Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIX, вып. 1, 1964 г.

ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОЙ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНЫХ ЖИЛЬНЫХ ФОРМ

А. И. Шаблыгин, В. Г. Елисеев, Э. И. Богуславский

Правильный выбор системы подземной разработки и ее основных конструктивных элементов особенно важен для предприятий, разрабатывающих сложные жильные формы. На таких предприятиях производственный процесс обычно завершается получением концентратов, поэтому эффективная система разработки должна обеспечить минимальную стоимость конечной продукции. В связи с этим выбор системы разработки включает следующие этапы: отбор эффективных систем разработки по горнотехническим и технико-экономическим факторам; сравнительную экономическую оценку отобранных систем разработки; промышленные исследования отобранных систем разработки и уточнение их основных конструктивных элементов; технико-экономический анализ систем и рекомендация наиболее эффективных вариантов.

В данной статье освещаются результаты промышленных и лабораторных исследований по изысканию эффективных систем разработки применительно к сложным горногеологическим условиям Иультинского рудника.

Горногеологические особенности месторождения. Иультинское месторождение представлено свитой сложносетчатых и параллельно сближенных жил, различных по мощности, углу падения и условиям залегания.

Рудное поле месторождения сложено метаморфизованными осадочными породами. Кварцевые жилы мощностью от 0,2 до 3 *м* с углом падения 20—90° приурочены к тектоническим трещинам и характерны сложной морфологией.

Руды и вмещающие породы достаточно устойчивы и обладают крепостью от 12 до 16 по шкале М. М. Протодьяконова. Оруденение в жилах гнездово-вкрапленного типа. Вмещающие породы представлены ороговикованными мелкозернистыми песчаниками и песчаноглинистыми сланцами. Контакты жил и вмещающих пород четкие с небольшой слюдяной оторочкой. Отбитая руда легко дробится и не слеживается.

Многообразие и сложность условий залегания жил затрудняют выбор рациональной системы разработки. Круто падающие и наклонные жилы месторождения можно условно разделить на простые, к которым относятся все отдельно залегающие жилы, и сложные, среди которых можно выделить: жилы, ветвящиеся по восстанию (падению) и простиранию; пересекающиеся жилы; рудные зоны, т. е. участки сложносетчатых и сближенных жил.

Классификация жильных форм по характеру сложности и системам, возможным для разработки рудных тел, приведена в таблице.

Схема вскрытия и транспорт руды. Иультинское месторождение по условиям рельефа вскрыто штольнями. Горизонты штолен соединены между собой двумя слепыми стволами. Высота этажа 45 *м*. Схема вскрытия и пункты разгрузки руды показаны на рис. 1. Так как руда легко дробится, то в рудоспусках значительной протяженности часть содержащихся в руде полезных минералов переизмельчается, что существенно увеличивает потери металлов в шламах и снижает эффективность существующего способа обогащения руды.

Возможность отработки сложносетчатых жил системами с массовой отбойкой руды. Большие потери руды при отработке сложносетчатых

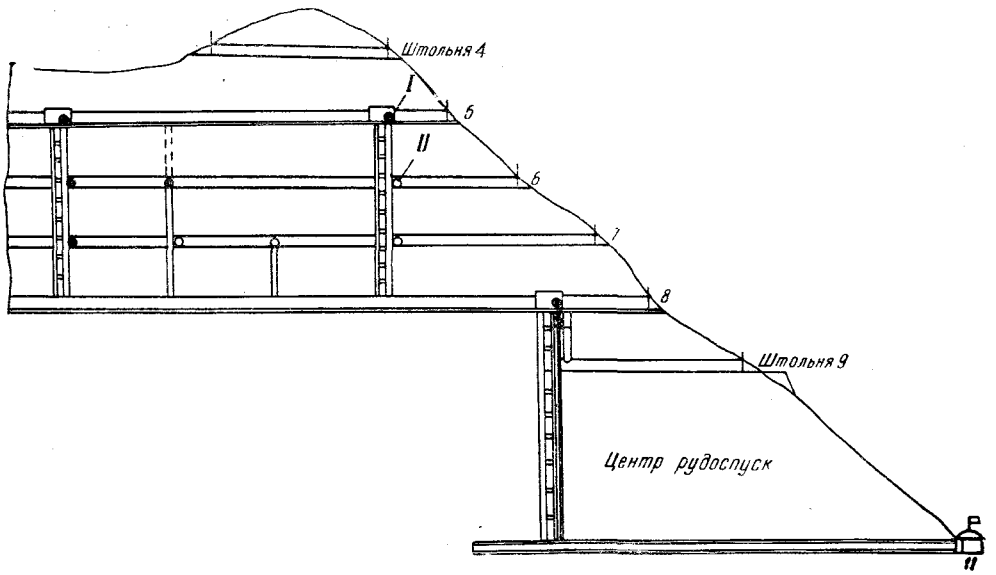


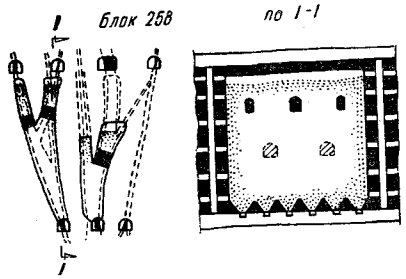
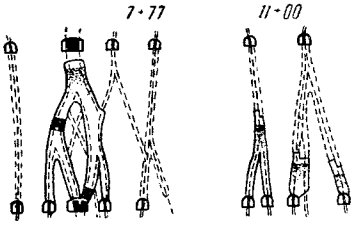
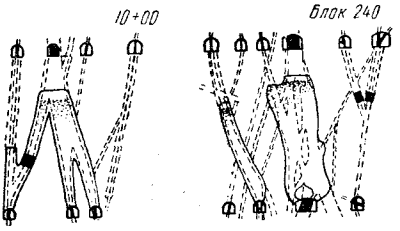
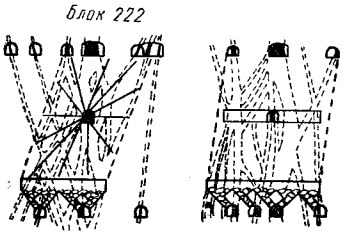
Рис. 1. Схема вскрытия и транспортировки руды. *I* — существующие места разгрузки руды; *II* — строящиеся.

жил обычными системами с магазинированием требуют изыскания эффективного способа валовой отработки рудных зон. Однако широкому применению систем с массовой отбойкой препятствуют возрастающие (вместе с разубоживанием) непроизводительные затраты на транспорт и переработку рудной массы, а также снижение извлечения полезных компонентов в концентрат.

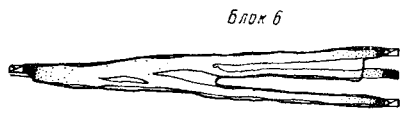
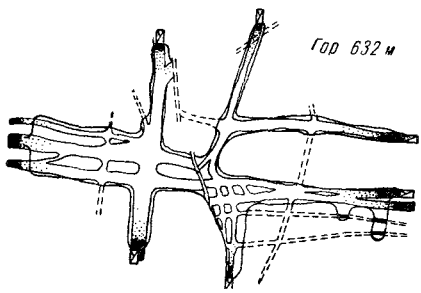
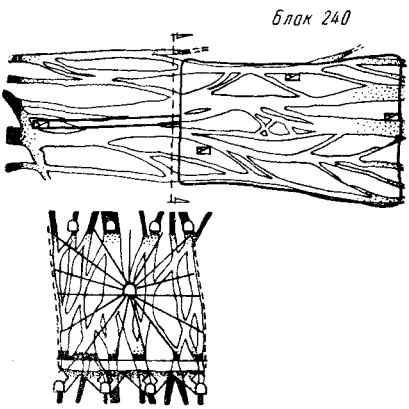
Поэтому вопрос о валовой отработке некоторых участков на руднике должен решаться совместно с выбором эффективного способа первичного обогащения или сортировки руды непосредственно в подземных выработках, например, путем механического рассева руды на производительных валковых грохотах с отсевом фракций, не содержащих полезных компонентов.

Исследования, связанные с организацией рассева руд, которые проводят на руднике институт ВНИИ-1, а также сотрудники Иультинского комбината, необходимо продолжить. При положительных результатах пуск промышленной установки позволит повторно включить в отработку ряд блоков и улучшить технико-экономические показатели работы обогатительной фабрики.

Изучение причин переизмельчения руды в процессе ее транспортировки на обогатительную фабрику, проведенное отделом технического контроля и исследовательской группой фабрики, позволило выявить следующее: в рудоспусках переизмельчается не только руда, но и порода,

Горно-геологическая характеристика участка месторождения	Основная система разработки	Переходная система разработки	Узел перехода	Схема перехода от основной системы разработки
Жилы, ветвящиеся по восстанию и падению				
Жилы, ветвящиеся по восстанию	С магазинированием руды по одной жиле	С магазинированием руды по каждой жиле	С оставлением целиков	
Жилы, ветвящиеся по падению	С магазинированием руды по каждой жиле	С магазинированием руды по одной жиле	С оставлением целиков	
	С раздельной выемкой по каждой жиле	С раздельной выемкой по одной жиле		
Жилы сближенные параллельные с ответвлениями и пересечениями	С магазинированием руды по каждой жиле	С магазинированием руды при совместной отработке жил	Без оставления целиков С оставлением целиков	
Рудные зоны	С отбойкой из подэтажных выработок	Без переходной системы	С оставлением целиков	
	Подэтажное обрушение с одностадийной выемкой	Без переходной системы	Без оставления целиков	
	Этажное обрушение с одностадийной выемкой	Без переходной системы	Без оставления целиков	

ных жил Ультинского месторождения

Горногеологическая характеристика участка месторождения	Основная система разработки	Переходная система разработки	Узел перехода	Схема перехода от основной системы разработки
Жилы, ветвящиеся по простиранию				
Жилы, ветвящиеся по простиранию	С магазинированием руды	С магазинированием руды С раздельной выемкой С отбойкой из подэтажных выработок	С целиком и без целиков	
Жилы сближенные параллельные с ответвлениями и пересечениями	С магазинированием руды	С магазинированием руды С раздельной выемкой С отбойкой из подэтажных выработок	С целиком и без целиков	
Жилы сближенные, пересекаемые наклонными жилами	С магазинированием руды	С магазинированием руды С раздельной выемкой	С целиком и без целиков	
Жилы сближенные параллельные с ответвлениями и пересечениями, образующие рудные зоны	Система с отбойкой из подэтажных выработок Подэтажное и этажное обрушение с одностадийной выемкой	Без переходной системы Без переходной системы	С целиком и без целиков	

Жилы, ветвящиеся по простиранию

что затрудняет сортировку на обогатительной фабрике; наибольшее переизмельчение происходит в центральном рудоспуске (рис. 1) высотой 188 *м*; на обогатительной фабрике технически возможна сортировка пустой породы класса +50 *мм*.

Специально оборудованный сортировочный узел позволяет отсеивать из руды, поступающей на обогатительную фабрику, до 8% пустых пород от общего объема руды. Отсев пустых пород может быть увеличен, если его организовать до перепуска руды по рудоспускам. Отсев крупных фракций должен уменьшить и переизмельчение руды в рудоспусках, так как крупные куски породы фактически играют роль шаров в шаровой мельнице.

Исходя из положительных результатов работы сортировочного узла на обогатительной фабрике, было решено оборудовать подземный сортировочный узел по рассеву руды в районе центрального рудоспуска. Для уточнения класса пустых пород, подлежащих отсеву, необходимо продолжить исследования по рассеву руды и проверить: крупность кусков породы в руде, поступающей в рудоспуск и выпускаемой из него; объем пустых пород, подлежащих отсеву; влияние параметров буровзрывных работ на кусковатость руды при системах разработки с магазинированием руды и с массовой отбойкой.

С целью испытания и внедрения на руднике производительных систем Иультинским комбинатом составлен проект отработки блока 240 системой с массовой отбойкой руды из подэтажных выработок. Закончить опытные работы и отработать блок полностью запроектированной системой не удалось из-за отсутствия необходимого бурового оборудования и значительного разубоживания руды. В дальнейшем необходимо провести промышленные испытания систем с массовой отбойкой руды для разработки сложносетчатых жил, образующих рудные зоны. Для отработки рудных зон можно рекомендовать либо одностадийную выемку с массовой отбойкой руды глубокими скважинами и рассевом всей отбитой руды, либо двустадийную выемку, при которой вначале отрабатываются богатые жилы системами с магазинированием руды, а затем отбиваются глубокими скважинами оруденелые междужильные целики и вмещающие породы с последующим рассевом.

В связи с большими запасами руды в жилах, ветвящихся по восстанию, были проведены лабораторные исследования на моделях закономерностей выпуска руды. При этом намечалось изучить: а) характер и особенности движения руды по основной жиле и апофизе при выпуске всей руды на этажный штрек; б) влияние мощности и угла падения основной жилы и апофизы на истечение руды; в) влияние на движение руды целиков, оставляемых для поддержания породного «треугольника».

Первая серия опытов, проведенных на моделях в масштабе 1 : 50, позволяет сделать лишь предварительные выводы, сущность которых сводится к следующему: 1) при отработке сложноветвящихся жил по восстанию совместный выпуск руды не обеспечивает равномерного опускания поверхности отбитой руды, что требует скреперной доставки при частичном и окончательном выпуске; 2) при расстоянии между воронками 5—6 *м* и высоте этажа 45 *м* наблюдается обособленный выпуск, и необходимо периодическое подравнивание поверхности магазинированной руды.

Варианты отработки узлов пересечения круто падающих и наклонных жил. Отработка узлов пересечения круто падающих и наклонных жил особенно сложна из-за трудности поддержания вмещающих пород, подработанных с двух или даже трех сторон.

При конструировании возможных вариантов отработки (рис. 2) в качестве основной была принята система с магазинированием руды. В тех случаях, когда при частичном или полном выпуске руда не идет через люки, надо прибегать к скреперованию. В процессе очистной выемки необходимо тщательно следить за поведением вмещающих пород.

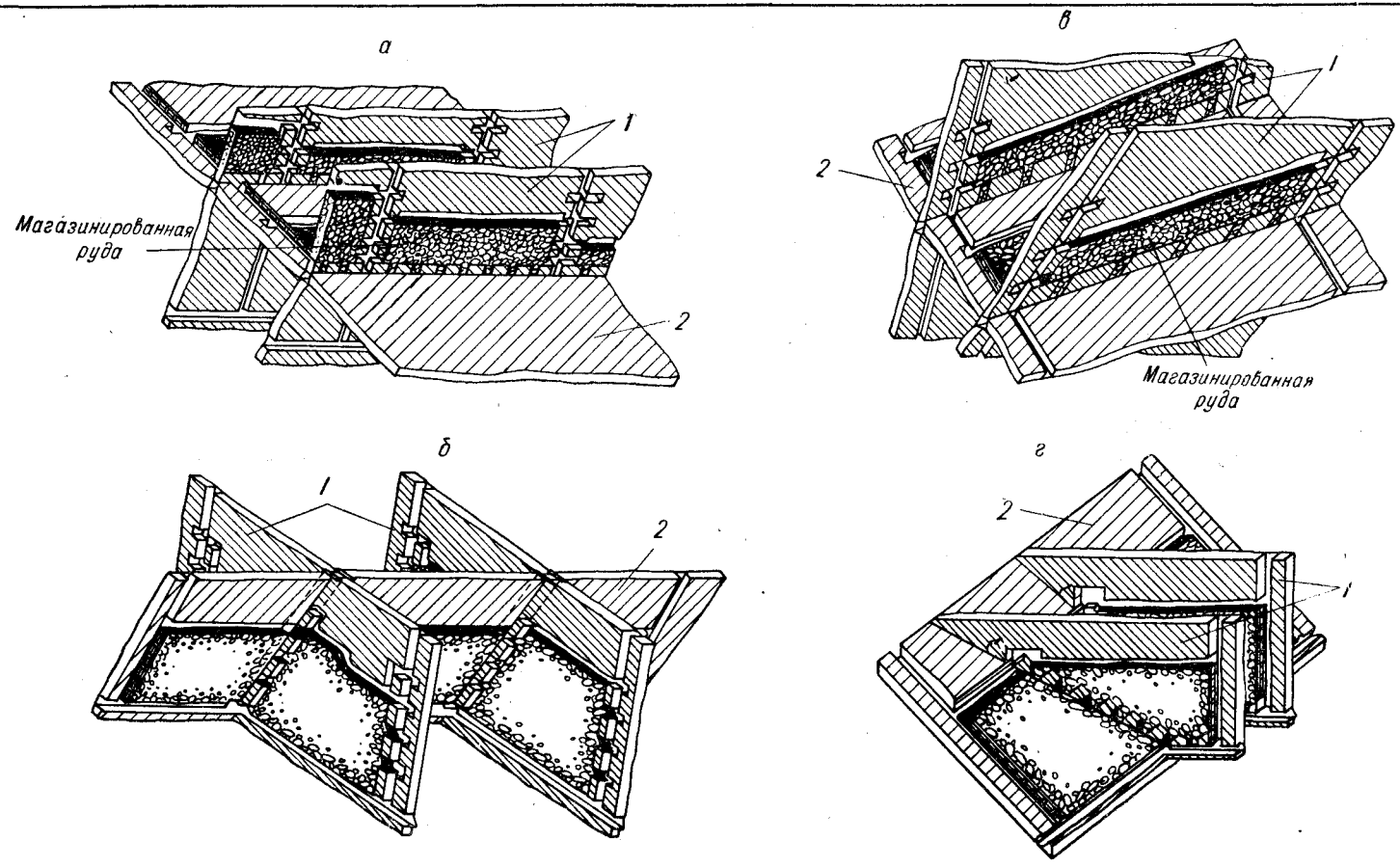


Рис. 2. Варианты отработки пересекающихся круто падающих (*1*) и наклонных (*2*) жил. *а* — пересечение крутопадающих и наклонной жил по простиранию; *б* — то же, по восстанию; *в* — то же, по простиранию и восстанию; *г* — сопряжение крутопадающих и наклонной жил.

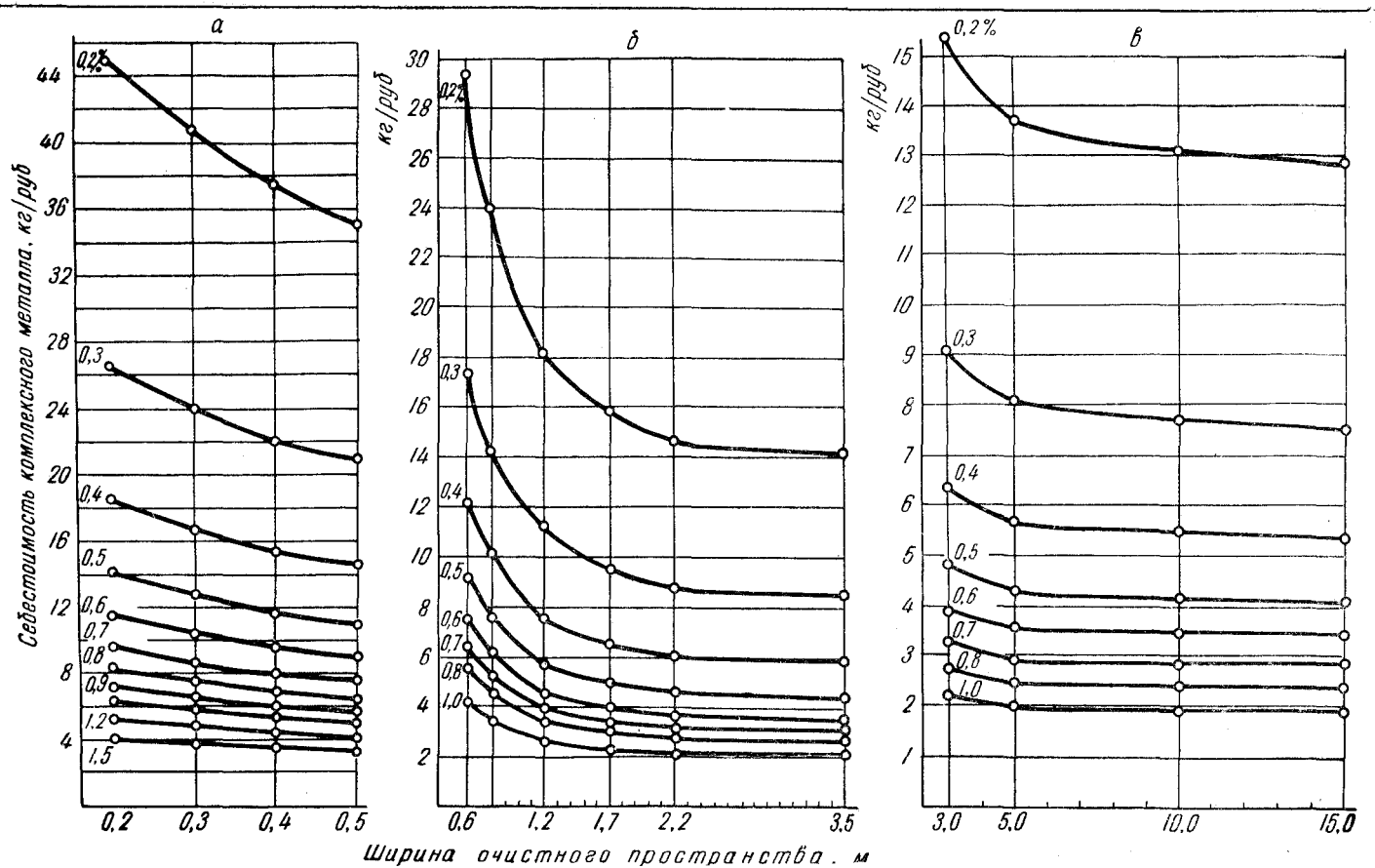


Рис. 3. Графики для определения способа отработки параллельно сближенных жил. *а* — раздельной выемкой; *б* — магазинированием; *в* — подэтажными штреками с глубокими скважинами.

Выбор способа отработки параллельно сближенных жил. Параллельно сближенные жилы в зависимости от условий залегания могут отрабатываться как раздельно, так и совместно. В условиях Иультинского рудника эти жилы — разной мощности — отделены одна от другой породными прослоями мощностью от десятка сантиметров до 10 *м* и более. В этих условиях предлагается в зависимости от горногеологических особенностей залегания жил определять несколько возможных вариантов как раздельной, так и совместной их разработки. После технико-экономического анализа с помощью графиков (рис. 3) выбирается оптимальный вариант, которым считается вариант с наименьшей себестоимостью 1 *кг* металла в концентрате.

Средняя себестоимость 1 *кг* металла в концентрате по каждому из вариантов определяется по формуле

$$C_{ср} = \frac{C_1P_1 + C_2P_2 + \ldots + C_nP_n}{P_1 + P_2 + \ldots + P_n} \text{ руб/кг},$$

где $C_1, C_2, \ldots, C_n$ — ожидаемая себестоимость 1 *кг* комплексного металла в концентрате по каждой жиле или группе жил, руб.;

$P_1, P_2, \ldots, P_n$ — ожидаемый выход комплексного металла с 1 $м^2$ площади жилы с учетом эксплуатационных потерь и коэффициента извлечения при обогащении, *кг*.

Ожидаемый выход комплексного металла

$$P = V \gamma kW \text{ кг/м}^2,$$

где V — выход руды с 1 $м^2$ площади жилы, $м^3$;

γ — объемный вес руды, $т/м^3$;

k — коэффициент извлечения, учитывающий количественные потери металла при добыче;

W — выход металла в концентрат из 1 *т* руды, *кг/т*.

Себестоимость 1 *кг* комплексного металла в концентрате C определяется по графикам (рис. 3), где представлена зависимость себестоимости 1 *кг* комплексного металла в концентрате при различных системах разработки от ширины очистного пространства и содержания в руде полезных компонентов. Расчетные графики подлежат уточнению по мере совершенствования систем разработки и способа обогащения руды. Графики построены с учетом зависимости себестоимости конечной продукции от содержания полезных компонентов в руде извлечения и выхода комплексного металла в концентрат.

При технико-экономическом сравнении вариантов может встретиться необходимость определения ущерба от потерь руды. Из многих предложенных методик экономической оценки влияния этого фактора наиболее приемлемы для условий Иультинского рудника методики Д. Ф. Борисова [1] и К. Л. Пожарицкого [2].

Выводы

1. Для отработки отдельно залегающих круто падающих жил мощностью до 0,4—0,5 *м* в условиях Иультинского рудника наиболее эффективна система разработки с раздельной выемкой и закладкой выработанного пространства подрываемыми боковыми породами, а для жил мощностью свыше 0,5 *м* — система с магазинированием руды прямолинейным забоем и безлюковым выпуском.

2. При разработке весьма тонких и тонких наклонных жил мощностью от 0,2 до 0,7 *м* наиболее эффективна система с раздельной выемкой и закладкой выработанного пространства.

3. Для отработки участков сложных форм, оконтуренных в рудные зоны, целесообразно применять производительные системы разработки, например, с отбойкой из подэтажных выработок.

4. С целью снижения разубоживания при массовой отработке рудных зон следует рассеивать руду на производительных грохотных устройствах.

5. Сочетание наиболее производительных вариантов систем разработки и мероприятий по снижению трудоемкости основных производственных процессов позволит значительно улучшить основные технико-экономические показатели предприятий, разрабатывающих сложные жильные месторождения ценных руд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов Д. Ф. Методика экономической оценки потерь угля. Вопросы горного дела. Сб. статей, посвященный 70-летию со дня рождения профессора С. Д. Сонина. Госгортехиздат, 1962.

2. Пожарицкий К. Л. Основы оценки месторождений полезных ископаемых. Горный журнал, 1957, № 9.