технологические операции повторяются.

Анализ погоризонтальных планов горных работ по разрезам центрального Кузбасса показывает, что обработка свит угольных пластов по существующей технологии приводит к пересечению большинства маломощных угольных пластов экскаваторными заходками. Таким образом, в угленасыщенной зоне разреза практически невозможно выделить самостоятельные экскаваторные заходки по породе или уголю. В пределах экскаваторной заходки встречаются пласты малой мощности не только с различными углами падения, но и с различными углами встречи их относительно забоя.

По условиям положения угольного пласта в экскаваторной заходке все забои делятся на три группы (рис. 2.1):

- забой с заходками, подвигающимися параллельно простиранию пласта (угол встречи равен нулю);
- забой с заходками, подвигающимися под острым углом к простиранию пласта (угол встречи — острый);
- забой с заходками, подвигающимися под тупым углом к простиранию пласта (угол встречи — тупой).

Характеристика забоев по количеству разрабатываемых компонентов представлена в табл. 2.1.

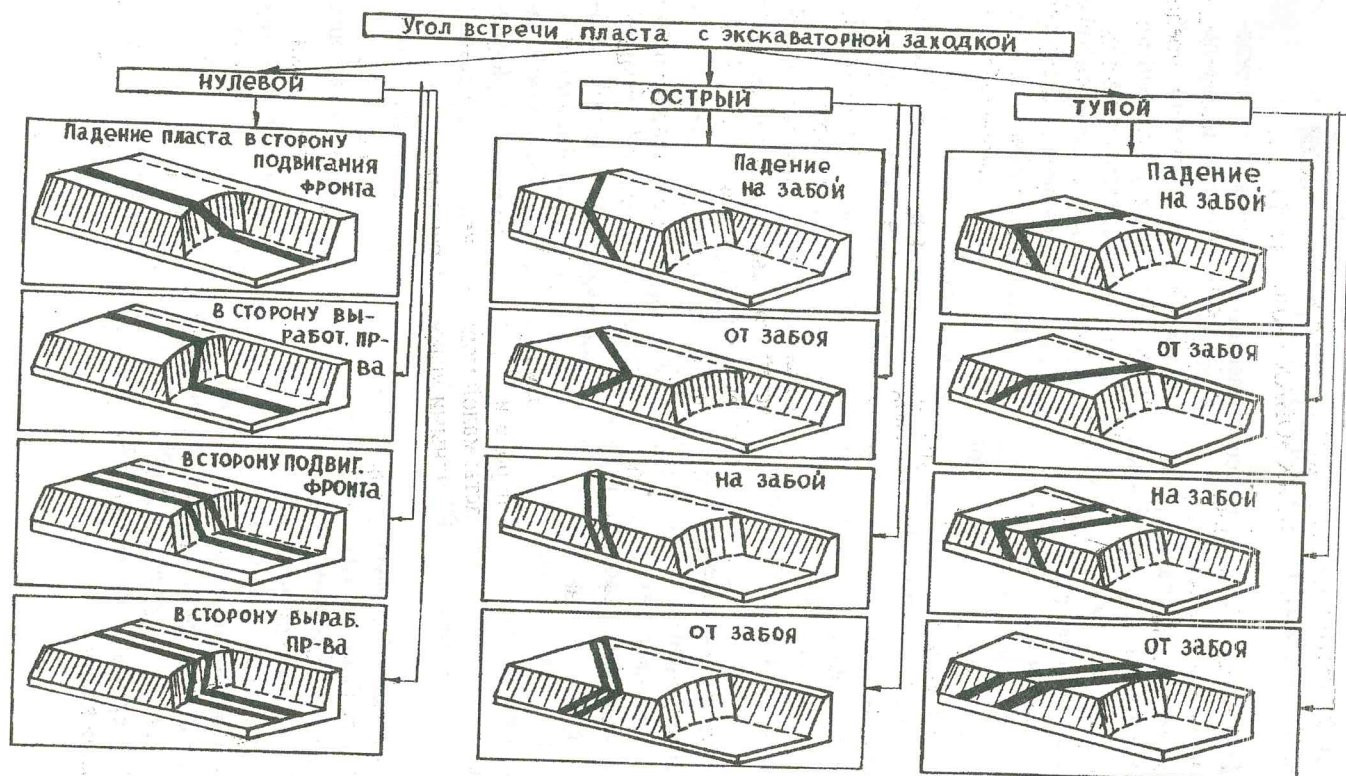


Рис. 2.1. Систематизация породугольных блоков по условиям залегания угольного пласта или пластов в блоке при их селективной отработке

Из табл. 2.1 следует, что по разрезам севера и юга бассейна больше чем в 90 случаях из 100 применяются торцевые забои. На разрезах центрального Кузбасса эта величина составляет 26-27 %.

Доля сложных забоев на разрезах южного Кузбасса составляет до 41 % от общего количества, а на разрезах северной и центральной частей бассейна достигает 71 %.

На сложноструктурных месторождениях при раздельной отработке маломощных и нарушенных угольных пластов, ограниченных по мощности породных междупластий, появляется необходимость в повторном черпании из-за ухудшения условий наполнения ковша, увеличивается угол поворота экскаватора, вследствие чего повышается время цикла экскавации. Кроме того, возрастает время, затрачиваемое на оборку откоса уступа, подсыпку площадки и подъезд экскаватора к забою. Все это скажется на снижении производительности экскаватора. Исследованиями установлено, что производительность экскаватора при прочих равных условиях (кусковатость и крепость пород) снижается тем больше, чем больше степень несоответствия (степень сложности) фактических условий ведения выемочно-погрузочных работ в блоке (параметров и количества раздельно извлекаемых частей блока) предполагаемым, для которых создавался экскаватор и для которых определен норматив его технической производительности. Таким образом, показатель степени сложности характеризует количество дополнительных повторений операций черпания и погрузки раздельно извлекаемых частей горных пород в блоках сложного строения, приходящихся на один блок «стандартного» размера. Принятие в качестве базы для сравнения эталонного («стандартного») забоя основывается на том, что в этих условиях достигается наибольшая производительность экскаватора и максимальное использование его на основной работе — черпании и отгрузке.

Таким образом, сложные условия работы экскаваторов являются одной из особенностей разработки месторождений Кузбасса открытым способом. В качестве критерия оценки сложности породугольного забоя по выемочно-погрузочным работам предлагается показатель степени сложности C , определяемый по выражению [2]

$$C = \frac{S_{cm} n_{\phi}}{S_{\phi}}, \quad (2.1)$$

где S_{cm} — площадь поперечного сечения стандартной заходки в плане для данной марки экскаватора, m^2 ; n_{ϕ} — количество раздельно извлекаемых слоев (разных по качеству) горных пород в сечении забоя; S_{ϕ} — фактическая площадь забоя работающего экскаватора, m^2 .

Таблица 2.1

Типы забоев на разрезах Кузбасса

		Типы забоев на разрезах Кузбасса						
Характеристика забоя по количеству раздельно извлекаемых частей породы	Схема забоя и расположение пласта в заходке	Доля различных забоев в рабочей зоне разреза						
		Кедровский	Черниговский (Новокозлинский участок)	им. 50-летия Октября	Краснобродский	Новосергеевский	Междуреченский	Сибиргинский
Одноструктурный	Траншейный забой							
	а) простое строение	8,9	9,7	27,0	15,2	26,0	5,8	6,1
Двух- и трехструктурный	б) сложное строение	4,9	4,2	11,3	6,7	7,8	2,8	3,0
	Боковой забой							
Одноструктурный	а) простое строение	4,9	5,5	15,7	8,5	18,2	3,0	3,1
	б) сложное строение	91,1	90,3	73,0	84,8	74,0	94,2	93,9
Двухструктурный		60,5	42,7	17,4	45,2	46,5	70,6	55,7
		30,6	47,8	35,6	39,6	27,5	23,6	38,2
Трехструктурный		19,3	12,4	24,3	19,8	10,3	19,4	23,0
		11,3	22,7	18,5	14,8	8,2	4,2	10,2
Четырехструктурный		-	12,5	12,8	5,0	9,0	-	5,0

Для различных типов экскаваторов установлены поправочные коэффициенты к их технической производительности, определяемые по формуле [2]

$$K_{ст} = K_1^C, \quad (2.2)$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий вид погрузки и транспорта, определяется по табл. 2.2; C - показатель степени сложности.

Таблица 2.2

Тип экскаватора	Схема погрузки	Значение коэффициента K_1	
		Автомобильный транспорт	Железнодорожный транспорт
ЭКГ-5А	на уровне стояния экскаватора	0,96	0,94
ЭКТ-6,3уэ	на уровне стояния	0,95	0,94
ЭКТ-8И	на уровне стояния	0,95	0,93
ЭКТ-12	на уровне стояния	0,94	0,92
ЭКТ-20	на уровне стояния	0,92	0,9
ЭКТ-6,3у	выше уровня стояния экскаватора	0,94	0,93
ЭГО-8	на уровне стояния	0,95	0,93
ЭШ-10/70	на уровне стояния	-	-
ЭШ-20/90	на уровне стояния	-	-

С учетом коэффициента сложности забоя производительность экскаватора определяется по выражению

$$Q_v = \frac{3600EK_{ст}}{t_v}, \quad (2.3)$$

где E - вместимость ковша, m^3 ; K_3 - коэффициент экскавации; $K_{ст}$ - коэффициент реализации технической производительности экскаватора с учетом сложности забоя; t_v - продолжительность цикла экскаватора, с.

Оценка влияния горнотехнических и технологических факторов на показатель степени сложности и коэффициент реализации технической

производительности экскаватора позволила разработать [2] классификацию угольных залежей по сложности их раздельной выемки, представленную в табл. 2.3.

Таблица 2
Классификация угольных залежей по сложности их раздельной выемки

Тип за- бой	Условия разработки	Значения показателей сложности по видам технологий	
		технология с использованием автотранспорта	технология с использованием ж/д транспорта
I	Простые	$C \leq 2; K_{ср} \geq 0,9$	$C \leq 1,5; K_{ср} \geq 0,9$
II	Усложненные	$2 < C \leq 8; 0,9 > K_{ср} \geq 0,75-0,7$	$1,5 < C \leq 5; 0,9 > K_{ср} \geq 0,75-0,7$
III	Сложные	$8 < C \leq 15; 0,75-0,7 \geq K_{ср} \geq 0,6-0,5$	$5 < C \leq 10; 0,9-0,7 \geq K_{ср} \geq 0,6-0,5$
IV	Весьма сложные	$C > 15; K_{ср} \leq 0,5$	$C > 10; K_{ср} \leq 0,5$

Согласно классификации к первому типу отнесены угольные пласты, при отработке которых показатель степени сложности C не превышает 1,5 – для технологии с применением железнодорожного транспорта и 2 – с применением автотранспорта. Это в основном мощные и средней мощности с пологими (до 15-17°) и крутыми (50-75°) углами падения. Коэффициент реализации технической производительности экскаватора ($K_{ср}$) близок к единице (1,0-0,9), поэтому данные условия разработки принято считать простыми.

Второй тип характеризуется усложненными условиями разработки, где показатель C изменяется от 1,5 до 8 для различных видов технологий. При этом производительность экскаватора на 20-30 % ниже, чем в простых условиях. Это характерно для пластов средней мощности с углами падения 20-50°.

Третий тип угольных залежей создает сложные условия разработки, при этом показатель сложности забоя C достигает 10-15, а $K_{ср}$ снижается до 0,6-0,5. Таким условиям работы выемочного оборудования соответствуют маломощные пласты.

К четвертому типу - весьма сложные условия разработки - относятся маломощные и весьма маломощные угольные пласты во всем диапазоне углов падения. Показатель степени сложности для этого типа более 15, а коэффициент реализации технической производительности меньше 0,5.

3. ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

3.1. Технология ведения горных работ на действующих разрезах

В настоящее время на разрезах Кузбасса открытые горные работы ведутся с применением следующих технологий (систем разработки): бестранспортная, транспортная и комбинированная.

Бестранспортная технология имеет ограниченное применение вследствие жестких условий ее функционирования и в основном приурочена к отработке отдельных пластов пологого падения.

Основным преимуществом технологии является минимальная длина на перемещения вскрышных пород из забоя в отвал, что обеспечивает значительное снижение эксплуатационных затрат, а следовательно, и снижение себестоимости добычи угля. Вариант бестранспортной технологии для условий южного Кузбасса приведен на рис. 3.1.

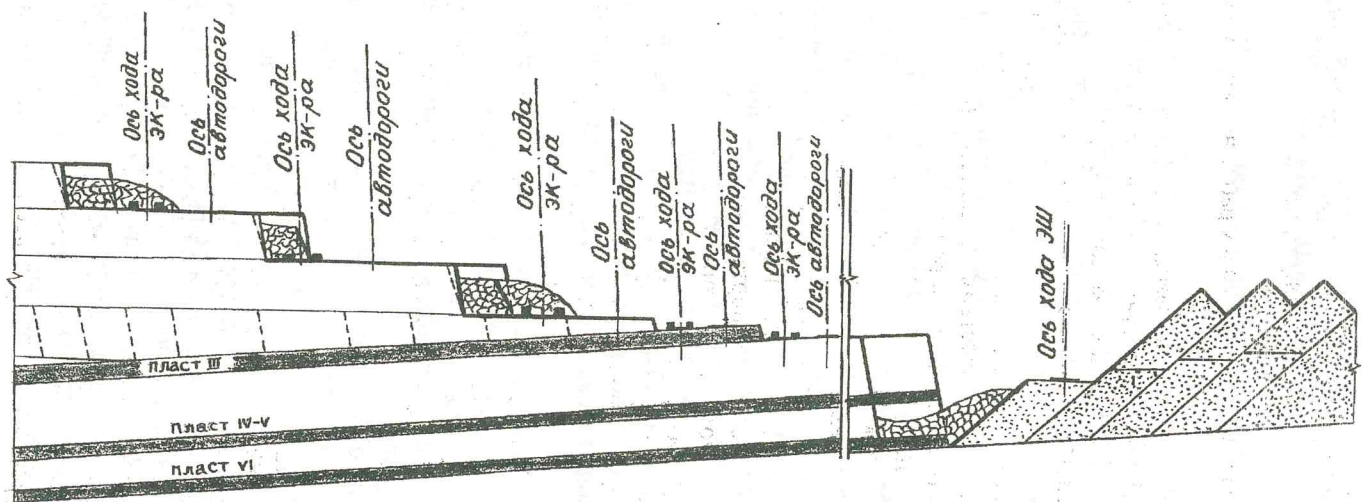
Транспортная технология применяется с использованием автомобильного, железнодорожного, гидравлического, а на перспективных разрезах и конвейерного транспорта в комбинации с автомобильным. При транспортной технологии вся горная масса подлежит перемещению с помощью транспортных средств, что повышает эксплуатационные затраты, а следовательно, и себестоимость добычи угля. Вариант транспортной технологии для условий северного Кузбасса представлен на рис. 3.2.

Комбинированная система разработки применяется в нескольких вариантах:

- комбинация транспортной технологии с бестранспортной;
- комбинация транспортной технологии по различным видам транспорта (автомобильно-железнодорожный, автомобильно-конвейерный, автомобильный или железнодорожный с отработкой наносов с помощью гидромеханизации).

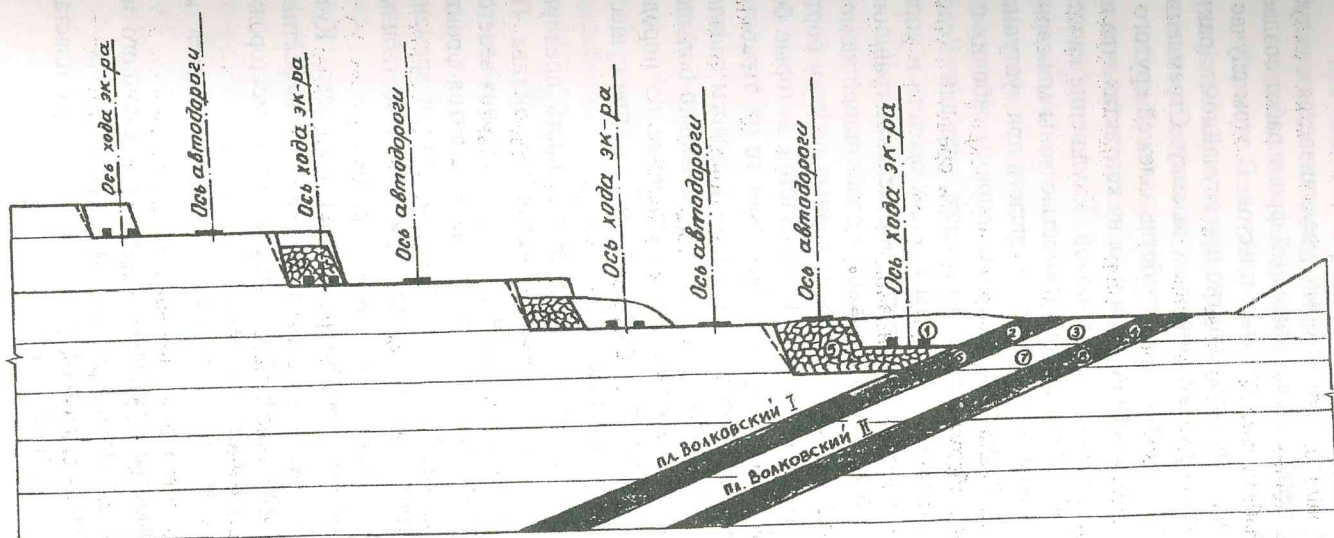
Комбинированные системы по своей эффективности более предпочтительны, поскольку они сочетают в себе преимущества различных видов транспорта или технологий. Соотношение указанных технологий по разрезам Кузбасса за последние 30 лет показывает, что в связи с понижением горных работ долевое участие бестранспортной технологии снижается. Имеется тенденция снижения и транспортной технологии с применением железнодорожного транспорта. Снижаются объемы гидровскрыши с 19,5 % в 1965 году до 5,2 % в 1995 году.

Существенно вырос объем добычи по транспортной технологии с применением автомобильного транспорта (в 1,9 раза). Основной особенностью применяемых в настоящее время технологий является отработка



32

Рис. 3.1. Общий вид комбинированной системы разработки месторождений южного Кузбасса



33

Рис. 3.2. Транспортная система разработки месторождений северного Кузбасса

месторождений уступами, количество которых увеличивается с углублением горных работ. Как правило, первоначальный фронт работ создается путем вскрытия наиболее мощных угольных пластов. В этом случае с тальные пласты свиты отрабатываются попутно при случайном характере позадания пластов в заходку, что затрудняет их выемку. Стремление увеличить высоту уступа, особенно при отработке залежей крутого падения, не обеспечивает устойчивости пород и угля на контактах, что приводит к их обрушению и засорению угля породой. Ухудшение качества добываемого угля вызывается также ограниченностью зоны маневрирования выемочного оборудования и транспортных средств при маневрировании вследствие стремления к уменьшению ширины рабочих площадок для поддержания минимального коэффициента вскрыши. Усложняется схема транспортного обслуживания выемочных средств и управления запасами. При существующей технологии определение граничных контуров карьера производится также в основном с ориентацией на мощные пласты. В результате чего после поташения горных работ в борзах карьера остается неотработанная часть угольных пластов, которые безвозвратно теряются в недрах вследствие неэффективности их отработки после выемки основной части запасов угля. Кроме того, пласты сложного структурных месторождений по качеству угля имеют довольно большой диапазон от энергетических до коксующихся. Выделение из породного угольного массива всех углей с группировкой их по маркам при существующей технологии практически неосуществимо.

Одним из показателей, характеризующих деятельность предприятия, является ритмичность добычи угля всего марочного состава. По сравнению с последовательной выемкой угольных пластов по мере развития фронта горных работ. В результате чего в определенных промежуточные промежутки времени добывается уголь одного марочного состава, что приводит к нестабильности экономических показателей деятельности этого разреза.

Анализ технологий, применяемых на действующих карьерах Кузбасса, позволил выявить ряд негативных сторон, снижающих эффективность открытого способа угледобычи на сложноструктурных месторождениях с залежами крутого и наклонного падения:

- невозможность качественной подготовки угольного пласта к выемке;
- ограниченное пространство для маневрирования выемочного и транспортного оборудования при отработке угольного пласта;
- формирование случайного характера позадания угольного пласта в заходку, усложняющего условия его выемки;

- невозможность обеспечения ритмичной добычи угля всего марочного состава месторождения;

- неполное вовлечение в отработку запасов угля в свите.

Переход некоторых действующих разрезов в перспективе на циклично-поточную технологию (ОАО «Разрез Бачатский») не исключит указанных недостатков, поскольку устойчивость технологии сохраняется.

Одним из основных технологических процессов при существующей выемочной технике являются буровзрывные работы. Буровзрывные работы включают бурение скважин, их зарядание и взрывание. Буровзрывные работы негативно влияют на смежные технологические процессы (выемочно-погрузочные, транспортирование). Так в период ведения взрывных работ все остальные работы в радиусе опасной зоны (до 300 м) прекращаются. Простой экскаваторно-транспортных комплексов по этой причине в целом по объединению за 1985 год составили 3,9 % при железнодорожном и 4,5 % при автомобильном транспорте. Кроме негативного влияния на производительность экскаваторно-транспортных комплексов, буровзрывные работы в угленасыщенной зоне значительно усложняют технологию, приводят к дополнительному разбуживанию угля породой, затрудняют раздельную выемку угольных пластов и простое пород. Раздельная выемка угля вступает в противоречие с применением более тяжелых транспортных средств и мощного выемочного оборудования.

Отлабобразование при железнодорожном транспорте осуществляется с помощью карьерных экскаваторов, аналогичных экскаваторам, занятым на вскрыше. Вместе с тем технология отлабобразования значительно отличается от технологии выемки угля.

Укладка пород в отвал производится путем двойной перегрузки: при разгрузке думпкара в приемную яму и затем из приемной ямы в отвалную емкость. Несовершенство технологии отлабобразования очевидно. Использование дорожностойкого отлабобразователя приводит к удорожанию себестоимости добычи угля. Совершенствование техники и технологии отлабобразования, по всей видимости, должно быть направлено по пути создания мобильных отлабобразователей, исключаящих двойную перегрузку пород.

При автомобильном транспорте отлабобразование, как правило, производится путем разгрузки автосамосвалов под откос отвала с последующей планировкой поверхности бульдозером. С увеличением грузоподъемности автосамосвалов возможности непосредственной разгрузки под откос отвала снижаются, в результате чего на разгрузочной площадке остается значительный объем пород, уборка которой существующей бульдозерной техникой становится затруднительной, приводя-

шей к сдерживанию темпов отвальных работ и, вследствие этого, к сдерживанию выемочно-погрузочных работ в забое.

Технология рекультивационных работ на разрезах Кузбасса заключается в основном в подготовке отвальных площадей под лесонасаждение (облесение), для чего производится выполаживание откосов отвальных угодьев 18-25°. Использование для этих целей бульдозеров из-за низкой их производительности приводит к значительной себестоимости работ по технической рекультивации. Так, при профилировании поверхности внутренних отвалов производительность наиболее мощного отечественного бульдозера ДЗ-94С составляет всего 0,46 га/смену при себестоимости 341,7 р./га (в ценах 1991 г.). Серьезным недостатком технологии ведения технической рекультивации с применением существующей техники является высокое уплотнение породы при ее выравнивании, что значительно снижает эффективность последующей биологической рекультивации. Уплотнение вызвано необходимостью неоднократного перемещения бульдозера по всей рекультивируемой поверхности. Необходимость создания машин для рекультивационных работ является также очевидной. Разработка технологии, позволяющей осуществлять полную и эффективную обработку запасов угля в недрах, является одной из актуальных задач технического прогресса.

3.2. Технологии ведения горных работ на перспективных разрезах

В Кузнецком бассейне в настоящее время разведано около 50 перспективных участков, пригодных для открытой разработки с запасами свыше 11 млрд т. Месторождения включают пласты всех классов мощности: тонкие до 1,3 м, средние от 1,3 до 3,5 м, мощные от 3,5 до 10 м и весьма мощные более 10 м, в которых сосредоточено запасов, соответственно, 19,43 и 38 %.

К освоению подготовлены пять новых участков, в том числе уникальные Талдинское и Караканское месторождения.

В настоящее время ведется реконструкция разреза «Бачатский», строительство и освоение производственной мощности разрезами «Караканский», «Талдинский», «Брунаковский». В перспективе предполагается строительство разрезов «Уропский - 1», «Уропский Северный», «Уропский - 2», «Инский», «Уропский - 3», «Караканский Восточный», «Караканский - Южный», «Урогольский».

Ниже приводится анализ проектных решений наиболее крупных угольных карьеров: «Бачатского», «Талдинского», «Караканского Восточного».

Технология открытой разработки, принятая в проекте разреза «Бачатский», заключается в следующем (рис. 3.3).

Вскрытие пластов мощностью свыше 5 м осуществляется проходкой разрезных траншей с высячего бока пласта. Мало мощные пласты отработываются попутно. Количество отработываемых пластов 13, кондиции на разработку пластов составляют: по мощности - 1 м, по зольности - 30 %. Срок освоения проектной мощности - 7 лет. Средняя высота уступа 16 м. Проектная мощность обогатительной фабрики по перерабатываемому углю - 12 млн т, по товарной продукции - 10,5 млн т. Нереализуемый объем продуктов обогащения коксующихся углей составляет 23,8 %. По энергетическим углям нереализуемый объем составляет 31,6 %. Себестоимость добычи 1 т угля с учетом обогащения - 10,25 р. в ценах 1991 года.

Зольность добываемых коксующихся углей после перехода на валовую выемку возрастает с 16,5 % до 21,7 %. Соответственно возрастает и зольность энергетических углей с 8,2-20,1 % до 31,3-36,8 %. Анализ технологии, заложенной в проекте разреза «Бачатский», показывает, что она базируется на валовой выемке маломощных угольных пластов, обуславливает строительство обогатительной фабрики для обогащения всего добываемого угля, что вызывает значительное удорожание добычи 1 т угля (на 35 %), использование больших дополнительных энергетических мощностей и людских ресурсов.

Хотя в проекте принято современное выемочное и транспортное оборудование, тем не менее оно не соответствует горно-геологическим условиям сложноструктурного месторождения, каким является поле разреза «Бачатский». Наличие недостаточного призабойного пространства, обусловленного минимальной шириной рабочей площадки 46 м, вызывает трудности с маневровыми операциями выемочного и транспортного оборудования. Ограниченное рабочее пространство, вызванное необходимостью развития горных работ вглубь месторождения, повлечет за собой возникновение проблемы проветривания. Усложняется в связи с этим и организация энергообеспечения, технического обслуживания горного оборудования, ведения буровзрывных работ.

Угленосная толща разреза «Талдинский» вмещает 11 добычных пластов. Прелумсатривается последовательная отработка пластов, начиная с 86-84, 92. В последующий период отработываются пласты 73 - 82 (рис. 3.4). Анализ технологических решений, заложенных в проекте разреза, показывает, что принятая технология значительно усложняет выемку угольных пластов свиты и приводит к необходимости последующего обогащения.

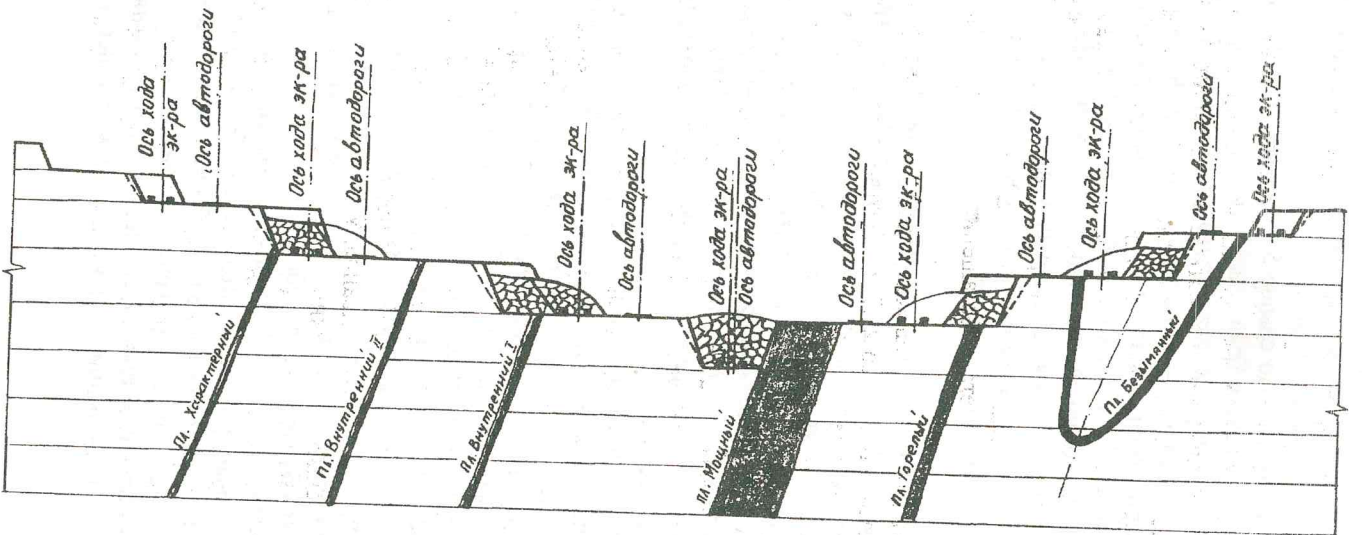


Рис. 3.3. Технология ведения горных работ на разрезе «Бачатский»

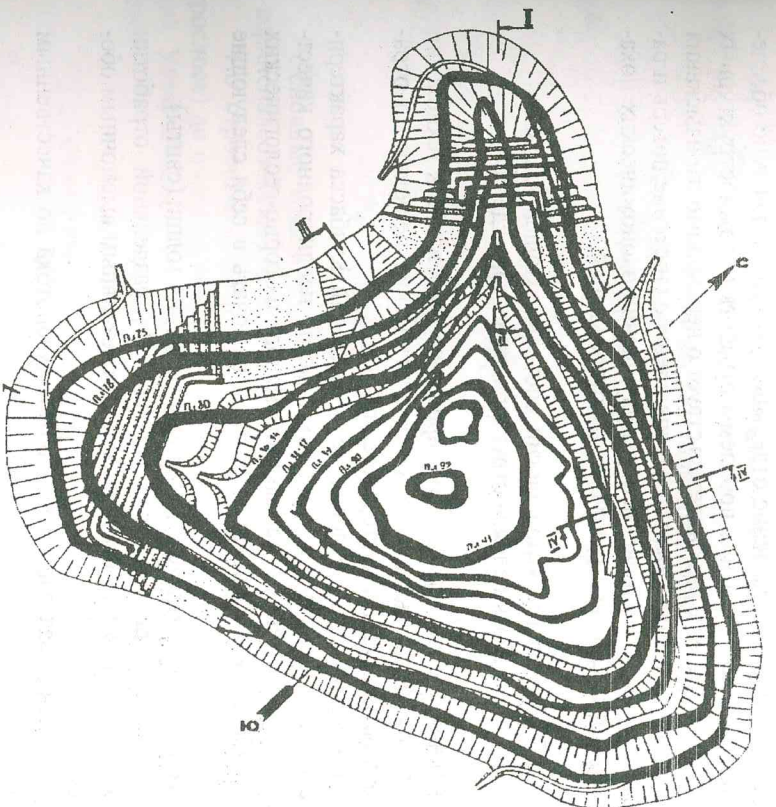


Рис. 3.4. Технология ведения горных работ на разрезе «Галдинский»

При обработке поля разреза «Караканский Восточный» принят блок-овый порядок обработки месторождения. В первую очередь предполагается обработать запасы Дунаевского участка по классической транспортной технологии.

Во всех проектных решениях принята «уступная» форма рабочей зоны карьера, что затрудняет маневрирование горного оборудования в пределах рабочей зоны, а следовательно, и выемку угольных пластов. Анализ проектных решений перспективных карьеров Кузбасса показал, что принятая технология не отличается существенной новизной по сравнению с применяемой и поэтому не обеспечивает повышение эффективности открытой угледобычи. В связи с этим необходимо изыскание более совершенной технологии, соответствующей условиям обработки сложноструктурных месторождений. Анализ патентной ситуации в области обработки сложноструктурных месторождений показал, что ведущей страной в данной области является наша страна. Однако имеющиеся техниче-

ские решения отражают решение отдельных частных задач и не обеспечивают комплексное решение проблемы отработки сложноструктурных месторождений, что еще раз свидетельствует о необходимости изыскания новой технологии, обеспечивающей существенное снижение потерь и разубоживание угля при одновременном улучшении экономических показателей отработки сложноструктурных месторождений.

3.3. Требования к технологии, соответствующей условиям отработки сложноструктурных месторождений

Основной предпосылкой к формированию требований к технологии является изложенный выше анализ технологических решений по отработке сложноструктурных месторождений.

Горно-геологические условия месторождений Кузбасса характеризуются светлым залеганием угольных пластов неоднородного качественного состава, строения и параметров. Исходя из горно-геологических условий требования к технологии должны включать в себя следующие положения:

- максимальное извлечение угля из угленосной толщи (свиты);
- обеспечение оптимальных условий для раздельной отработки угольных слоев свиты существующим и перспективным выемочным оборудованием;

- обеспечение разделения угольного грузопотока по качественным признакам;

- обеспечение минимально возможного засорения угля вмещающими породами;

- обеспечение стабильности качественного состава добываемого угля и текущего коэффициента вскрыши.

По техническим условиям технология должна обеспечить:

- несущественное снижение производительности выемочных средств при отработке угленосных зон;

- соответствие мощности слоя (высоты уступа) траектории следования ковша экскаватора по плоскости падения угольного пласта;

- создание условий для свободного маневрирования выемочного оборудования.

По обеспечению качественных показателей добываемого угля:

- раздельное извлечение породных прослоев минимальной и экономически целесообразной мощности;
- исключение переизмельчения угля;

- создание условий для эффективного осушения забойной зоны.

По транспортному обеспечению грузопотоков:

- использование в угленосной зоне мобильного транспортного оборудования;

- обеспечение отгрузки всех компонентов забоя.

По охране окружающей среды:

- возможность оставления пород вскрыши в контурах разреза с целью уменьшения изымания площадей земель под внешние отвалы;

- возможность располагать траншеи в граничных контурах разреза;

- возможность промышленного использования отдельных компонентов породного массива, добываемых попутно.

По экологическому критерию технология должна обеспечивать максимальную прибыль от разработки месторождения.

3.4. Обоснование однородности свит угольных пластов

Основные запасы угля в Кузбассе сосредоточены главным образом в верхнелазовских отложениях (97 %).

По строению пласты разнообразны: от простых (без породных прослоев) до очень сложных (с многочисленными породными прослоями). Угленосность месторождения изменяется в пределах 1-30 % (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Угленосность свит месторождений Кузбасса			
Свита	Число пластов	Общая мощность пластов угля, м	Угленосность, %
Кольчугинская серия			
Тайгунтанская	14 - 18	80 - 100	8 - 12
Трамотеинская	9 - 10	20 - 50	5 - 7
Ленинская	10 - 14	10 - 25	2 - 3
Ускацкая	6 - 8	8 - 16	1 - 3
Казанково	-	-	-
Маркинская	3 - 5	7 - 12	0,5 - 1
Балахонская серия			
Усакская	5 - 8	8 - 20	10 - 16
Кемеровская	6 - 7	16 - 26	12 - 30
Ишановская	4 - 8	3 - 20	3 - 6
Промежуточная	5 - 7	6 - 8	2 - 5
Алыкаевская	3 - 6	2 - 6	1,2 - 2
Мазуровская	1 - 3	2 - 5	1

Анализ строения пластов позволил установить, что около 80 % всех пластов свит имеет сложное строение. Строение угольных пластов в об-

шей совокупности подобно строению всего месторождения в границах свиты. Эта гипотеза обосновывается с использованием теории подобия [8]. Как известно, подобие объектов заключается во взаимно-однозначном соответствии между двумя объектами, при котором функции перехода от параметров, характеризующих один объект, к соответствующим параметрам другого известны, а математические описания этих объектов могут быть преобразованы в тождественные. Подобными являются такие фактические системы, у которых подобны все характеризующие параметры, т.е. все векторные величины геометрически подобны, а все скалярные величины пропорциональны в соответствующих точках пространства и соответствующие моменты времени.

Применительно к подобию строения угольных пластов и свиты используем геометрическое подобие относительно линейного параметра мощности угольных и породных прослоев всей совокупности пластов к мощности угольных пластов и мощности междупластий в свите, т.е.

$$\frac{\sum M_{\text{пл.св}}}{\sum m_{\text{у.пл}}} = \frac{\sum M_{\text{пл.св}}}{\sum m_{\text{п.пл}}} \quad (3.1)$$

Из третьей теории подобия следует, что необходимым и достаточным условием подобия двух объектов является пропорциональность сходственных параметров, входящих в условие однозначности, и равенство определяющих критериев подобия.

Но так как в природе не существует полностью сходных явлений, то при решении конкретных задач имеет место приближенное подобие, которое характеризуется различной степенью приближения к полному подобию.

Исследования строения угольных пластов свиты и строения самой свиты показали, что наиболее характерным параметром подобия является угленосность, выражающаяся отношением

$$K_y = \frac{\sum_{i=1}^n m_{i,y}}{\sum_{i=1}^n m_{i,y} + \sum_{i=1}^n m_{i,п}}, \quad (3.2)$$

где $\sum_{i=1}^n m_{i,y}$ - суммарная мощность угольных пачек, $\sum_{i=1}^n m_{i,п}$ - суммарная мощность породных прослоев.

Оценка однородности свит угольных пластов производится по критериям Лапласа и χ^2 -критерию. Принимая во внимание, что все (или в максимальном объеме) полезное ископаемое (уголь) должно быть извлечено из месторождения, целесообразно однородность залежи рассматривать с позиции возможной технологии ее отработки, которая определяется соотношением объемов пустых пород и полезного ископаемого в сечении месторождения в различных направлениях. При этом вся вмещающая порода считается однородной. При выборе технологии однородными принимаются все запасы полезного ископаемого. В дальнейшем по направленности использования полезного ископаемого делится на группы по однородности качественных признаков.

В качестве основного критерия однородности месторождения принимается допустимая величина среднеквадратичного отклонения угленосности от среднего значения. В случае, когда эти отклонения несущественны, месторождение считается однородным для данной технологии. С изменением технологии однородность может изменяться, поскольку угленосность, а следовательно, и коэффициент вскрыши по свите зависят от направления развития горных работ и порядка их ведения. Следует различать однородность по отношению к технологии и геологическую однородность, определяемую качественным составом элементов месторождения. В свою очередь технологическая однородность может быть единичной, групповой и абсолютной. При единичной однородности система (месторождение) однородна относительно одного вида технологии. При групповой системе однородна относительно группы технологий, и при абсолютной однородности система однородна относительно всех возможных технологий, т.е. однородность системы не зависит от направления подвигания работ и порядка их ведения. Однородность относительно качественного состава полезного ископаемого (угля) зависит от требований потребителей, т.е. от вида потребления полезного ископаемого.

Однородность месторождения оценивается по критерию Лапласа (t) [10] с проверкой гипотезы однородности средних:

$$t = \frac{Y_i \sqrt{m_i(n-2)}}{\sqrt{n - m_i - m_i Y_i^2}}, \quad (3.3)$$

где $Y_i = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}$. При этом $\bar{x}$ - среднее значение параметра, x -

наибольшее значение параметра, σ_x - среднеквадратическое отклонение;

n - количество наблюдений (опытов) (число степеней свободы); m_i - частота i -го признака.

Условие однородности соблюдается при выполнении требования $t \leq t_q$, (3.4)

где t_q - табличное значение критической области.

Однородность свиты угольных пластов крутого и наклонного падения оценивается коэффициентом вскрыши по свите. При несущественном изменении коэффициента вскрыши по свите с глубиной ее погружения месторождение считается однородным и может считаться как один пласт сложного строения и залегания.

По τ критерию свита считается однородной в отношении данного признака при условии

$$\frac{|x - \bar{x}|}{S} < \tau_{1-p}, \quad (3.5)$$

где x - наибольшее значение признака в общей совокупности, $\bar{x}$ - среднее значение признака; τ_{1-p} - максимальное относительное отклонение квантили этого распределения приводится в таблицах [11]; S - среднее квадратическое отклонение выборки;

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}, \quad (3.6)$$

где n - объем выборки (наблюдений) признака.

Характер изменения коэффициента вскрыши по свите угольных пластов с глубиной их погружения по ряду отдельных участков перспективных месторождений показывает, что максимальное относительное отклонение коэффициента вскрыши по свите меньше допустимых значений. Проверка гипотезы об однородности данных по угленосности с глубиной погружения свиты по критерию Лапласа при уровне значимости 5 % показала, что эти значения несущественно отличаются от средней угленосности. Принимая во внимание несущественность колебания угленосности свиты с глубиной погружения, правомерно считать, что и второй коэффициент вскрыши в пределах свиты подчиняется этому закону.

Анализ однородности свит по τ_{1-p} критерию показал - все они отвечают условиям однородности и, следовательно, могут рассматриваться как одна концентрированная залежь полезного ископаемого, характеризующаяся определенной угленосностью.

Дополнительным условием правомерности такого вывода является несущественность среднеквадратического отклонения мощности наибольшего междупластья. Исследование на однородность свиты можно производить по значениям мощности междупластий, измеренных в масштабе поперечного разреза карьерного поля по горизонтам до конечной глубины карьера.

Проверка осуществляется по условию существенности снижения коэффициента вскрыши от оставления части объема пород междупластья в границах разреза.

Выразим угленосность свиты через коэффициент вскрыши по свите

$$K_{y,sv} = \frac{V_{\pi} 100}{V_y + V_{\pi}}, \quad (3.7)$$

где V_{π} , V_{π} - объем угля и породы в свите соответственно.

Но $\frac{V_{\pi}}{V_y} = K_{sv}$, откуда $V_{\pi} = K_{sv} V_y$, тогда

$$K_{y,sv} = \frac{100}{1 + K_{sv}}, \quad K_{sv} = \frac{100}{K_{y,sv}} - 1. \quad (3.8)$$

За существенное снижение коэффициента вскрыши по свите принимаются изменения его значения. Значение междупластья, при котором коэффициент вскрыши по свите существенно снижается, называется предельным в отношении однородности свиты.

$$\frac{K'_{sv}}{K_{sv}} \geq 0,95, \quad (3.9)$$

где K'_{sv} - коэффициент вскрыши по свите при оставлении части вскрыши в междупластье ($V_{ост}$); K_{sv} - коэффициент вскрыши при сплошной отработке свиты.

$$\text{Или} \quad \frac{(V_{\pi} - V_{ост}) V_y}{V_{\pi} V_y} = 0,95, \quad (3.10)$$

$$\text{откуда} \quad V_{ост} = 0,95 \frac{V_y (100 - K_{y,sv})}{K_{y,sv}}. \quad (3.11)$$

Заменив объемные выражений через площадь сечения на единицу длины карьерного поля, получим

$$S_{ост} = \frac{0,05 S_y (100 - K_{y,cb})}{K_{y,cb}} = 0,05 \sum m_y H_K (100 - K_{y,cb}) \quad (3.12)$$

Но $S_{ост} = l_{мп} 0,5 t g \gamma (l_{мп} - Ш_{пг}) =$

$$= \frac{0,5 [(l_{мп} - Ш_{пг}) 0,5 t g \gamma]^2 \sin(\alpha - \gamma)}{\sin \gamma \sin(\alpha + \gamma)} =$$

$$= -0,25 t g \gamma (l_{мп} - Ш_{пг}) \times$$

$$\times \left\{ l_{мп} - \left[Ш_{пг} + \frac{0,5 t g \gamma (l_{мп} - Ш_{пг}) \sin(\alpha - \gamma)}{\sin \gamma \sin(\alpha + \gamma)} \right] \right\} \quad (3.13)$$

$$h_{ост} = 0,5 t g \gamma (l_{мп} - Ш_{пг});$$

(3.14)

$$S_{ост} = l_{мп} h_{ост} - \frac{0,5 h_{ост}^2 \sin(\alpha - \gamma)}{\sin \gamma \sin(\alpha + \gamma)} -$$

$$- 0,5 h_{ост} \left[l_{мп} - \left(Ш_{пг} + \frac{h_{ост} \sin(\alpha - \gamma)}{\sin \gamma \sin(\alpha + \gamma)} \right) \right]; \quad (3.15)$$

где $h_{ост}$ - мощность оставшегося слоя пород междупластья, м;
 $l_{мп}$ - мощность междупластья по горизонтали, м; $Ш_{пг}$ - минимальная ширина рабочей площадки при автотранспорте, м; $\sum m_y$ - суммарная горизонтальная мощность угольных пачек свиты, м; H_K - граничная глубина разреза, м; γ - угол откоса борта оставшегося массива пород междупластья, м.

Графически данная зависимость представлена на рис. 3.5.

Например: при $\sum m_y = 100$ м, угленосности свиты $K_{y,cb} = 20\%$ и предельной глубине $H_K = 200$ м находим $S_{ост} = 4000$ м². Затем по графику (рис. 3.5) определяем для $\gamma = 30^\circ$, $l_{мп} = 170$ м, т.е. при значениях $l_{мп} \leq 170$ м свита считается однородной.

Такая дополнительная проверка свит угольных пластов позволяет при проектировании определить зоны междупластий, в которых целесо-

$$\frac{S_{ост} 10^3}{м^2}$$

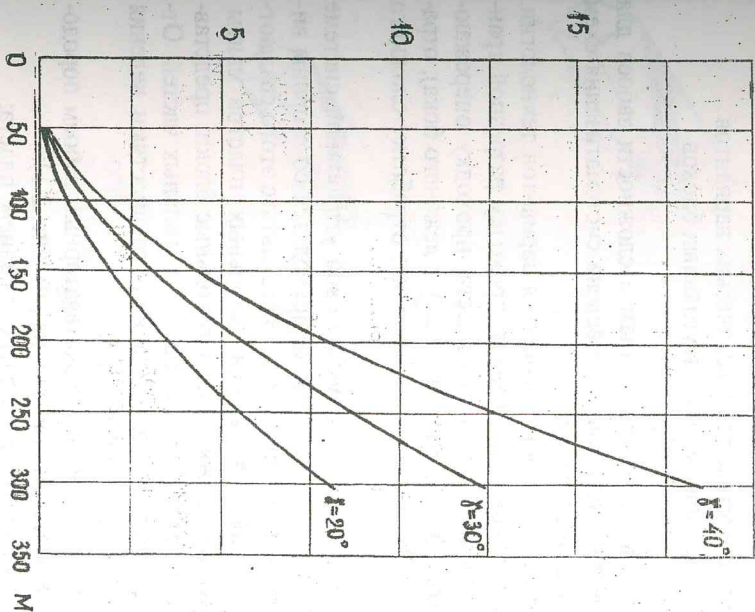


Рис. 3.5. Зависимость $S_{ост}$ от параметров технологий

образно оставлять часть вскрыши, что дает возможность в начальный и конечный периоды обработки месторождения уменьшить текущий коэффициент вскрыши, а следовательно, и средний коэффициент вскрыши. Проверка осуществляется по профилям карьерного поля (месторождения).

Порядок проведения расчетов сводится к следующему. Определяется минимально допустимое значение $S_{ост}$ по выражениям (3.12, 3.13 и 3.15). Затем по графику (рис. 3.5) находим предельную величину $l_{мп}$ для соответствующих условий залегания свиты.

Таким образом, исследование однородности свит угольных пластов наклонного и крутого залегания позволяет сделать вывод о возможности обработки таких месторождений горизонтальными слоями.

4. ПОПУТНАЯ ОТРАБОТКА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПРИ ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1. Характеристика технологических вариантов отработки сложных породугольных блоков

По характеру подвигания уступов, типам и сложности забоев для различных условий залегания пластов произведена систематизация схем подготовительных и выемочных работ.

Всего выделено семь часто встречающихся вариантов технологии. К ним относят: подготовку нового горизонта; проходку разрезной траншеи с одновременной выемкой угольного пласта; проходку опережающей траншеи (при подходе фронта работ к пласту с лежащего бока); отработку пластов угля простого и сложного строения; отработку сложного блока.

При традиционной продольной двухбортовой углубочной системе разработки разрезные траншеи, как правило, проходятся со стороны высячего бока наиболее мощного пласта свиты. В результате этого создаются неблагоприятные условия для выемки остальных пластов свиты. Вследствие этого образуются сложные породугольные блоки, представляющие собой массив с чередованием породных и угольных частей. Отработка таких блоков связана со значительными трудностями ведения буровзрывных и выемочно-породуточных работ.

По углу встречи угольного пласта с экскаваторным забоем породугольные блоки подразделяются на три группы (см. рис. 2.1):

- блоки с перпендикулярным забоем расположением пласта; углом $0 - 90^\circ$;
- блоки с расположением угольного пласта относительно забоя под углом $90 - 180^\circ$.

Кроме этого для всех вариантов возможны подварианты с падением пласта в сторону массива и согласно откосу уступа.

Применительно к отработке угольных пластов валовым способом определяющим фактором является положение оконтуривающихся угольных пластов плоскостей. Добычной блок при этом определяется как часть уступа, включающая угольный пласт и боковые породы, как одно целое.

Положение пласта в добычном блоке определяется углом падения пласта, отсчитываемым от нуля против часовой стрелки, и углом между линиями простирания пласта и забоя.

Систематизация структур породугольного блока по этому критерию представлена на рис. 4.1 [19].

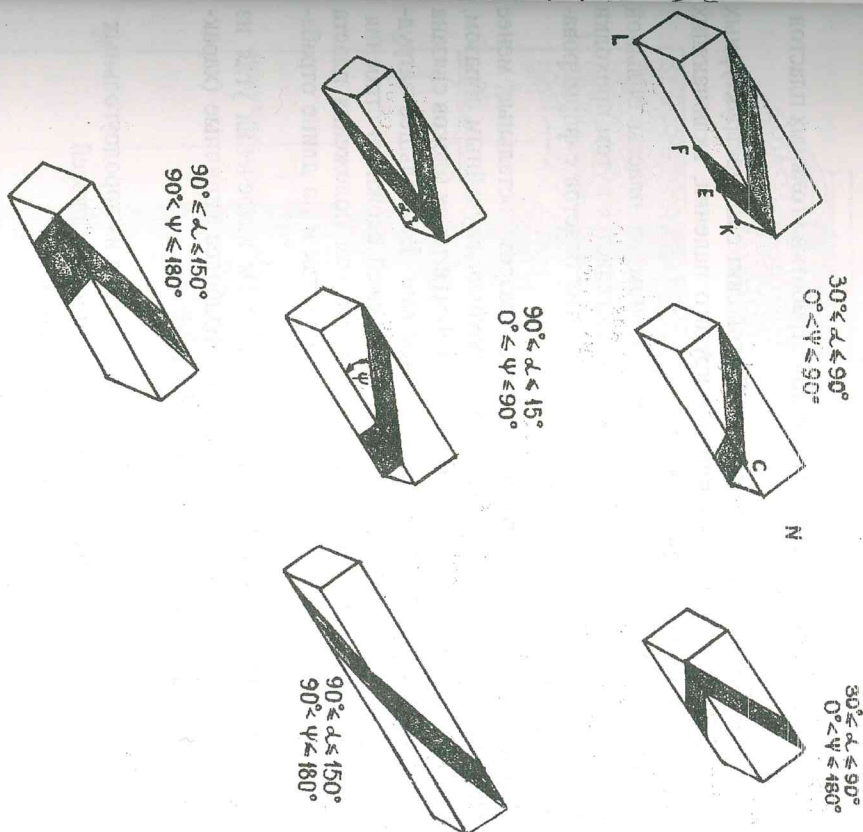


Рис. 4.1. Систематизация структур породугольных блоков применительно к валовой выемке

В общем виде отработка сложных породугольных блоков может осуществляться по трем технологическим вариантам: селективная, валовая и селективно-валовая схемы.

При селективной выемке породные и угольные части блока отрабатываются раздельно. При валовой выемке часть экскаваторного блока, включающего угольный пласт, отрабатывается как однородный забой. Селективно – валовая выемка включает отработку сложной породугольной части экскаваторного блока с частичной селекцией.

При разработке угленасыщенных зон разрезов Кузбасса вследствие весьма сложных и разнообразных условий залегания угольных пластов

предопределена необходимость применения различных технологических вариантов их отработки.

4.2. Технологические схемы попутной отработки угольных пластов

Попутная выемка обусловлена отработкой свит сложенноструктурных угольных месторождений наклонного и крутого падения, включающих как мощные, так и маломощные пласты.

В этом случае при ориентации в основном на пласты большой мощности подготовка пластов к выемке осуществляется путем проходки разрезной траншеи со стороны висячего бока этих пластов с формированием ступенчатой рабочей зоны.

Вследствие этого при разносте бортов разреза остальные менее мощные пласты попадают в экскаваторные заходки случайным образом образуя сложные породугольные блоки. Отработка таких блоков связана с определенными технологическими трудностями. Наибольшее затруднение вызывает отработка крутонаклонных залежей сложного строения. Эти трудности обусловлены большим разнообразием положения пластов (пластов) как в плоскости экскаваторного забоя, так и по длине отработки блока.

Из всей совокупности технологических схем извлечения угля из сложных породугольных блоков отобраны наиболее типичные (характерные) для условий месторождений Кузбасса.

4.2.1. Технологические схемы извлечения угля из породугольных блоков крутопадающих и наклонных залежей при автомобильном транспорте

Технологические схемы отражают условия подалания пластов в экскаваторный блок.

При подалании одного пласта в заходку с углом его падения в сторону откоса и совпадении линии простираия пласта с фронтом работ технологическая схема имеет следующий вид (рис. 4.2, а).

Рыление блока производится с помощью буровзрывных работ по методике [13], исключающей разрушение угольных пластов.

За первый проход экскаватора убирается порода от нижней бровки развала до угольного пласта. При втором проходе экскаватор зачищает висячий бок пласта и осуществляет его выемку с отгрузкой на автотранспорт. Третьим проходом экскаватор вынимает оставшуюся породную часть заходки.

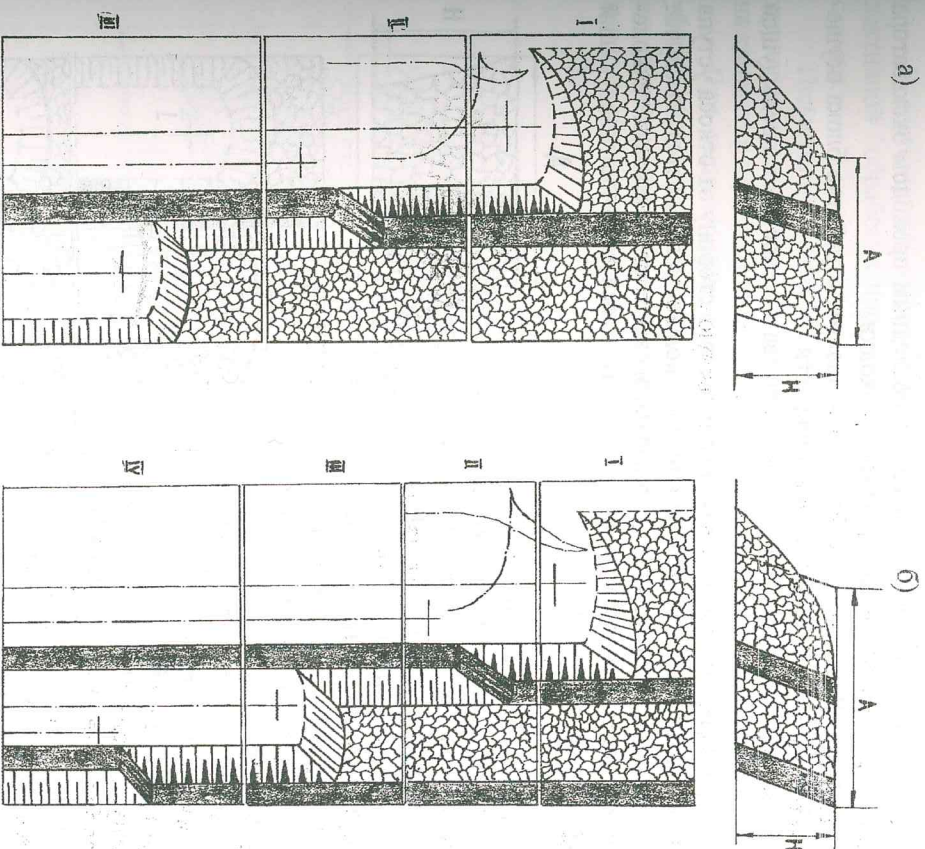


Рис. 4.2. Технологические схемы попутной выемки:
а — одного угольного пласта; б — двух пластов угля

Достоинствами данной схемы являются высокая степень полноты и качества извлечения угля, благоприятные условия работы экскаватора и автотранспорта. Недостатком схемы является необходимость в дополнительных маневровых перемещениях экскаватора в процессе отработки блока, что приводит к снижению производительности.

При подалании в экскаваторный блок двух и более пластов извлечение угля ведется следующим образом (рис. 4.2, б).

Первоначально предельношей схеме производится выемка породы от нижней бровки развала до первого пласта. Следующим проходом извлекается уголь. Затем вынимается порода междупласть,

добывается второй угольный пласт. И последним проходом экскаватор добывается оставшаяся породная часть заходки.

При наличии в заходке более двух пластов отработка блока осушается в аналогичной последовательности.

Данной схеме присущи все достоинства и недостатки предыдущей схемы на рис. 4.2, а.

При падении пластов в противоположную сторону от откоса уступ технологии извлечения угля из блока несколько усложняется. В случае расположения угольного пласта в начале экскаваторной заходки технологическая схема отработки породугольного блока включает следующий порядок работы (рис. 4.3).

Экскаватор располагается на минимально возможном расстоянии от откоса послеушей заходки и от забоя и осушает выемку породы со стороны висячего бока пласта на величину очерпывания по прос-тиранию пласта.

Затем осушается выемка угольного пласта торцевым забоем на эту же длину. После чего экскаватор обрабатывает оставшуюся породную часть заходки от нижней бровки развала до угольного пласта.

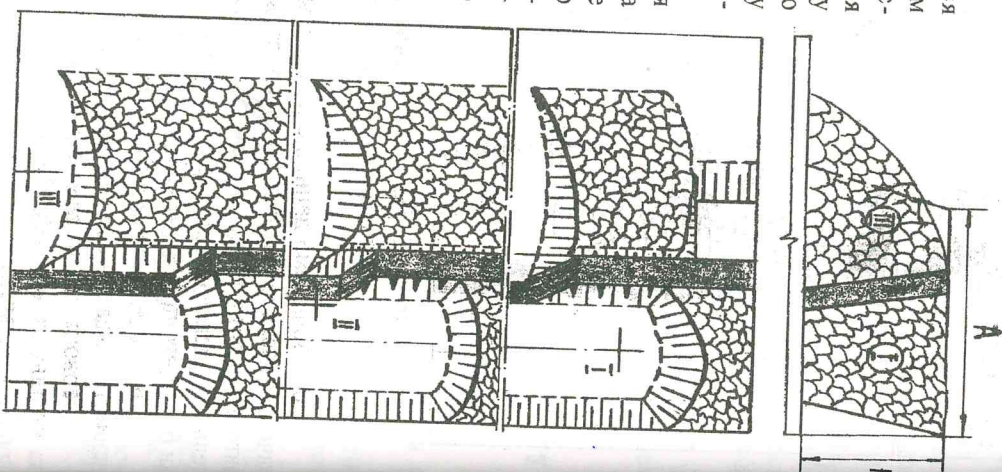


Рис. 4.3. Технологическая схема отработки угольного пласта с углом падения, противоположным углу откоса уступа

К достоинствам схемы относится возможность осуществления селективной обработки породугольного блока аналогично предыдущим схемам.

Недостатки схемы: стесненные условия работы экскаватора, что приводит к снижению его производительности, повышение потерь угля на контактах пласта с породой.

При расположении пласта вблизи контура последующей заходки уборка породы со стороны висячего бока пласта становится практически невозможной (рис. 4.4, а). В этом случае предусматривается следующий порядок обработки породугольного блока.

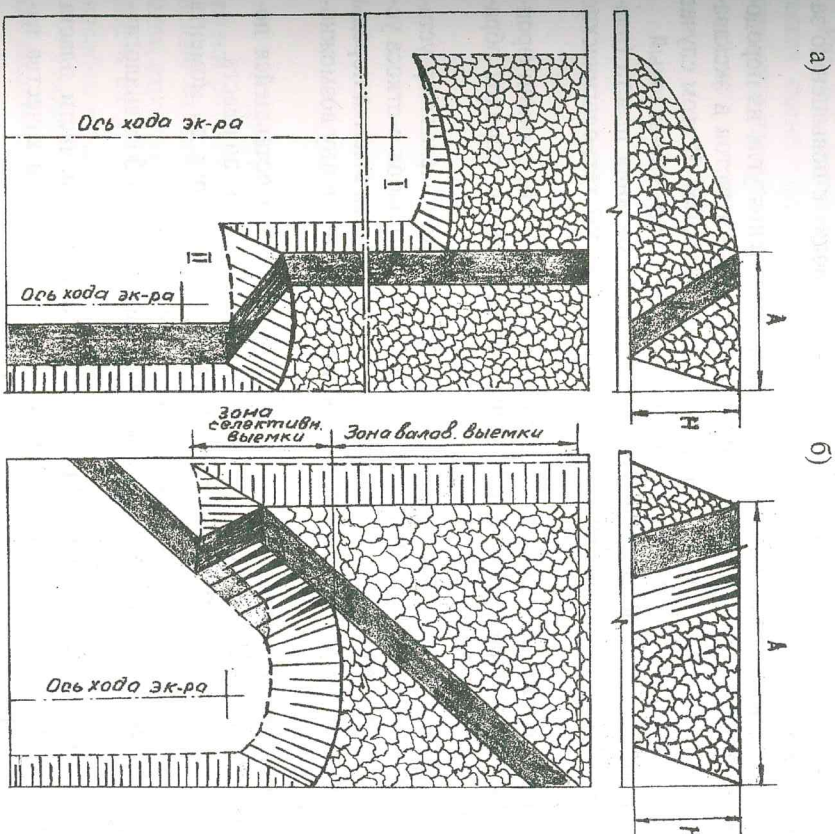


Рис. 4.4. Технологические схемы попутной выемки угольного пласта: а - при расположении пласта вблизи следующей заходки; б - при расположении пласта в блоке под некоторым углом к линии фронта работы с падением, противоположным откос уступа

Первоначально вынимается породная часть заходки от нижней бровки развала до внешнего контура пласта на уровне верхней площадки уступа. Затем экскаватор перемещается на новую трассу и ведет отработку угольного пласта валовым способом с присечкой пород заходки и последующей уборкой оставшейся породной части заходки.

Достоинством данной схемы является незначительное снижение производительности экскаватора относительно однородного забоя вследствие валовой обработки блока.

Недостатком схемы является высокое засорение угля породой, что предопределяет необходимость его обогащения на обогатительных фабриках или установках. А это в свою очередь приводит к повышению затрат на добычу угля.

Существенное усложнение технологии извлечения угля из породного блока возникает при попадании угольных пластов в экскаваторный блок под углом к линии подвигания фронта работ. В этом случае используется комбинированный способ выемки - селективно-валовой.

Рассмотрим наиболее характерные случаи попадания пласта (пластов) в экскаваторную заходку и соответствующие им технологические схемы.

При положении пласта в блоке под некоторым углом к линии фронта работы с падением, противоположным откосу уступа, порядок обработки блока отражен на рис. 4.4, б.

При подходе плоскости забоя к угольному пласту экскаватор устанавливается на минимально возможном расстоянии от забоя и откоса уступа последующей заходки. Следующим этапом является выемка породы со стороны висячего бока пласта по простиранию на величину возможного прочерпывания.

Затем осуществляется выемка угольного пласта и оставшейся породной части взорванного блока от нижней бровки развала до пласта.

В такой последовательности ведется обработка блока до момента приближения пласта к откосу последующей заходки.

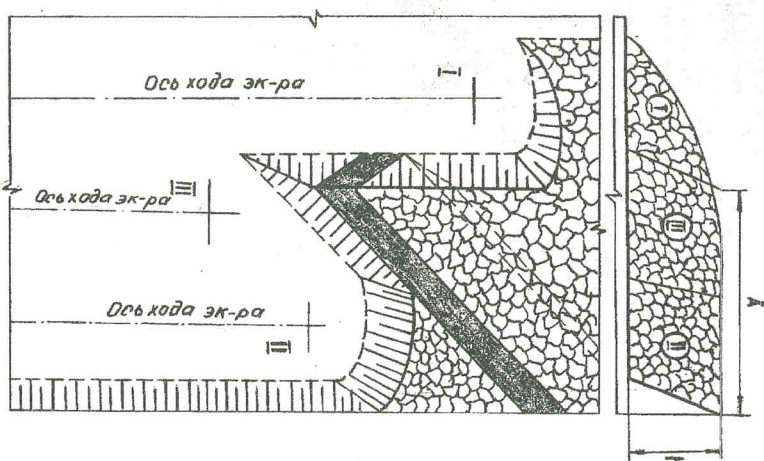
Дальнейшая обработка блока ведется валовым способом аналогично предыдущей схеме (рис. 4.4, а).

Достоинством схемы является возможность выемки части пласта селективным способом с обеспечением высокой степени и качества извлечения угля.

К недостаткам схемы относятся стесненные условия работы экскаватора, приводящие к существенному снижению его производительности, валовая выемка части пласта, что связано с увеличением затрат на добычу угля.

При попадании пласта в заходку под некоторым углом к линии фронта работ с падением в противоположную сторону относительно забоя выемка пласта осуществляется следующим образом (рис. 4.5).

Рис. 4.5. Технологическая схема попутной отработки пласта



Экскаватором в первую очередь отгружается порода от нижней бровки развала до откоса уступа. Экскаватор устанавливается на минимально возможном расстоянии от забоя и откоса последующей заходки. Затем отрабатывается породная часть заходки со стороны лежащего бока пласта на величину возможного прочерпывания. После этого валовым способом отрабатывается на эту же величину угольный пласт.

Технология отработки блока при положении пласта в экскаваторной заходке с падением в сторону забоя изображена на рис. 4.6.

Первоначально, как и в предыдущей схеме (рис. 4.5), экскаватор отгружает породную часть развала от нижней бровки развала до выхода пласта в откос уступа.

Затем экскаватор, двигаясь вдоль простирания пласта, отгружает

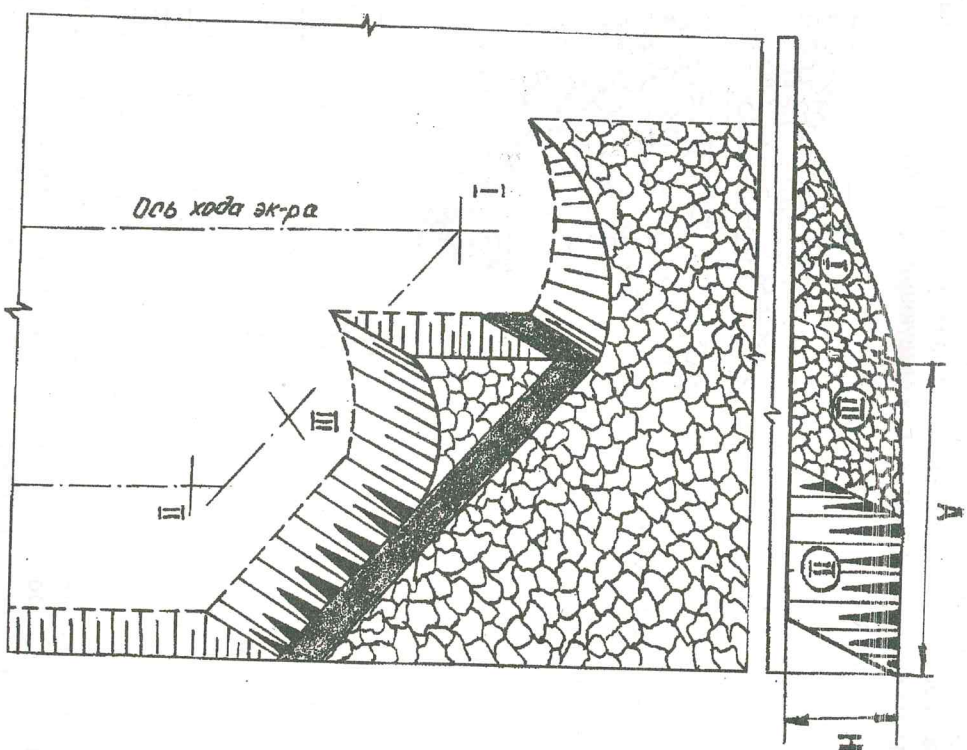


Рис. 4.6. Технологическая схема попутной обработки пласта, падающего в сторону забоя

породную часть заходки, производит зачистку пласта и его выемку. После выемки угольного пласта на всю длину в границах блока экскаватор вынимает оставшуюся часть развала.

Достоинством данного варианта является возможность осуществления селективной выемки пласта по всей его длине по простиранию в блоках. Основным недостатком схемы является значительная длина маневровых траекторий экскаватора в забойной зоне, что оказывает негативное влияние на его производительность.

При обработке свиты наклонных пластов возможны в основном два варианта: схема обработки близких пластов и схема обработки расчлененных пластов свиты.

Обработка близких угольных пластов ведется следующим образом (рис. 4.7).

Со стороны висячего бока крайнего пласта свиты относительно рабочей зоны проводится разрезная траншея на глубину, обеспечивающую полную зачистку угольного пласта.

Затем поперечными заходками ведется обработка свиты с выемкой угольных пластов и пород между пластов.

При обработке расчлененных угольных пластов может применяться следующая технологическая схема (рис. 4.8).

Со стороны висячего бока мощного (основного) пласта свиты проводится разрезная траншея на глубину, обеспечивающую прочерпывание контакта уголь - порода. Затем на эту же мощность обрабатывается угольный пласт. После этого осуществляется углубка разрезной траншеи на эту же глубину и вынимается оставшаяся часть пласта.

Таким образом нарезается уступ для выемки пород междупласть. Ведется отгон борта с формированием ступенчатой рабочей зоны, в которую попадают остальные пласты свиты. Обработка этих пластов ведется попутно по схемам, представленным на рис. 4.8, путем проходки разрезных траншей со стороны висячего бока пласта с рабочей площадки уступа, в который попадает угольный пласт.

Отличительной особенностью является образование породных призм после выемки угольных пластов.

При планировании горных работ по обработке угольных пластов необходимо, чтобы верхняя площадка призм имела ширину, достаточную для проведения буровзрывных работ по рыхлению пород призм.

Достоинством схемы является возможность селективной обработки угольных пластов, способствующей снижению потерь угля и его разубоживания.

Недостатком схемы является необходимость увеличения ширины рабочих площадок при проходке разрезных траншей, что приводит к уменьшению угла рабочего борта карьера, а следовательно, к росту текучего коэффициента вскрыши.

Вторым существенным отрицательным фактором является образование породных призм в зоне выемки угольных пластов, что вызывает определенные трудности в их буровзрывном рыхлении.

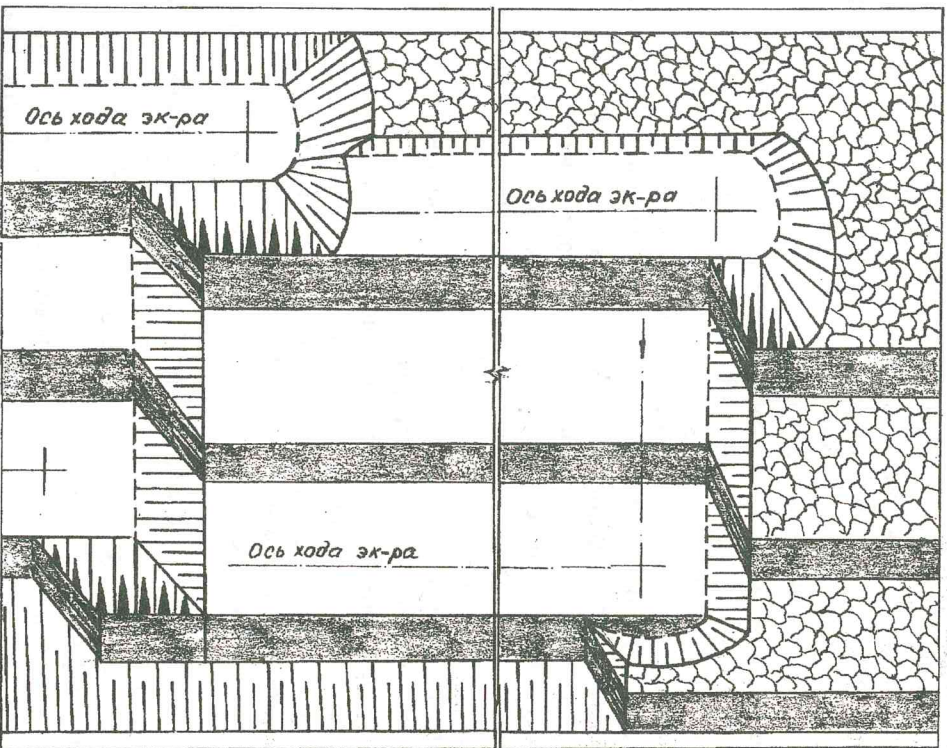
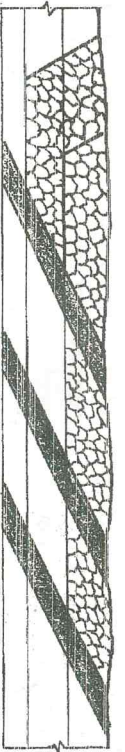


Рис. 4.7. Технология отработки свиты сближенных угольных пластов

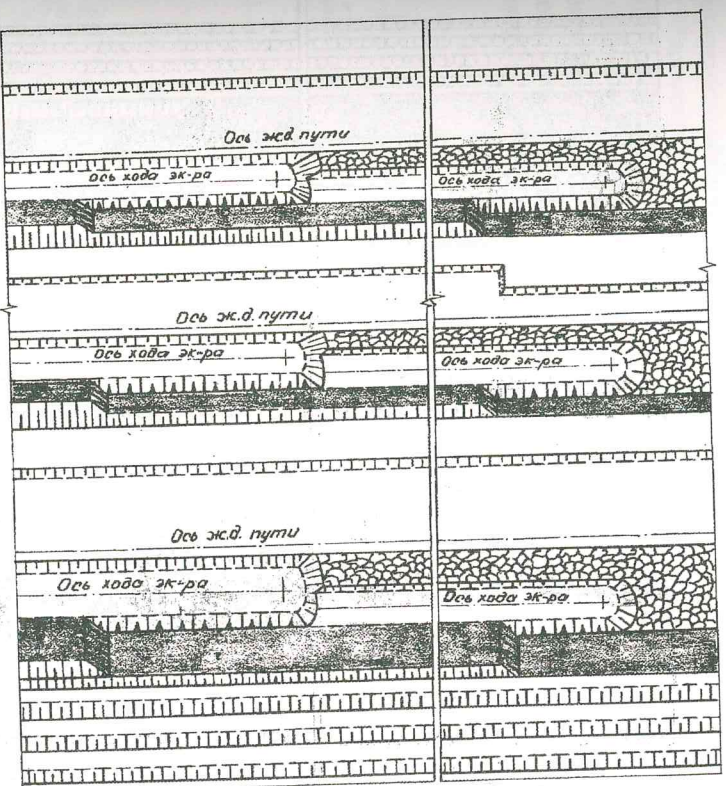
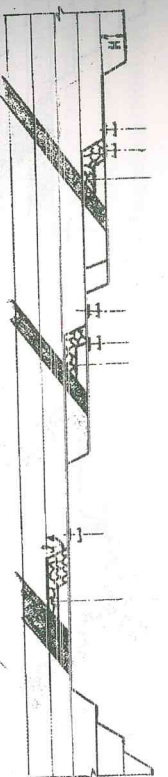
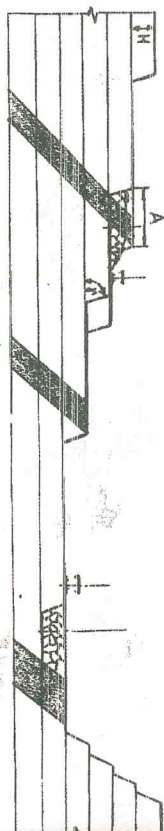


Рис. 4.8. Технологическая схема отработки распределочных пластов

Попутная отработка пластов по схеме 4.9 обуславливает применение валового способа извлечения угля, так как фронт работ подходит к пластам со стороны лежащего бока. Валовая выемка производится с час-тичной сортировкой чистопородных и углесодержащих частей развала.

Достоинством схемы является высокая производительность вы-емочных средств (экскаватора).

Отрицательным моментом схемы является необходимость валовой выемки угля, что приводит к дополнительным затратам на его обогаще-ние.



Из рассмотренных выше схем выемки угольных пластов с применением автомобильного транспорта (рис. 4.2, 4.4, а, 4.8 и 4.9) эти технологические схемы могут использоваться и с применением железнодорожного транспорта.

Остальные схемы будут значительно скорректированы, причем с ограничением области селективной выемки угля.

Рассмотрим наиболее характерные схемы обработки сложных породугольных блоков с применением железнодорожного транспорта.

При расположении крутопадающего угольного пласта в экскаваторном блоке параллельно откосу уступа с падением, противоположным откосу уступа, обработка породугольного блока ведется следующим образом (рис. 4.10).

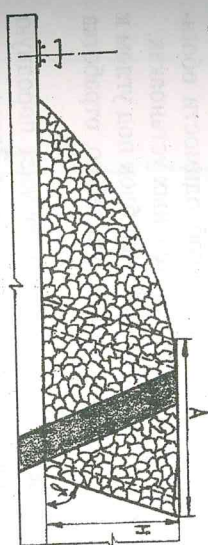
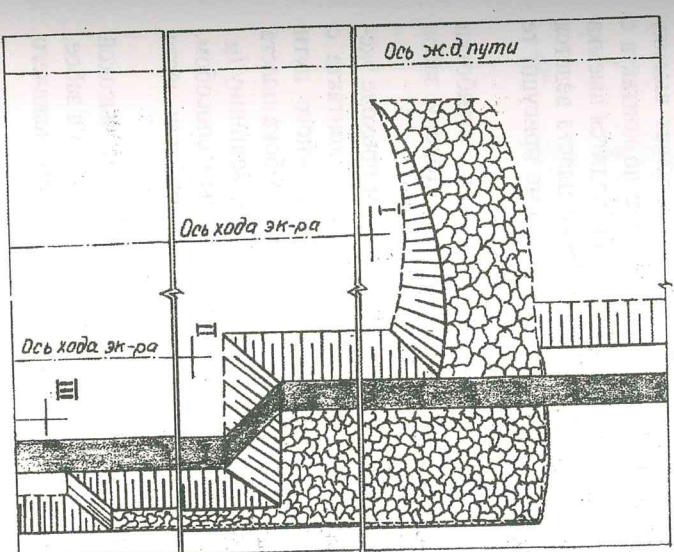


Рис. 4.10. Технологическая схема разработки угольного пласта с использованием железнодорожного транспорта

Рис. 4.9. Технологическая схема обработки свиты пластов

4.2.2. Технологические схемы обработки породугольных блоков при применении железнодорожного транспорта

Использование железнодорожного транспорта ограничивает возможности селективного способа извлечения угля вследствие низкой мобильности технических средств выемки, связанных жестко с расположением железнодорожных путей.



После буровзрывного способа рыхления пород экскаваторного блока производится настилка железнодорожного пути и экскаватор осуществляет первым проходом выемку породы развала до внешнего контура угольного пласта.

Затем переукладывается железнодорожный путь к оставшейся части развала и экскаватор вторым проходом осуществляет валовую выемку угольного пласта, третьим проходом вынимает оставшуюся породную часть заходки.

Достоинством схемы является упрощенность технологии обработки породугольного блока и, следовательно, незначительное снижение производительности экскаватора относительно однородного забоя.

Основным недостатком схемы является невозможность осуществления селективной выемки угля, что приводит к необходимости обогащения разубоженного угля на специальных обогатительных установках.

При подавании угольного пласта в экскаваторный блок под углом к фронту работ с падением в сторону, противоположную забою, обработка блока ведется в следующем порядке (рис. 4.11).

Первоначально экскаватор первым проходом отгружает породную часть приращения развала до контакта с угольным пластом. Затем после переукладки железнодорожного пути экскаватор осуществляет выемку породной части развала со стороны лежащего бока пласта до контакта с угольным пластом в верхней его части. После чего производится выемка угольного пласта валовым способом. По мере обработки пласта ведется выемка оставшейся породной части заходки. Данной схеме присущи те же достоинства и недостатки, что и предыдущей схеме.

Разновидностью рассмотренной схемы является схема обработки экскаваторного блока при падении угольного пласта в сторону забоя (рис. 4.12).

В этом случае, как и в предыдущей схеме, при первом проходе экскаватор вынимает приращение породной части развала до контакта с угольным пластом. Затем после переукладки железнодорожного пути и осуществляет селективную выемку породы со стороны висящего бока пласта. Оставшаяся часть угольного пласта обрабатывается валовым способом. Основным достоинством схемы является возможность обработки части угольного пласта селективным способом.

Недостатки: валовая выемка в тупиковой части пласта с высокой степенью разубоживания, дополнительные маневровые операции в забое, связанные с зачисткой пласта и уборкой породы со стороны его лежащего бока.

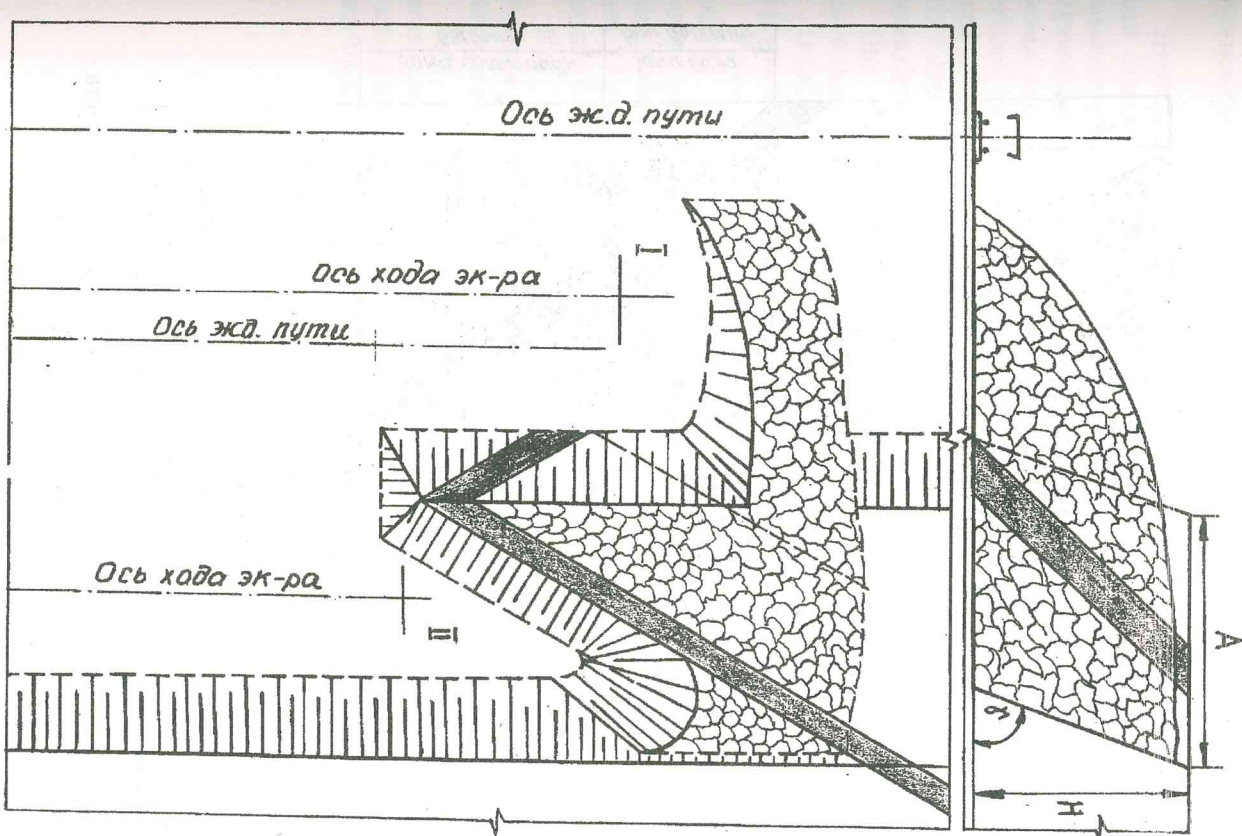


Рис. 4.11. Технологическая схема попутной обработки пласта, падающего в противоположную сторону от забоя

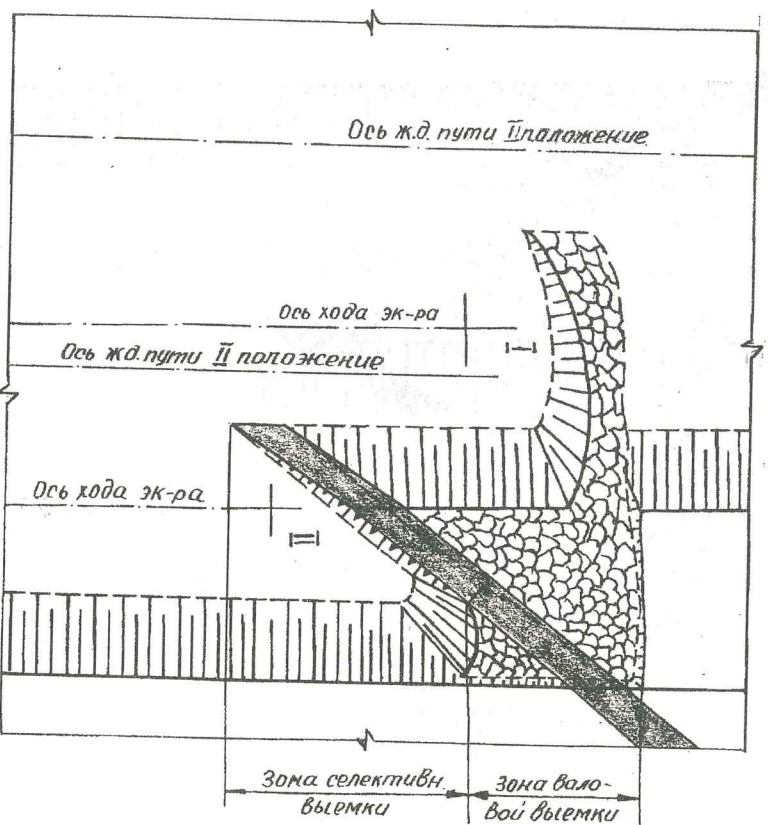
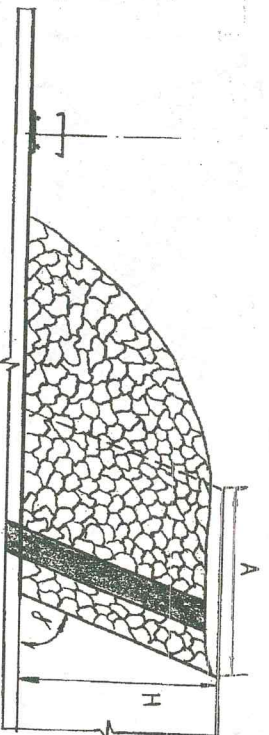


Рис. 4.12. Технологическая схема отработки пласта, падающего в сторону забоя

4.2.3. Технологические схемы отработки породугольных блоков с применением гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата»

Необходимость создания карьерных гидравлических экскаваторов в нашей стране была вызвана в основном сложными гидравлическими условиями угольных месторождений Кузбасса. Использование широко распространенных карьерных канатных механических лопат в этих условиях связано с большими трудностями извлечения угля. Применение обратных механических лопат позволяет извлекать уголь из сложных взорванных породугольных блоков селективным способом без существенного снижения производительности экскаватора. При этом упрощаются технологические схемы отработки блока.

При отработке крутопадающих угольных пластов характерными технологическими схемами являются следующие варианты.

Отработка блоков, включающих угольные пласты, расположенные под углом к откосу уступа, ведется следующим образом (рис. 4.13).

Экскаватор устанавливается на массив и осуществляет выемку породной части блока со стороны висячего бока угольного пласта. Вторым действием является зачистка и выемка угольного пласта с расположением экскаватора на развале пород со стороны висячего бока пласта. После извлечения угля экскаватором вынимается оставшаяся породная часть блока.

При падении пласта в противоположную сторону схема принципиально остается такой же. Только меняется направление отработки относительно контуров взорванного блока.

При падении угольного пласта в экскаваторный блок параллельно откосу уступа с падением, несогласным откосу (наиболее неблагоприятные условия для отработки обычными экскаваторами), схема отработки блока выглядит следующим образом (рис. 4.14).

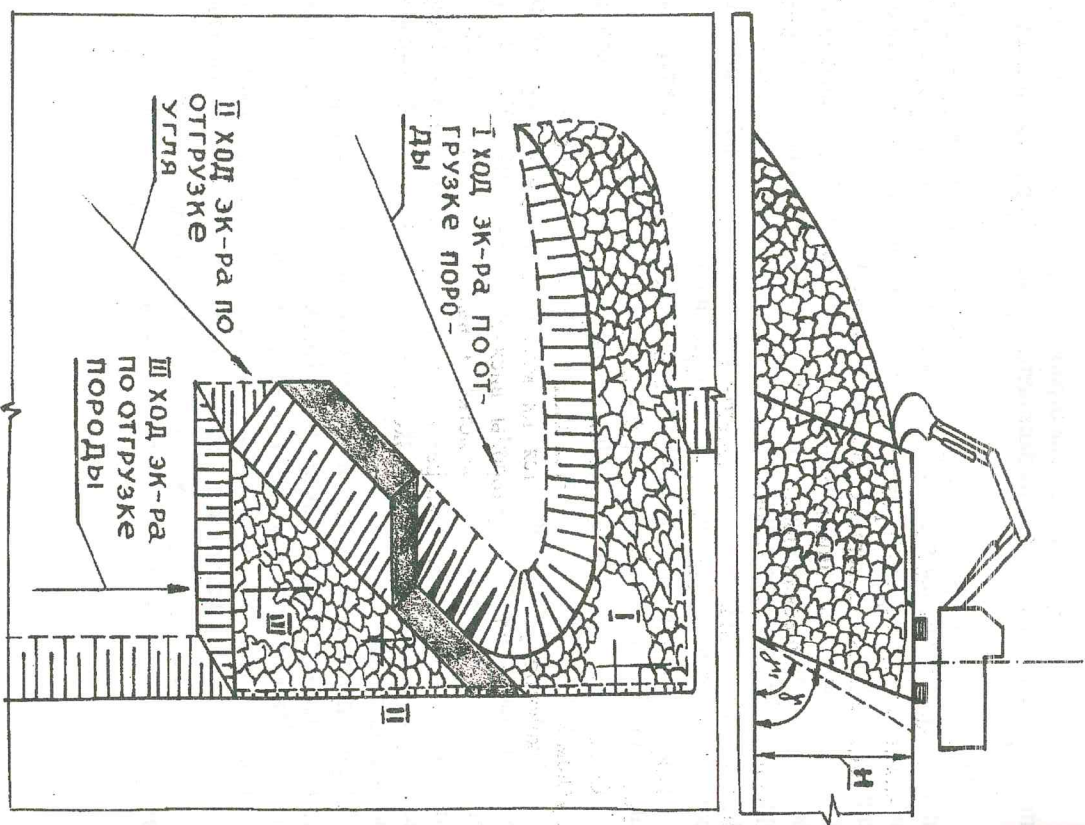


Рис. 4.13. Технологическая схема отработки пласта, расположенного под углом к откосу уступа

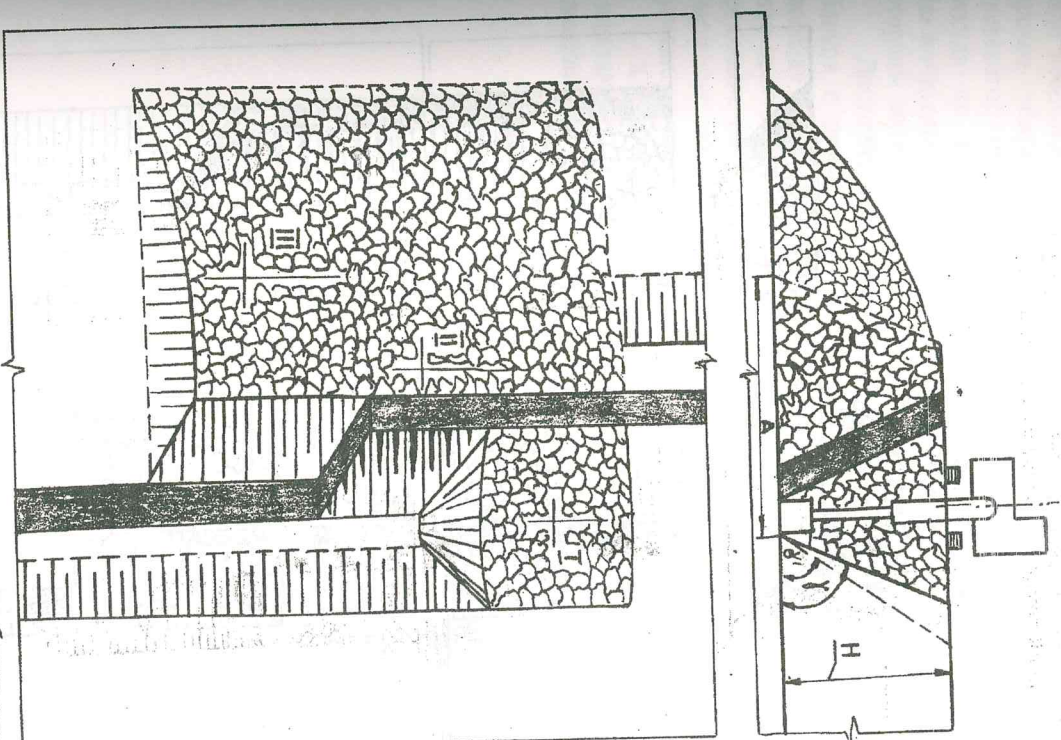


Рис. 4.14. Технологическая схема отработки пласта, падающего в противоположную сторону от откоса уступа

Экскаватор, двигаясь по развалу, осуществляет выемку породы со стороны висячего бока пласта по его простиранию. Затем экскаватор устанавливается со стороны лежащего бока пласта и производит его зачистку и выемку. Заключительным этапом является выемка оставшейся породной части блока со стороны лежащего бока пласта.

Отработка угольных пластов наклонного падения может осуществляться по следующей технологической схеме (рис. 4.15).

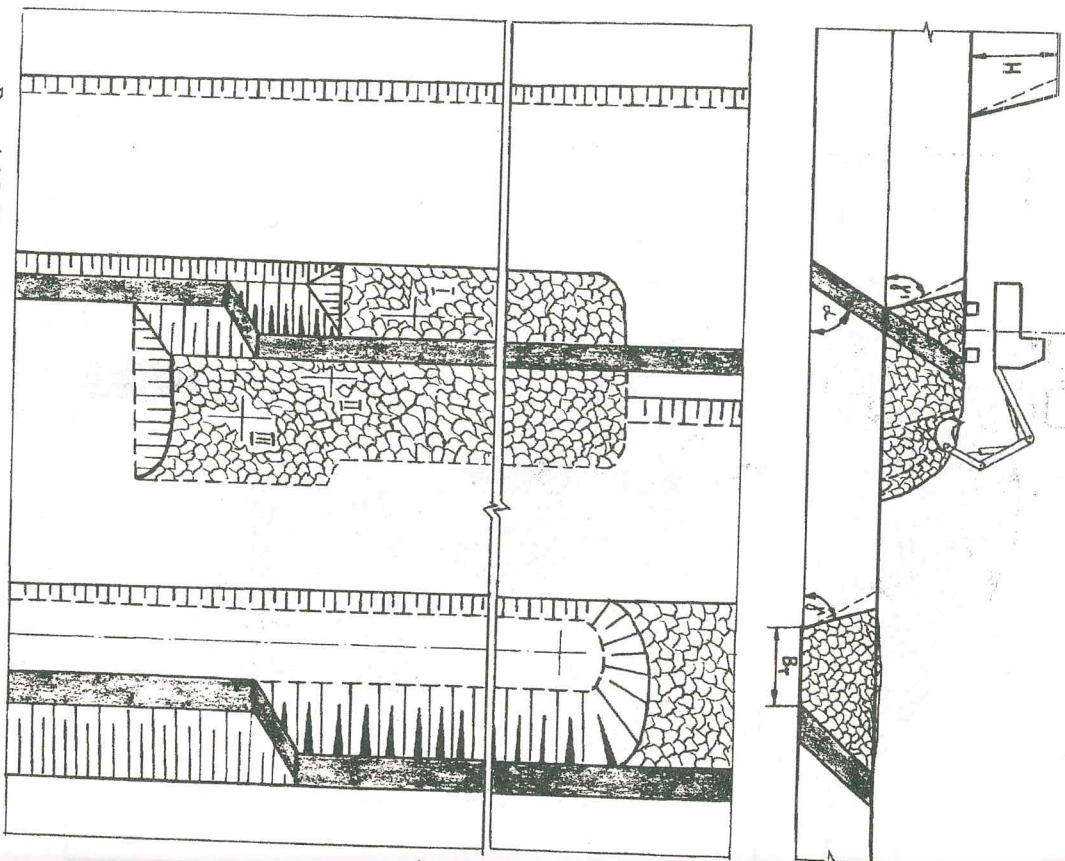


Рис. 4.15. Технологическая схема полутной отработки пластов гидравлическим экскаватором

Вначале экскаватор типа «обратная лопата» или обычная «прямая лопата» осуществляет проведение разрезной траншеи и выемку основного пласта, а затем экскаватор «обратная лопата» устанавливается на раз-

вале взорванного породугольного блока и первоначально за первый проход убирает породу со стороны висящего бока пласта. Затем экскаватор перегоняется на развал со стороны лежащего бока пласта, откуда он и осуществляет зачатку и выемку угольного пласта. Заклочительной стадией является выемка оставшейся части породы со стороны лежащего бока пласта.

Достоинствами рассмотренных схем отработки породугольных блоков с применением гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» являются: возможность селективной выемки угольных пластов при всех возможных вариантах их попадания в экскаваторную заходку; снижение потерь и разубоживания угля вследствие гибкой траектории черпания, обеспечивающей почти полное ее совпадение с плоскостью угольного пласта.

К недостаткам относятся расположение транспортных средств и экскаватора на взорванном массиве, а также сложность применения железнодорожного транспорта.