Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по науке и инновациям
Открытое акционерное общество
"Восточный научно - исследовательский горнорудный институт"
(ОАО "ВостНИГРИ")

УКАЗАНИЯ
ПО ОХРАНЕ СООРУЖЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК НА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ОАО "ЕВРАЗРУДА"

Новокузнецк 2006

gost.e-ecolog.ru

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по науке и инновациям
Открытое акционерное общество
"Восточный научно - исследовательский горнорудный институт"
(ОАО "ВостНИГРИ")

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель Управления
по технологическому и
экологическому надзору
Ростехнадзора
по Кемеровской области
_____ В.И. Храмцов
"06" 10 2006 г.

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
ОАО "Евразруда"
_____ А.Ф. Мюнх
"__" 06 2006 г.

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель Управления
по технологическому и
экологическому надзору
Ростехнадзора по
Республике Хакасия РФ
_____ С.А. Барсуков
"16" 11 2006 г.

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
ОАО "ВостНИГРИ",
д-р техн. наук
_____ В.А. Квочин
"10" 01 2006 г.

УКАЗАНИЯ ПО ОХРАНЕ СООРУЖЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК НА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ОАО "ЕВРАЗРУДА"

Новокузнецк 2006

УДК 622.837: 699.8

Указания по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на железорудных месторождениях ОАО "Евразруда": ВостНИГРИ / Сост.: В.А. Квочин, Т.В. Лобанова, А.Ф. Клещёва, О.Л. Трофимова, Н.Н. Романова, А.Г. Шадрин, А.Ф. Мюнх, Г.В. Гольцов, В.Н. Никитин, В.А. Храмцов, А.В. Макущенко, И.Ф. Матвеев, В.И. Коняхин, С.В. Фефелов, В.Н. Филиппов, А.А. Кудряшов, В.А. Чиглинцев, А.П. Дроздов, В.И. Маликов, С.В. Скурятин; Под ред. В.А. Квочина. – Новокузнецк: СибГИУ, 2006. – 95 с.

Настоящие "Указания по охране сооружений..." являются нормативным документом для предприятий и организаций, осуществляющих проектирование, строительство и эксплуатацию предприятий на железорудных месторождениях ОАО "Евразруда", при решении вопросов охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок. Они содержат нормативные положения по определению границ зон и областей вредного влияния подземных горных разработок на поверхности и в массиве горных пород, меры охраны сооружений и объектов от подработки, указания по построению предохранительных целиков, допустимые и предельные деформации земной поверхности и горных пород для подрабатываемых объектов и горных выработок.

С введением в действие настоящих Указаний теряют силу "Указания по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на железорудных месторождениях ОАО "Сибруда" (Новокузнецк: ВостНИГРИ, 1991).

Печатается по решению научно-технического
совета ОАО "ВостНИГРИ".

Содержание

стр.

Введение 4

1 Общие положения 8

2 Построение границ вредного влияния подземных разработок 13

3 Формы проявления и продолжительность процесса сдвижения горных пород и земной поверхности 21

4 Меры охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок 25

5 Правила построения предохранительных целиков под сооружениями и объектами 35

Приложение А Примеры построения границ зон сдвижений и предохранительных целиков 43

Приложение Б Методика оценки устойчивости пород при отработке слепых рудных тел 61

Приложение В Допустимые и предельные деформации земной поверхности и горных пород для охраняемых объектов 89

Введение

Настоящие Указания составлены ОАО "ВостНИГРИ" на основании многолетних инструментальных наблюдений и исследований процессов сдвижения земной поверхности и горных пород, проводимых на Таштагольском, Горно-Шорском, Абаканском, Казском филиалах ОАО "Евразруда" с 1963 по 2005 годы и исследований, выполненных институтами "СФ ВНИМИ" и "ВИОГЕМ" в более ранние годы.

При разработке Указаний учтён опыт применения на предприятиях ОАО "Евразруда" "Временных правил охраны сооружений от вредного влияния подземных горных разработок на железорудных месторождениях Горной Шории" (Новокузнецк, 1974), "Временной инструкции по условиям безопасной отработки слепых рудных залежей на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии" (Новокузнецк, 1977), "Указаний по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на железорудных месторождениях НПО "Сибруда" (Новокузнецк, 1991).

В Указаниях нашли отражение общепринятые в настоящее время основные понятия и определения, относящиеся к вопросам сдвижения горных пород и земной поверхности и мерам охраны сооружений.

При составлении Указаний использован ряд положений и нормативов действующих Правил и Указаний в других горнопромышленных районах России, разработанных ВНИМИ, ИГД УрО РАН, УНИПРОмедь и др., подтвержденных опытом отработки месторождений ОАО "Евразруда".

Эксплуатируемые ОАО "Евразруда" железорудные месторождения Сибири относятся к контактово-метасоматическому типу. Рудные тела представлены в основном скарново-магнетитовыми рудами. Углы падения рудных тел преимущественно крутые (50 – 90°), реже встречаются наклонные (30 – 50°), пологопадающие ($\alpha < 30°$) рудные тела (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика железорудных месторождений

ОАО "Евразруда"

Месторождение, участок	Угол падения рудных тел, α, град.	Глубина разработки $H_р$ или залегния, $H_з$, м	Крепость пород по М.М. Протодьяконову, f	Мощность рудных тел, m, м	Форма рудных тел
Абаканское месторождение	75 – 85	$H_р > 600$	5 – 12	4 – 130	Пласто- и линзообразные рудные тела
Шерегешевское месторождение					Сложные линзообразные и пластообразные рудные тела с апофизами
Уч. Главный	50 – 60	$H_р > 400$	12 – 18	2 – 100	
Уч. Болотный	55 – 60	$H_р \geq 400$	8 – 18	5 – 45	
Уч. Новый Шерегеш	25 – 90	$H_р \geq 400$	14 – 16	2 – 90	
Уч. Подрусловый	60 – 80	$H_р \geq 400$	8 – 18	10 – 80	
Уч. Новая Промплощадка	60 – 80	$H_з > 700$	8 – 16	до 45	
Таштагольское месторождение					Линзо- и столбообразные рудные тела
Уч. Восточный	70 – 90	$H_р =$ 600 – 900	5 – 18	45 – 120	
Уч. Западный	80 – 85	$H_з > 400$	10 – 16	5 – 25	
Уч. Юго-Восточный	80 – 85	$H_р > 500$	10 – 16	4 – 90	
Уч. Северо-Западный	70 – 90	$H_з > 600$	5 – 12	4 – 40	
Уч. Глубокий	75 – 85	$H_з > 1200$	12 – 20	8 – 180	
Месторождения с неизученным процессом сдвижения					Пласто- и линзообразные рудные тела
Казское	0 – 60	$H_р > 600$	6 – 18	4 – 130	
Тейское	50 – 85	$H_р > 300^*$	5 – 10	-	

Примечание – * – верхняя часть Тейского месторождения в настоящее время отрабатывается открытым способом.

Рудные тела имеют мощность от 5 до 100 и более метров и характеризуются глубиной распространения от 300 до 1500 м, размеры отдельных рудных тел и рудных зон по простиранию изменяются в широких пределах: от нескольких десятков метров до 1 – 2 км. Значительная часть разведанных запасов руды представлена слепыми рудными телами, перекрывающимися иногда мощной толщей налегающих пород.

На месторождениях слоистость вмещающих пород отсутствует или выражена недостаточно резко. Крепость пород по преимуществу высокая, характеризуемая коэффициентом крепости пород по М.М. Протодьяконову $f > 8$, однако встречаются отдельные разности (выветрелые породы, глинистые сланцы) с коэффициентом крепости ниже 5, известняки и мраморы имеют крепость 5 – 10, а основная масса метаморфических и магматических пород характеризуется коэффициентами крепости, близкими к 10 – 15. По степени трещиноватости породы могут быть отнесены к средне- и интенсивно-трещиноватым, определяемым средним размером структурного блока, соответственно, $\ell = 0{,}15 - 0{,}5$ м и $\ell < 0{,}15$ м.

В нетронутом массиве пород эксплуатируемых железорудных месторождений, тяготеющих к Алтае-Саянскому складчатому региону, действуют гравитационно-тектонические поля напряжений с высокими горизонтальными тектоническими составляющими, максимальная из которых ориентирована в северо-западном направлении и в 2,5 – 3,0 раза превышает вертикальную составляющую, определяемую весом пород. Указанные особенности месторождениий наряду с другими факторами оказывают влияние на развитие процессов сдвижения пород и их параметры, способствуют проявлению горного давления в динамической форме. Вопросы безопасной отработки месторождений ОАО "Евразруда" в условиях динамических форм горного давления подлежат решению на основе действующих нормативных документов: Инструкции по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства

подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам (М., 2000); Указаний по безопасному ведению горных работ на месторождениях Горной Шории, склонных и опасных по горным ударам (Новокузнецк, 2001), Указаний по безопасному ведению горных работ на Абаканском месторождении, склонном к горным ударам (Новокузнецк, 2002).

В ходе последующих наблюдений за сдвижением земной поверхности и горных пород на железорудных месторождениях ОАО "Евразруда" и накопления новых данных о закономерностях этих процессов в Указания могут вноситься изменения и дополнения, которые должны быть утверждены и согласованы в установленном порядке.

Отступление от норм настоящих Указаний допускается по согласованию с органами Ростехнадзора на основании заключения специализированной организации.

1 Общие положения

1.1 Подземная разработка рудных месторождений сопровождается образованием пустот в массиве горных пород, заполняемых обрушенными породами или искусственными материалами, по своему состоянию и свойствам существенно отличающимися от вынутого полезного ископаемого. Это приводит к изменению поля напряжений в массиве горных пород и нарушению существовавшего естественного равновесия, сопровождающегося при определенных условиях сдвижением и деформацией горных пород.

Процесс сдвижения, развиваясь в массиве горных пород, может привести к разрушению горных выработок, а достигая земной поверхности, – к деформированию её и появлению разрушительных деформаций в зданиях и сооружениях, а также к проникновению воды в выработки из подрабатываемых водных объектов.

1.2 Основными факторами, определяющими параметры процесса сдвижения массива горных пород и земной поверхности на железорудных месторождениях ОАО "Евразруда", являются:

а) физико-механические свойства пород (крепость) и структурные особенности массива (тектонические нарушения, строение пород, трещиноватость);

б) напряжённое состояние массива (наличие высоких горизонтальных тектонических напряжений сжатия);

в) форма и размеры выработанного пространства, глубина разработки, соотношение размеров выработанного пространства с глубиной разработки;

г) углы падения рудных тел и вмещающих пород;

д) система разработок (применение систем с обрушением или с закладкой выработанного пространства);

е) обводнённость вмещающих пород и наносов;

ж) рельеф местности.

1.3 В общем случае подземная разработка рудных тел сопровождается образованием на поверхности воронок, провалов, террас, трещин и проявлением плавных сдвижений.

При отработке слепых рудных тел на месторождениях региона сдвижение горных пород на земной поверхности проявляются в тех же формах, однако при определенном сочетании перечисленных выше факторов процесс сдвижения не распространяется до поверхности или вызывает на поверхности сдвижения, допустимые для зданий и сооружений. К слепым рудным телам следует относить рудные тела, не выходящие под наносы, и значительные части рудных тел, погруженные под массив пород.

1.4 Участок земной поверхности, подвергшийся сдвижению под влиянием подземных разработок, называется мульдой сдвижения. За границу мульды сдвижения принимается контур, построенный по крайним ее точкам, оседания которых равны 15 мм, или интервалам со значениями деформаций растяжения или наклонов, равными $0{,}5 \times 10^{-3}$ (0,5 мм/м) (при среднем интервале между реперами 15 – 20 м).

Эти значения деформаций земной поверхности приняты для определения граничных углов сдвижения по результатам инструментальных наблюдений.

1.5 В мульде сдвижения различают следующие зоны (рисунок 1, б):

I Зона обрушения – часть мульды сдвижения, где земная поверхность подвергалась сдвижению с образованием воронок, провалов, террас и крупных трещин. Границей обрушения считают контур террас и трещин со смещением краев от 25 см и более.

II Зона трещин – часть мульды сдвижения, где земная поверхность подвергалась сдвижению с разрывом сплошности и образованием трещин.

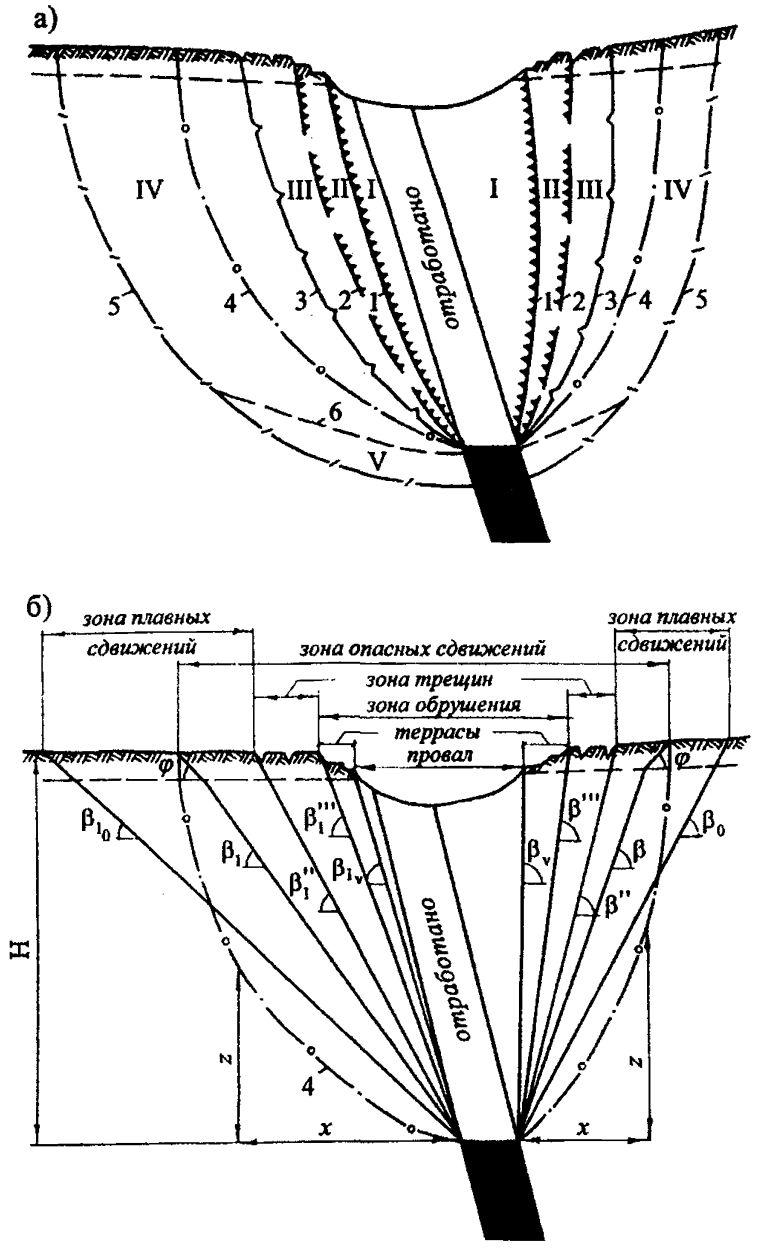


Рисунок 1 – Область влияния горных разработок при полном развитии процесса сдвижения: а) – принципиальная схема распределения областей сдвижения в массиве пород; б) – параметры, определяющие границы зон и областей вредного влияния горных работ на земной поверхности и в массиве пород

За внешнюю границу зоны трещин принимается контур крайних, хорошо различаемых трещин на земной поверхности.

III Зона плавных сдвижений – часть мульды сдвижения, заключенная между внешней границей зоны трещин и границей мульды сдвижения, в которой земная поверхность подвергалась сдвижениям без разрыва сплошности.

IV Зона опасных сдвижений – часть мульды сдвижения, в которой деформации земной поверхности достигают значений, опасных для зданий, сооружений и природных объектов. Границей зоны опасных сдвижений считается контур, построенный по крайним её точкам, в которых деформации земной поверхности равны критическим значениям, опасным для наиболее ответственных сооружений (I категории охраны).

1.6 За критические деформации для наиболее ответственных сооружений при среднем интервале между реперами 15 – 20 м в настоящее время приняты следующие величины деформаций земной поверхности:

растяжение – 2×10^{-3} (2 мм/м);

наклон – 4×10^{-3} (4 мм/м);

кривизна – $0{,}2 \times 10^{-3}$ 1/м (0,2 мм/м^2).

Эти значения деформаций земной поверхности приняты для определения значений углов сдвижения по результатам инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности.

1.7 В массиве пород указанным выше зонам мульды сдвижения соответствуют области сдвижения и обрушения пород, ограниченные в общем случае криволинейными поверхностями. При отработке рудных тел системами с обрушением на средних и больших глубинах ($H > 300$ м) в массиве пород образуются (рисунок 1, а);

I + II – область обрушения, где преимущественно наблюдается отрыв и обрушение блоков пород в выработанное пространство, в области II бес-

порядочное обрушение сменяется зоной крупных трещин и разломов. От остальной части массива области I и II отделяются криволинейными поверхностями 1 и 2. На земной поверхности области обрушения соответствует зона обрушения, в пределах которой образуются преимущественно террасы и воронки, объединяющиеся по мере их развития в провалы.

III – область трещин, ограниченная криволинейными поверхностями 2 и 3. На земной поверхности области трещин соответствует зона видимых трещин, граница которой определяется углами разрывов. В области трещин происходят расслоение, прогиб породных слоев и сдвиг породных блоков под влиянием гравитационной и тектонической составляющих напряжений.

IV – область плавных сдвижений, ограниченная криволинейными поверхностями 3 и 5, где сдвижение происходит за счет отпора при пригрузке боковых пород действующими тектоническими усилиями в процессе очистной выемки, разгрузки от напряжений, прогиба слоев и пластического течения пород. В части этой области, прилегающей к области трещин, могут возникать сдвиги пригруженных породных блоков по плоскостям ослабления, приводящие к появлению отдельных трещин в выработках. При ограниченных размерах отработки в этой области могут наблюдаться значительные деформации сжатия пород в направлении простирания рудной зоны, вызванные концентрацией горизонтальных тектонических напряжений вокруг зоны отработки.

В области плавных сдвижений выделяется область опасных сдвижений, ограниченная криволинейными поверхностями 3 и 4.

V – область опорного давления, ограниченная поверхностями 5 и 6, где происходит преимущественно сжатие рудного и породного массивов по направлению вкрест простирания рудной зоны.

2 Построение границ вредного влияния подземных разработок

2.1 Границы зоны опасных сдвижений на земной поверхности определяются относительно границ выработанного пространства углами с движения β, β_1, γ, δ в коренных породах и углами сдвижения в наносах и выветрелых породах – φ.

Углами сдвижения называются внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по простиранию и вкрест простирания рудных тел (в местах наибольших сдвижений) горизонтальными линиями и линиями, соединяющими границы выработанного пространства с границами зоны опасных сдвижений на контакте коренных пород с наносами.

Границы зоны трещин на земной поверхности определяются относительно границ выработанного пространства углами разрывов β'', β_1'', γ'', δ''.

Углами разрывов называют углы наклона линий, соединяющих внешние границы зоны трещин (п. 1.5) на земной поверхности с границами выработанного пространства.

Углами β и β'' определяются, соответственно, границы зоны опасных сдвижений и зоны трещин в висячем боку рудных тел от нижней границы выработанного пространства. Углами β_1 и β_1'' определяются границы зоны опасных сдвижений и зоны трещин в лежачем боку рудных тел от нижней границы выработанного пространства.

Углами γ и γ'' определяются границы зоны опасных сдвижений и зоны трещин в висячем боку рудных тел от верхней границы выработанного пространства при пологом залегании рудных тел.

Углами δ и δ'' определяются, соответственно, границы зоны опасных сдвижений и зоны трещин по простиранию рудных тел от нижней границы выработанного пространства.

Положение зон обрушения и провалов на земной поверхности определяется в главных сечениях мульды сдвижения, соответственно, углами обрушения β_1''' (γ'''), β''', δ''' и воронкообразования β_{1v} (γ_v), β_v, δ_v от соответствующих границ выработанного пространства.

2.2 Определение границ зоны опасных сдвижений земной поверхности производится следующим образом (пример А.1):

1) на план поверхности наносятся контуры отработанных на различных горизонтах или намечаемых к отработке рудных тел;

2) в направлениях вкрест простирания и по простиранию образованных пустот или подлежащих отработке участков рудных тел строят ряд вертикальных разрезов;

3) на разрезах от нижней границы или от наиболее выступающих точек контура выработанного пространства (если линии, проводимые от нижней границы его, пересекают вышележащие участки выработанного пространства) под соответствующими углами сдвижения в коренных породах, определяемыми по таблице 2, проводят линии до контакта коренных пород с наносами. От контакта коренных пород с наносами до пересечения с земной поверхностью проводят линии под углами сдвижения в наносах (п. 2.3) и получают на поверхности точки с критическими деформациями (п. 1.6), ограничивающие зону опасных сдвижений земной поверхности;

4) полученные точки переносят с разрезов на план земной поверхности и соединяют плавной кривой, обозначающей границу зоны опасных сдвижений.

Таблица 2 – Рекомендуемые угловые параметры сдвижения горных пород железорудных месторождений ОАО "Евразруда"

Участок, месторождение		Угловые параметры, град.														
		Висячий бок					Лежачий бок					По простиранию				
		β_0	β	β''	β'''	β_v	$\beta_{l_0}(\gamma_0)$	$\beta_l(\gamma)$	$\beta_l''(\gamma'')$	$\beta_l'''(\gamma''')$	β_{lv}	δ_0	δ	δ''	δ'''	δ_v
Абаканское месторождение																
для H < 600 м		-	60	60	-	-	-	55	60	-	-	-	65 – 50[x]	65	-	-
для H ≥ 600 м	в центре и на южном фланге	50	55	60	65	70	40	50	60	70	75	55	65	70	75	80
	на северном фланге	55	60	60	65	70	50	60	65	75	80	55	65	75	80	85
Шерегешевское месторождение																
Уч. Главный		65	75	80	80	85	55	65	70	75	80	-	65	70	-	-
Уч. Болотный		60	75	80	80	85	50	60	70	75	80	55	70	80	85	85
Уч. Новый Шерегеш		-	70	75	-	80	-	60	65	-	80	-	65 – 70[xx]	70 – 75[xx]	-	85
Уч. Подрусловый		-	70	75	-	80	-	60	65	-	80	-	70	75	-	85
Уч. Новая Промплощадка		-	70	75	-	80	-	60	65	-	80	-	70	75	-	85
Таштагольское месторождение																
Уч. Восточный	в центре	55	65	70	75	80	35	45	60	65	70	50 – 55[*]	60 – 70[*]	65 – 75[*]	70 – 80[*]	75 – 85[*]
	в торцах	65	65[*] – 75	70[*] – 80	75[*] – 85	80[*] – 90	45	55	65	70	75					
Уч. Западный, Юго-Восточный, Северо-Западный		-	65	65	-	80	-	55 – 60[**]	60 – 65[**]	-	80	-	65 – 70[*] 65[***]	70	-	85

Продолжение таблицы 2

Участок, месторождение	Угловые параметры, град.														
	Висячий бок					Лежачий бок					По простиранию				
	β_0	β	β''	β'''	β_v	$\beta_{l_0}(\gamma_0)$	$\beta_l(\gamma)$	$\beta_l''(\gamma'')$	$\beta_l'''(\gamma''')$	β_{lv}	δ_0	δ	δ''	δ'''	δ_v
Уч. Глубокий	-	65	70	-	80	-	65	70	-	80	-	70	75	-	85
Месторождения с неизученным процессом сдвижения															
Казское	-	65	70	-	75	-	65	70	-	75	-	70	80	-	80
Тейское	-	65	70	-	-	-	65	75	-	-	-	70	75	-	-

Примечания:

– в таблице углы сдвижения и разрывов для большинства участков месторождений приведены для систем разработки с обрушением; углы сдвижения и разрывов для Болотного участка Шерегешевского месторождения приведены для условий полной засыпки провала хвостами ДОФ;

^{x} – меньший угол сдвижения соответствует южному флангу Главной залежи;

^{xx} – меньшие углы сдвижения и разрывов соответствуют восточному торцу участка, бóльшие – западному;

* – угловые параметры сдвижения в северном торце участков "Восточный" и "Юго-Восточный";

** – меньшие углы сдвижения соответствуют центральным частям, бóльшие – торцевым;

*** – $\delta = 65°$ для участков "Западный" и "Северо-Западный";

– при наличии тектонических нарушений в массиве пород оценка размеров зоны опасных сдвижений на поверхности производится с учетом п. 2.5 "Указаний...".

Аналогичным образом, пользуясь углами разрывов, производят построение границ зоны трещин. Границы зон опасных сдвижений и трещин наносятся на план поверхности рудника.

2.3 Углы сдвижения в наносах и интенсивно выветрелых коренных породах принимают во всех направлениях одинаковыми. В сухих (необводнённых) наносах и выветрелых породах φ = 50°. В обводненных наносах и выветрелых породах величина угла сдвижения устанавливается на основе изучения состава грунтов и гидрогеологических условий и может достигать 30 – 35°. Углы разрывов, обрушения, а также граничные углы сдвижения в наносах и выветрелых породах принимаются равными соответствующим углам в коренных породах.

2.4 Численные значения углов сдвижения и разрывов для конкретных месторождений и участков определяются по таблице 2. Для условий разрабатываемых и подготавливаемых к отработке участков Абаканского, Таштагольского и Шерегешевского месторождений параметры сдвижения приведены на основании результатов обобщения инструментальных наблюдений и специальных исследований по оценке влияния условий залегания рудных тел, состояния и свойств вмещающих пород на величины углов сдвижения и разрывов.

Для месторождений, на которых не проводились инструментальные наблюдения, в таблице 2 значения углов сдвижения и разрывов для рудных тел с крутыми углами падения приняты по данным наблюдений на аналогичных железорудных месторождениях ОАО "Евразруда".

2.5 При пересечении рудного тела тектоническим нарушением большой протяженности, падающим в сторону выработанного пространства под углом более 30° и имеющим близкое к нему простирание, углы разрывов и сдвижения принимаются равными углу падения нарушения, но не более значений, указанных в таблице 2.

Наличие в подработанной толще пород разломов, других крупных тектонических нарушений и ослабленных контактов пород крутого падения и согласного с рудной зоной простирания вызывает возрастание сдвижений и деформаций массива за счет перераспределения горизонтальных тектонических напряжений и образования зоны опорного давления вокруг области выемки. В условиях, близких к полной подработке, в местах выхода на земную поверхность разломов и нарушений, соизмеримых по протяжённости с глубиной разработки, деформации могут превышать допустимые значения в зоне, ограниченной углами сдвижения, на 5 – 10° меньшими рекомендованных в таблице 2. Определение границ зон влияния подземных разработок в этих условиях следует производить с привлечением специализированных организаций.

2.6 Неполная подработка земной поверхности в лежачем и висячем боках на железорудных месторождениях ОАО "Евразруда", отрабатывающих рудные тела, выходящие на поверхность, как правило, наблюдается в случаях, когда глубина разработки превышает размер выработанного пространства по простиранию рудного тела, при наличии в этаже безрудных или рудных целиков, а также по профилям, проходящим в торцевых частях рудных тел на удалении от торцов менее 0,2Н (глубины разработки). В этих условиях сдвижение пород происходит под более крутыми углами сдвижения, чем при полной подработке, что для месторождений с изученным процессом сдвижения пород нашло отражение в таблице 2.

При отработке слепых рудных тел неполная подработка земной поверхности, помимо перечисленных выше случаев, обусловливается превышением глубины разработки над протяжённостью выработанного пространства по падению рудного тела. В связи с устойчивостью налегающих пород и неполной подработкой земной поверхности при отработке верхних горизонтов слепых рудных тел на месторождениях ОАО "Евразруда" фактические углы сдвижения до развития массового обрушения пород могут

существенно отличаться от приведенных в таблице 2. В указанных условиях допускается устанавливать значения углов сдвижения и разрывов с привлечением специализированных организаций.

2.7 Оценку устойчивости налегающих пород при разработке слепых рудных тел следует производить согласно положениям "Инструкции по условиям безопасной отработки слепых рудных залежей на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии" (Новокузнецк, 2006), приведенным в приложении Б.

2.8 Определение границ вредного влияния подземных разработок в массиве горных пород производится с учетом глубины разработки, строения вмещающих пород, назначения и важности расположенных здесь горных выработок и других объектов.

Для условий Абаканского и Таштагольского месторождений размеры области опасных сдвижений в массиве определяются уравнениями криволинейных поверхностей:

для лежачего бока Абаканского месторождения:

$$x = 1{,}143z - 0{,}528\frac{z^2}{H}\pi \,, \qquad (2.1)$$

для лежачего бока Таштагольского месторождения:

$$x = z + 0{,}145H\sin^2\left(\frac{z}{H}\pi\right), \qquad (2.2)$$

для висячего бока Таштагольского месторождения:

$$x = 0{,}47z + 0{,}1191H\sin^2\left(\frac{z}{H}\pi\right), \qquad (2.3)$$

где $\pi = 180°$.

Удаление границы области опасных сдвижений (4 на рисунке 1, б) от очистной выработки (x, м) зависит от глубины горных работ (Н, м), высоты горизонта подработки относительно низа очистной выработки (z, м). При этом для Абаканского месторождения по приведенному уравнению опре-

деляется граница области опасных сдвижений для подземных сооружений I категории охраны, соответствующую границу для сооружений II категории рекомендуется устанавливать по углам сдвижения, а для сооружений III категории – по углам разрывов.

В условиях Таштагольского месторождения для сооружений I, II, III категорий охраны границы областей опасных сдвижений рекомендуется определять по уравнениям криволинейных поверхностей и соответствующим значениям коэффициента "К", приведенным в таблице 4.

При определении границ опасных сдвижений в массиве на других рудниках ОАО "Евразруда" для подземных сооружений I и II категорий охраны следует пользоваться углами сдвижения, а для сооружений III категории охраны – углами разрывов.

3 Формы проявления и продолжительность процесса сдвижения горных пород и земной поверхности

3.1 Разнообразное сочетание перечисленных в п. 1.2 факторов в условиях железорудных месторождений ОАО "Евразруда" оказывает различное влияние на характер процесса сдвижения и формы его проявления в массиве пород и на земной поверхности.

При разработке выходящих под наносы крутопадающих рудных тел ($\alpha = 60 - 90°$) большой мощности ($m > 15$ м) и значительной протяженности по простиранию ($L \geq 0{,}7H$) процесс сдвижения на земной поверхности проявляется в следующих формах:

1) сдвижение земной поверхности со стороны висячего бока, представленного крепкими породами ($f > 8$), сопровождается образованием воронок, как правило, объединяющихся в провалы, террас и трещин. Зона плавных сдвижений при глубине разработки до 400 м имеет ограниченное распространение и характеризуется небольшими величинами сдвижений и деформаций, преимущественно не достигающими опасных значений. В весьма крепких породах ($f \geq 15$) при глубине разработки до 400 – 500 м может отсутствовать и зона трещин, в этом случае граница зоны опасных сдвижений со стороны висячего бока совпадает с границей обрушения. При больших глубинах разработки зона опасных плавных сдвижений достигает 100 и более метров с деформациями, в несколько раз превышающими критические;

2) сдвижение земной поверхности и пород лежачего бока при разработке залежей этого типа существенным образом зависит от крепости пород, строения массива пород и глубины разработки. В условиях весьма крепких вмещающих пород ($f \geq 15$) и небольших глубин ведения горных работ ($H \leq 200$ м) земная поверхность подвергается сдвижению с образованием провалов, террас и трещин. В остальных случаях, кроме перечис-

ленных форм, на земной поверхности образуется зона плавных сдвижений с деформациями, существенно превышающими критические значения. Величины горизонтальных и вертикальных деформаций земной поверхности в этой зоне при глубине разработки более 400 м могут достигать 10 – 15 мм/м;

3) сдвижение участков земной поверхности, примыкающих к торцам мощных залежей, сопровождается образованием зоны обрушения, террас, трещин и зоны опасных плавных сдвижений. С уменьшением крепости пород и увеличением глубины разработки при прочих равных условиях величина зоны плавных сдвижений увеличивается.

3.2 При разработке обособленных выходящих на земную поверхность крутопадающих рудных тел ограниченного простирания ($L < 0{,}5H$) в крепких вмещающих породах ($f > 8$) процесс сдвижения проявляется на земной поверхности в форме воронок, провалов, террас и трещин.

3.3 Разработка обособленных слепых рудных тел в зависимости от их размеров, глубины залегания, крепости и строения вмещающих пород может сопровождаться отсутствием опасных сдвижений на земной поверхности или проявлением всех известных форм сдвижения. Условия устойчивости налегающих пород определяются согласно п. 2.7.

3.4 Наличие в выработанном пространстве рудных и безрудных целиков сдерживает развитие процесса сдвижения вмещающих пород, способствует неравномерности деформаций на земной поверхности и приводит к увеличению углов сдвижения и разрывов.

3.5 Различные варианты систем разработок с обрушением руды и вмещающих пород, применяемые при средних и больших глубинах разработки, оказывают одинаковое влияние на величину углов сдвижения и разрывов и обусловливают наиболее полное развитие процесса сдвижения толщи пород и земной поверхности.

Применение систем разработки с обрушением и массовой отбойкой руды способствует интенсификации сдвижения земной поверхности в первые 5 – 7 суток после производства массового взрыва.

Применение систем разработки с полной закладкой выработанного пространства (особенно твердеющими материалами) способствует плавному развитию процесса сдвижения земной поверхности. При определённых горно-геологических условиях, свойствах твердеющих материалов и технологии закладочных работ процесс сдвижения горных пород может не проявиться на земной поверхности или его проявления не будут опасными для подрабатываемых объектов. Допустимые величины усадки закладки и степени заполнения выработанного пространства определяются расчётами, производимыми специализированными организациями.

3.6 Общая продолжительность процесса сдвижения земной поверхности зависит от интенсивности ведения очистных работ, глубины разработки, полноты выемки, формы и размеров выработанного пространства, крепости вмещающих пород. При образовании выработанного пространства сдвижение поверхности начинается в период производства массовых взрывов и активизируется через 3 – 6 месяцев после начала выпуска руды из обрушенных блоков.

В условиях полной подработки земной поверхности продолжительность затухания процесса ориентировочно может быть принята:

при глубине работ 100 – 200 м – 2 года;

200 – 500 м – 3 года;

более 500 м – 4 года.

За окончание процесса сдвижения земной поверхности принимается дата, после которой в течение одного года максимальное оседание поверхности не превышает 50 мм при четко выраженной тенденции к снижению скоростей оседания.

При наличии безрудных целиков и непогашенных пустот сдвижение земной поверхности может начаться или активизироваться по истечении длительного срока (до нескольких десятков лет), и общая продолжительность процесса сдвижения в этом случае не регламентируется. Вопросы строительства на таких участках решаются с привлечением специализированных организаций.

Этими соображениями следует руководствоваться при застройке подработанных площадей.

4 Меры охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок

4.1 Все технические и промышленные сооружения (наземные и подземные), искусственные и естественные водоемы (реки, пруды, балки с водотоками и т.д.), общественные и жилые здания и другие объекты, попадающие в зону опасного влияния горных разработок, подлежат охране от вредного влияния этих разработок.

4.2 Порядок оформления и утверждения мер охраны, предупреждения организаций, ответственных за сохранность и нормальную эксплуатацию подрабатываемых объектов, и т.д. устанавливается в соответствии с "Инструкцией о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок".

4.3 Разработанные и утверждённые меры охраны сооружений и объектов должны быть технически возможными, экономически целесообразными и обеспечивать:

а) безопасность жизни и здоровья работников и населения, находящихся в охраняемой зоне объекта;

б) безопасность ведения горных работ, строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей руды;

в) предотвращение прорывов воды, плывунов, глин, вредных газов в горные выработки и подземные сооружения;

г) извлечение запасов руды из недр с потерями, соответствующими принятой на предприятии системе разработки;

д) сохранность объекта, позволяющую эксплуатировать его по установленному назначению;

е) охрану месторождения от затопления, обводнения, пожаров и других отрицательных факторов, связанных с расположением объекта на под-

рабатываемой территории и снижающих промышленную ценность месторождения и осложняющих его разработку;

ж) сохранение в допустимых пределах гидрологического и гидротехнического режима водных объектов;

з) возможность создания безопасных условий при необходимости комбинированной разработки месторождений открытым и подземным способом.

4.4 Все здания, сооружения и природные объекты в зависимости от назначения, характера производственного процесса, чувствительности технического оборудования и строительных конструкций к деформациям земной поверхности, а также от народнохозяйственной их значимости разделяются на три категории охраны (таблица 3).

Таблица 3

Категория охраны	Охраняемые объекты
I	1 Сооружения подъемного комплекса шахт, служащих для подъема и спуска людей, выдачи руды и породы (стволы, копры, здания и камеры подъемных машин)
	2 Слепые шахты, служащие для спуска и подъема людей, камеры подъемных машин, выработки подземного дробильного комплекса
	3 Районные электроподстанции и электростанции
	4 Компрессорные станции с производительностью компрессоров более 100 $м^3$/мин
	5 Магистральные железные дороги Минтранса России
	6 Жилые и общественные здания (в 4 этажа и более)
	7 Промышленные цехи с крановым оборудованием грузоподъемностью свыше 15 т
	8 Дробильные и обогатительные фабрики
	9 Железнодорожные мосты с пролетом более 20 м
	10 Магистральные водопроводы и перекачные станции
II	1 Вспомогательные и вентиляционные стволы шахт, сооружения подъемного комплекса, здания вентиляторов

Продолжение таблицы 3

Категория охраны	Охраняемые объекты
	2 Околоствольные дворы, штольни, этажные откаточные квершлаги, склады ВВ, электродепо
	3 Рудничные механические мастерские
	4 Железные дороги и железнодорожные станции Минтранса России местного назначения
	5 Железнодорожные мосты с пролетом до 20 м
	6 Адмбыткомбинаты, жилые и общественные дома, 2-х и 3-х этажные
	7 Промышленные цехи с крановым оборудованием грузоподъемностью до 15 т
	8 Шахтные и заводские котельные
	9 Компрессорные станции с производительностью компрессоров до 100 м ^{3}/мин
	10 Открытые части понизительных подстанций и опоры высоковольтных линий (110 кВ и выше)
	11 Канализационные сети
	12 Русла больших рек, естественные и искусственные водоемы, которые невозможно отвести и спустить
III	1 Естественные и искусственные водотоки с ограниченным расходом воды
	2 Одноэтажные жилые и общественные дома
	3 Подъездные рудничные железнодорожные пути
	4 Водопроводы местного назначения, оборудованные компенсаторами
	5 Опоры линий электропередач и открытые части понизительных подстанций на 6 и 35 кВ
	6 Линии телеграфной и телефонной связи местного значения
	7 Шоссейные дороги
	8 Лесопильные цехи деревообделочных комбинатов
	9 Наземные трубопроводы (теплопроводы, водопроводы)
	10 Откаточные штреки и орты, нарезные выработки, рудные тела

4.5 Для охраны объектов от вредного влияния подземных разработок применяются следующие меры:

а) горные меры, уменьшающие деформации горных пород и земной поверхности (полная или частичная закладка выработанного пространства; неполная по мощности или площади выемка руды; применение специального порядка и последовательности отработки запасов под охраняемыми объектами; засыпка воронок обрушения и провалов; укрепление уступов, уменьшение углов откосов бортов и отвалов на карьерах и др.);

б) строительные (конструктивные) меры, уменьшающие вредное влияние процессов сдвижения земной поверхности при деформациях основания, превышающих критические значения (разделение зданий и сооружений на отсеки с помощью деформационных швов; проведение вдоль стен компенсационных траншей; усиление отдельных элементов несущих конструкций и связей между ними с помощью стальных тяжей, фундаментных и поэтажных железобетонных поясов, создания подпорных стенок; установка компенсаторов в подземных трубопроводах и другие меры, предусмотренные СНиП "Здания и сооружения на подрабатываемых территориях" и иными нормативными документами Госстроя РФ);

в) временное изменение характера эксплуатация охраняемого объекта на период опасных деформаций;

г) ремонтные и наладочные работы, выполняемые для приведения подрабатываемого объекта в состояние, удовлетворяющее требованиям его нормальной эксплуатации (выправление крена и подъём наиболее просевших частей зданий и сооружений, подсыпка и рихтовка железнодорожных путей, сгонка и разгонка стыков рельсов, перепуск проводов ЛЭП и др.);

д) перемещение сооружений или объектов на неподрабатываемые участки;

е) применение конструктивных и организационно-технических мер защиты водных объектов;

ж) охрана сооружений и объектов предохранительными целиками, допускаемая, как правило, для существующих объектов и в тех случаях,

когда по горно-геологическим и технико-экономическим условиям осуществление других мер охраны является невозможным или экономически нецелесообразным.

4.6 На каждом горном предприятии должна быть определена зона опасных сдвижений земной поверхности под влиянием горных разработок (п. 2.1). Границы зон опасных сдвижений, построенных от горизонтов горных работ, проектируемых к отработке в ближайшие годы, а также граница зоны опасных сдвижений от горизонта выклинивания рудных тел или нижней границы разведанных запасов категории C_2 (если выклинивание не установлено) наносятся на план поверхности.

Возможность эксплуатации сооружений и объектов в зоне опасных сдвижений определяется с учетом допустимых для них деформаций, установленных по результатам исследований ВНИМИ, ВостНИГРИ и других институтов и приведенных в приложении В.

4.7 В пределах зоны опасных сдвижений земной поверхности запрещается строительство промышленных сооружений, служебных и жилых зданий без специальных конструктивных мероприятий, определяемых в соответствии с требованиями СНиП "Здания и сооружения на подрабатываемых территориях" и иных нормативных документов Госстроя РФ.

При проектировании размещения сооружений на земной поверхности не следует располагать их в зоне влияния разломов и протяженных ослабленных контактов пород на участках поверхности, подверженных воздействию горных работ под углами сдвижения на 5 – 10° меньшими рекомендованных в таблице 2. При подработке действующих сооружений в аналогичных условиях следует ориентироваться на применение конструктивных мер защиты сооружений, обеспечивающих их нормальную эксплуатацию при деформациях, превышающих допустимые.

4.8 Зона, в которой возможно внезапное образование провалов и воронок, подлежит обязательному обозначению на местности.

Для построения на планах поверхности зона возможного внезапного образования провалов и воронок оконтуривается по точкам пересечения земной поверхности линиями, проведенными от нижних границ или характерных точек выработанного пространства под углами вооронкообразования согласно таблице 2.

4.9 Охрана сооружений оставлением предохранительных целиков применяется в случаях, когда другие меры охраны не могут гарантировать нормальную эксплуатацию охраняемого объекта или являются, по сравнению с оставлением целиков, экономически невыгодными.

4.10 Для поверхностных объектов I и II категорий охраны предохранительные целики рассчитываются по углам сдвижения, для объектов III категории – по углам разрывов.

Для охраны подземных объектов I и II категорий на всех месторождениях ОАО "Евразруда", за исключением Абаканского и Таштагольского, предохранительные целики рассчитываются также по углам сдвижения, а для подземных объектов III категории – по углам разрывов.

В условиях Абаканского и Таштагольского месторождений при построении целиков для охраны подземных сооружений рекомендуется пользоваться уравнениями криволинейных поверхностей областей опасных сдвижений, приведенных в п. 2.8. Величина x определяет в этом случае удаление границы предохранительного целика по горизонтали на уровне отрабатываемого горизонта от охраняемого контура выработки.

На Абаканском месторождении соответствующее выражение рекомендуется использовать при построении предохранительных целиков под сооружения I категории охраны, а охрану сооружений II и III категорий производить, соответственно, по углам сдвижения и разрывов.

На Таштагольском месторождении при построении целиков и охране выработок I, II и III категорий границы предохранительных целиков и областей опасных сдвижений следует определять по уравнениям криволи-

нейных поверхностей (п. 2.8) и соответствующим значениям коэффициента "К":

для лежачего бока: $x = Kz + 0{,}145H\sin^2\left(\frac{z}{H}\pi\right)$, (4.1)

для висячего бока: $x = Kz + 0{,}119H\sin^2\left(\frac{z}{H}\pi\right)$. (4.2)

Размещение и охрану подземных выработок с известными значениями допустимых и предельных деформаций крепи допускается производить по уравнениям криволинейных поверхностей с использованием значений коэффициента "К", устанавливаемых по таблице 4 в соответствии со значениями допустимых деформаций растяжения ε.

Таблица 4 – Значения коэффициентов "К" для висячего и лежачего боков Таштагольского месторождения

Область сдвижения пород	Параметр "К" при горизонтальных деформациях, ε, мм/м					
	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
В массиве лежачего бока	1,00	0,90	0,81	0,73	0,65	0,58
В массиве висячего бока	0,47	0,45	0,42	0,40	0,38	0,36

4.11 Полная закладка выработанного пространства исключает возможность образования провалов и способствует уменьшению ожидаемых величин сдвижений земной поверхности.

Для исключения опасных деформаций на земной поверхности величины усадки закладки, степени заполнения выработанного пространства закладкой, параметры рудных и искусственных целиков должны быть обоснованы расчетами, производимыми специализированными организациями.

Горные работы под охраняемыми объектами с применением закладки и других горных мер охраны могут производиться, если расчетные и фактические деформации земной поверхности не превышают допустимых

значений для данного объекта, устанавливаемых в соответствии с приложением В.

Допустимыми деформациями земной поверхности принято считать деформации, могущие вызвать повреждения в сооружениях, при которых для дальнейшей их эксплуатации по прямому назначению достаточно проведения текущих ремонтных и наладочных работ.

4.12 За пределами допустимых деформаций эксплуатация сооружений возможна лишь с применением конструктивных мер защиты. Границей применения конструктивных мер защиты подрабатываемых сооружений следует считать появление в районе сооружений предельных деформаций, определяемых для конкретных сооружений в соответствии с приложением В. Предельными деформациями земной поверхности принято считать такие деформации, превышение которых может вызвать аварийное состояние сооружений, повлечь угрозу опасности для жизни людей.

В условиях временной охраны сооружений (на период их переноса или доработки запасов участка) допускается частичное извлечение запасов предохранительных целиков под углами допустимого и предельного влияния, исключающими появление в границах охраняемого объекта деформаций, превышающих, соответственно, допустимые или предельные значения. Под углами допустимого ($\beta_{1д}$, $\beta_д$, $\delta_д$) (предельного ($\beta_{1п}$, $\beta_п$, $\delta_п$)) влияния следует понимать углы наклона линий, соединяющих на вертикальных разрезах точки на земной поверхности с достигнутыми допустимыми (предельными) деформациями с нижними границами выработанного пространства. Значения углов допустимого (предельного) влияния определяются специализированными организациями, проводящими инструментальные наблюдения и исследования на месторождении, с учётом особенностей подрабатываемых объектов, допустимых и предельных деформаций для них. Извлечение запасов предохранительных целиков под углами

допустимого влияния предусматривает проведение текущих и наладочных работ в подрабатываемых сооружениях. При извлечении запасов предохранительных целиков под углами предельного влияния должны быть предусмотрены конструктивные меры защиты сооружений от разрушения. Для обеспечения безопасности при извлечении запасов предохранительных целиков необходимым условием является проведение наблюдений и исследований специализированными организациями.

Выбор конструктивных мер защиты производится в соответствии с действующими нормативными и методическими документами по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях с привлечением специализированных организаций.

4.13 Временная сохранность подземных горных выработок и сближенных рудных тел может осуществляться применением целесообразного порядка отработки месторождения. Параллельный порядок отработки сближенных рудных тел, недопущение опережения очистных работ по одному из них по простиранию способствуют значительному уменьшению влияния подработки.

4.14 При применении систем разработки, обеспечивающих устойчивое состояние вмещающих пород, допускается частичная или полная отработка предохранительных целиков. К таким системам относятся специально рассчитанные на устойчивость вмещающих пород камерно-столбовые системы, комбинированные системы с закладкой и сооружением бетонных столбов, а также частичная отработка предохранительных целиков отдельными камерами.

Порядок согласования проектов на проведение подготовительных выработок и ведение очистных работ в предохранительных целиках под сооружениями и объектами определяется в соответствии с требованиями "Инструкции о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок".

4.15 К мерам охраны водных объектов, помимо оставления предохранительных целиков, относятся следующие меры, осуществляемые по специальным проектам, согласованным в установленном порядке:

- отвод водного объекта из проектной зоны опасного влияния горных разработок;

- пропуск водотока над зоной водопроводящих трещин с помощью гибких телескопических водоводов, представленных системой труб или лотков;

- укрепление и гидроизоляция естественного ложа подрабатываемых рек созданием специальных покрытий с гидроизоляционными слоями.

4.16 Для определения величин сдвижения земной поверхности и горных пород, выяснения эффективности применённых мер охраны и для предупреждения заинтересованных организаций и лиц о проявлении деформаций в охраняемых объектах, должны выполняться наблюдения в соответствии с требованиями "Инструкции по наблюдению за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений".

5 Правила построения предохранительных целиков под сооружениями и объектами

5.1 Предохранительным целиком называется часть горного массива с содержащимися в нём рудными телами (частями рудных тел), расположенная под охраняемым объектом и предназначенная для его защиты от опасного влияния подземных горных разработок. Отработка рудных тел в пределах предохранительного целика без специального проекта по защите охраняемого объекта конструктивными и горными мерами не допускается.

5.2 Построение предохранительных целиков в зависимости от категории охраны и назначения охраняемого объекта производится:

- под граничными углами (для шахтных стволов I категории охраны, рассчитанных на весь срок эксплуатации месторождения, для защиты их от опасного влияния опорного давления в зонах тектонических разломов на больших глубинах разработки);
- под углами сдвижения (для сооружений I и II категорий охраны);
- под углами допустимого и предельного влияния (для сооружений I и II категорий охраны с ограниченным сроком службы на период до их переноса на ненарушенные участки поверхности);
- под углами разрывов (для сооружений и объектов III категории охраны).

Предохранительные целики под углами допустимого и предельного влияния, определяемыми от нижней ближайшей границы выработанного пространства на допустимые или предельные деформации на поверхности месторождения, рекомендуется строить при необходимости расконсервации запасов целиков в условиях частичной подработки и временной эксплуатации охраняемых объектов.

Предохранительные целики под углами допустимого и предельного влияния строятся в пределах целиков, определённых по углам сдвижения, и устанавливают границы извлечения запасов, за пределами которых происходит превышение, соответственно, допустимых или предельных деформаций, нормативно установленных действующими "Указаниями по охране сооружений ..." для данного охраняемого объекта.

Построение предохранительных целиков под углами допустимого и предельного влияния возможно только на месторождениях с хорошо изученными процессами сдвижения, где проводятся систематические инструментальные наблюдения за сдвижением горных пород и накоплено достаточное количество данных о параметрах деформирования для определения углов допустимого и предельного влияния. Определение углов допустимого и предельного влияния производится специализированной научной организацией, осуществляющей систематические инструментальные наблюдения и исследования развития процессов сдвижения на месторождении.

5.3 Охраняемую площадь для отдельных зданий и сооружений, размеры которых не превышают 100 метров, определяют на плане следующим образом. Вокруг здания через его угловые точки (рисунок 2, а) строят прямоугольник, стороны которого ориентируют по простиранию и падению залежи. Параллельно сторонам полученного прямоугольника строят предохранительную берму, внешние границы которой являются границами охраняемой площади и являются исходными для построения предохранительного целика.

Границы охраняемой площади для одиночных вытянутых сооружений и объектов значительной протяженности (более 100 метров), а также для группы сооружений определяются на плане линиями, параллельными сторонам объектов и отстоящими от них на ширину бермы (рисунок 2, б, в).

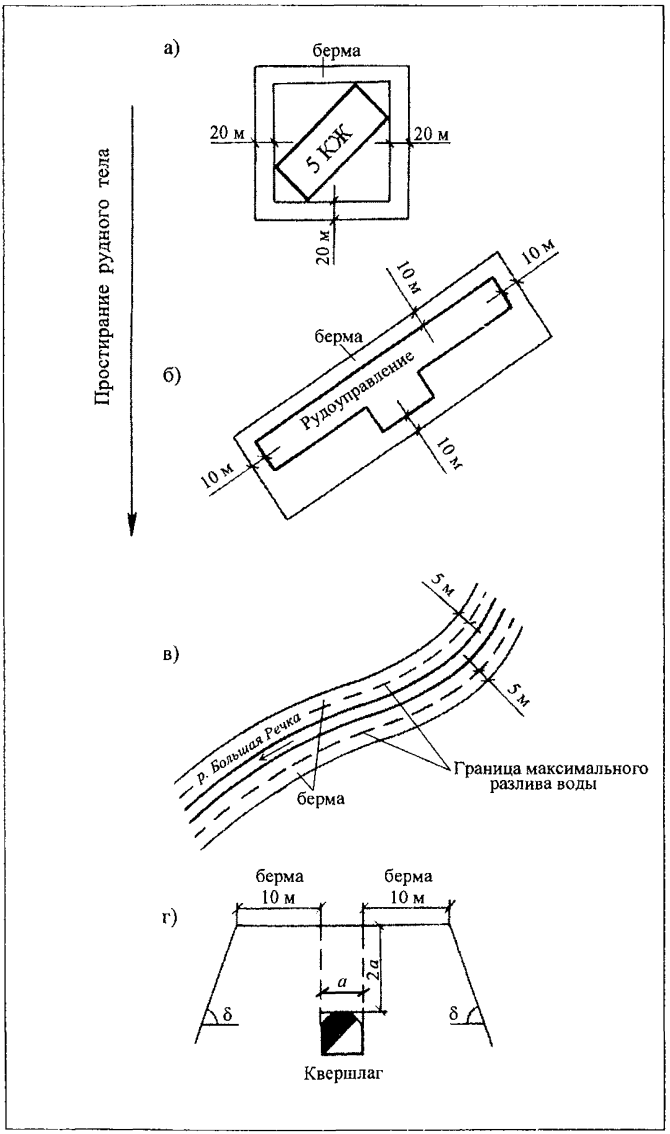


Рисунок 2 – Схемы построения границ охраняемых площадей

Охраняемая площадка для капитальных горных выработок располагается выше кровли выработки на расстоянии $H = 2a$, где a – ширина охраняемой выработки. Предохранительная берма откладывается от проекции выработки на эту площадку (рисунок 2, г).

5.4 Ширина предохранительных берм принимается равной:

для сооружений и объектов I категории охраны – 20 м;

для сооружений и объектов II категории охраны – 10 м;

для сооружений и объектов III категории охраны – 5 м.

Примечания:

1 Для рек, водохранилищ и балок с постоянными водотоками берма откладывается от линии максимального разлива воды во время паводков и ливневых дождей.

2 Для железнодорожных путей Минтранса России берма откладывается от нижней бровки насыпи полотна железной дороги, а при расположении путей в выемке – от верхней ее бровки.

5.5 Построение предохранительных целиков производится на планах, разрезах и вертикальных проекциях горных работ одним из следующих способов:

а) вертикальных разрезов;

б) перпендикуляров;

в) проекций с числовыми отметками.

При использовании уравнений криволинейных поверхностей сдвижения для определения размеров предохранительных целиков под подземные горные выработки их построение производится на вертикальных разрезах вкрест простирания рудных залежей, при этом размеры целика по простиранию для характерных точек выработки определяются на соответствующих разрезах с использованием угла δ.

5.6 Границы предохранительного целика определяются плоскостями, проводимыми под углами сдвижения (граничными углами, углами допус-

тимого или предельного влияния, разрывов) от границ охраняемой площади, или отстраиваются от границ охраняемой площади в соответствии с установленными зависимостями размеров области опасных сдвижений в массиве от глубины разработки и расстояния до границ выработанного пространства.

На планах горных работ и земной поверхности границы предохранительных целиков определяются линиями пересечения плоскостей (поверхностей), проведенных под углами сдвижения (граничными углами, углами допустимого или предельного влияния, разрывов), с плоскостями основных горизонтов горных работ (рисунок А.2, А.3).

При этом углы β и β'' определяют верхнюю границу предохранительного целика, утлы γ и γ'' – его нижнюю границу, углы δ и δ'' – границу по простиранию залежи и углы β_1 и β_1'' – верхнюю границу со стороны лежачего бока залежей (рисунок А.2, А.3).

5.7 В случаях, когда вытянутый объект располагается диагонально относительно простирания залежи, граница охраняемой площади для этого объекта строится также диагонально (рисунок 2, б, в), а плоскости, ограничивающие размеры целика, проводятся под углами β', β_1', γ'. Угол β' определяет границы предохранительного целика по восстанию залежи, а углы β_1', γ' – по падению залежи. Значения углов β', β_1', γ' определяют по формулам:

$$\operatorname{ctg}\beta' = \sqrt{\operatorname{ctg}^2\beta \times \cos^2\theta + \operatorname{ctg}^2\delta \times \sin^2\theta}\ ;$$

$$\operatorname{ctg}\beta_1' = \sqrt{\operatorname{ctg}^2\beta_1 \times \cos^2\theta + \operatorname{ctg}^2\delta \times \sin^2\theta}\ ;$$

$$\operatorname{ctg}\gamma' = \sqrt{\operatorname{ctg}^2\gamma \times \cos^2\theta + \operatorname{ctg}^2\delta \times \sin^2\theta}\ ,$$

где β, β_1, γ, δ – углы сдвижения (или граничные углы, углы разрывов), определяемые по таблице 2, или углы допустимого и предельного

влияния, определяемые при исследованиях специализированными научными организациями, град.;

θ – острый угол между линией простирания рудного тела и границей охраняемой площади, град.

5.8 Построение предохранительных целиков под вытянутые и диагонально расположенные объекты рекомендуется производить по способу перпендикуляров.

Длины перпендикуляров в сторону восстания (q) и в сторону падения (ℓ) рудных тел вычисляются по формулам:

$$q = H \times \operatorname{ctg}\beta' + h \times \operatorname{ctg}\varphi ;$$

$$\ell = H \times \operatorname{ctg}\gamma' + h \times \operatorname{ctg}\varphi ; \qquad \text{при } \alpha < 50°;$$

$$\ell = H \times \operatorname{ctg}\beta_1' + h \times \operatorname{ctg}\varphi ; \qquad \text{при } \alpha > 50°,$$

где H – глубина горизонта от контакта коренных пород с наносами, м;

φ – угол сдвижения в наносах, град.;

β', β_1', γ' – углы, определяемые согласно п. 5.7, град.;

h – мощность наносов, м;

α – угол падения рудного тела, град.

5.9 Для сокращения размеров предохранительных целиков для объектов II и III категорий охраны и сооружений I категории охраны при ограниченном сроке их эксплуатации целесообразно применять спрямление границ предохранительных целиков и построение целиков оптимальных размеров.

Целики оптимальных размеров могут быть построены различными методами:

1) производится построение целика одновременно двумя различными способами – способом перпендикуляров и способом вертикальных раз-

резов, в целик оптимальных размеров включаются площади, принадлежащие обоим целикам;

2) для сооружений, расположенных диагонально относительно простирания залежи, производится построение двух целиков от охраняемых контуров, ориентированных параллельно простиранию рудных тел (рисунок 2, а) и параллельно сторонам сооружения (рисунок 2, б), в целик минимальных размеров на каждом горизонте включаются площади, принадлежащие одновременно обоим целикам;

3) в угловой части целика, имеющего прямоугольную или трапецеидальную форму, производится построение целика многоугольной формы, рассчитанного способом перпендикуляров за счёт изменения угла θ (пример А.4);

4) в угловой части целика, имеющего прямоугольную или трапецеидальную форму, производится построение целика криволинейной формы. Построение осуществляется следующим образом. На плане (рисунок А.2) из угловых точек целика $в_1$, $г_1$ проводятся линии, делящие углы, образованные границами целика, пополам, до пересечения с границами охраняемой площади (линии $в_1 - O_1$, $г_1 - O_2$). Если линии $в_1 - O_1$ и $г_1 - O_2$ пересекаются до пересечения с контуром охраняемой площади или не пересекают границу охраняемой площади, то граница целика определяется радиусом окружности R, проведённым из точки пересечения линий $в_1 - O_1$ и $г_1 - O_2$. Если линии $в_1 - O_1$ и $г_1 - O_2$ пересекают границу охраняемой площади и не пересекаются до пересечения с границей охраняемой площади, то из точек пересечения этих линий (O_1, O_2) с границей охраняемой площади проводятся окружности радиусом, равным минимальному расстоянию от указанных точек до линий границ целика (R_1, R_2). Полученный контур определяет оптимальную границу целика.

5.10 Материалы расчета и построения границ предохранительных целиков должны быть согласованы со специализированной научно-исследовательской организацией, ведущей исследования процессов сдвижения горных пород на месторождении.

5.11 Контуры предохранительных целиков после их утверждения подлежат нанесению на все маркшейдерские графические документы (совмещенные и погоризонтные планы горных работ, разрезы вкрест простирания, проекции на вертикальную плоскость и т.д.).

Приложение А

Примеры построения границ зон сдвижений и предохранительных целиков

Пример А.1 Определение положения границ мульды сдвижения, зоны опасных сдвижений и зоны трещин на земной поверхности при отработке рудных тел Главного участка Шерегешевского месторождения до гор. +115 м (рисунок А.1).

Рудная зона представлена сложными линзообразными телами с апофизами, угол падения рудных тел в пределах участка, намеченного к отработке, меняется от 70 до 90°. Вмещающие породы – известняки, скарны, сиениты, порфириты крепостью 10 – 12 по шкале М.М. Протодьяконова. Мощность наносов колеблется от 10 до 40 м. Крупных тектонических нарушений, падающих в сторону выработанного пространства, нет.

Согласно таблице 2 для Главного участка Шерегешевского месторождения граничные углы, углы сдвижения и разрывов в коренных породах равны: висячий бок $\beta_0 = 65°$, $\beta = 75°$, $\beta'' = 80°$; лежачий бок $\beta_{l_0} = 55°$, $\beta_l = 65°$, $\beta_l'' = 70°$. Углы сдвижения в сухих наносах в соответствии с п. 2.3 равны 50°.

Построение границ влияния горных разработок на земную поверхность производится следующим образом. На совмещенном плане земной поверхности с контуром рудных тел на отрабатываемом горизонте намечается ряд характерных разрезов (I – I, II – II, III – III) вкрест простирания рудной зоны. Влияние горных разработок на земную поверхность при отработке рудной зоны до гор. +115 м в связи с её выклиниванием в этаже (+115) – (+185) м обусловлено развитием очистных работ в вышележащих этажах.

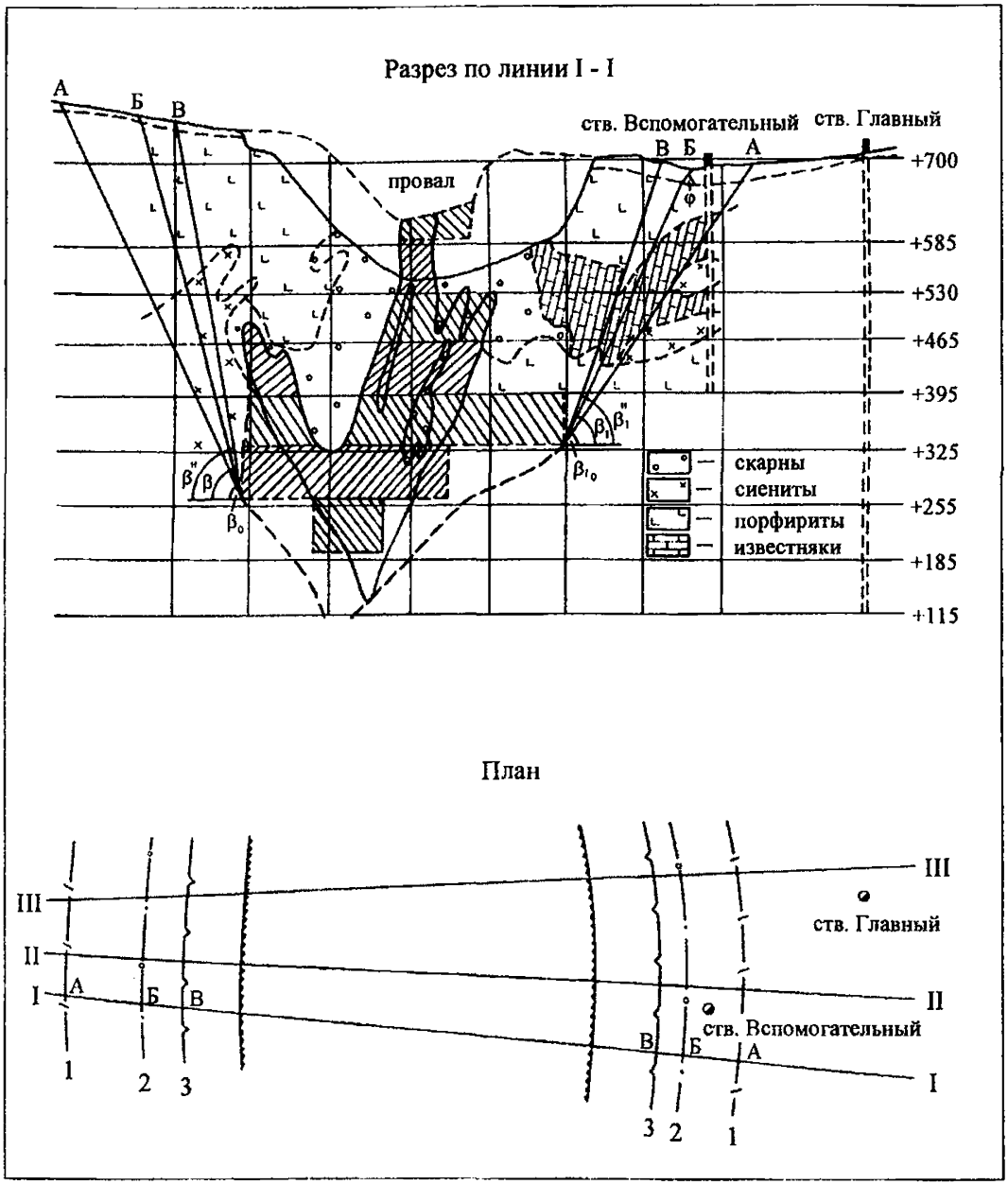


Рисунок А.1

Для определения положения на земной поверхности границ мульды сдвижения (точки А) и зоны трещин (точки В) на разрезах от границ выработанного пространства на гор. +255 м в висячем боку и на гор. +325 м в лежачем боку соответственно под граничными углами $\beta_0 = 65°$, $\beta_{I_0} = 55°$

и углами разрывов $\beta'' = 80°$, $\beta_1'' = 70°$ проводят линии до пересечения с земной поверхностью. Точки А определяют границу мульды сдвижения (границу влияния горных разработок на земную поверхность), а точки В соответствуют положению наиболее удаленных от выработанного пространства трещин и определяют границу зоны трещин. Для определения положения на земной поверхности границ зоны опасных сдвижений (точки Б) на разрезах от границ выработанного пространства на гор. +255 м в висячем боку и на гор. +325 м в лежачем боку под углами сдвижения $\beta = 75°$ и $\beta_1 = 65°$ проводят линии до контакта с наносами. От полученных точек до земной поверхности проводят линии под углами сдвижения в наносах $\varphi = 50°$. Точки пересечения этих линий с земной поверхностью определяют границы зоны опасных сдвижений.

Границы мульды сдвижения, зоны опасных сдвижений и зоны трещин переносят с разрезов на план и соединяют плавными линиями.

Пример А.2 Построение предохранительного целика для охраны ствола и сооружений подъемного комплекса, расположенных в лежачем боку действующего участка месторождения, (рисунок А.2) по способу вертикальных разрезов (условия Таштаголъского месторождения). Эксплуатация объекта предусмотрена до ввода ствола с аналогичными функциями на новой промплощадке.

Охране подлежат следующие сооружения: ствол, служащий для подъема руды и породы, подъема и спуска людей, вентиляции и вспомогательных операций (I категории охраны по таблице 3), надшахтное здание (I категории), здание подъемных машин (I категории).

Отрабатываемый участок месторождения представлен серией линзообразных и столбообразных крутопадающих (70 – 90°) рудных тел. Общая мощность рудной зоны 80 – 120 м, длина рудной зоны по простиранию 800 – 1000 м. Рудная зона разведана до гор. -1000 м. Вмещающие породы име-

ют крепость от 8 до 15 и представлены сиенитами, сланцами, порфиритами, скарнами. Мощность наносов незначительная (2 – 5 м). До глубины 650 м месторождение отработано. Ствол расположен в центральной части месторождения. Согласно таблице 2 углы сдвижения в коренных породах $\beta_1 = 45°$, $\delta = 70°$. Ширина предохранительной бермы для сооружений I категории охраны равна 20 м (п. 5.4).

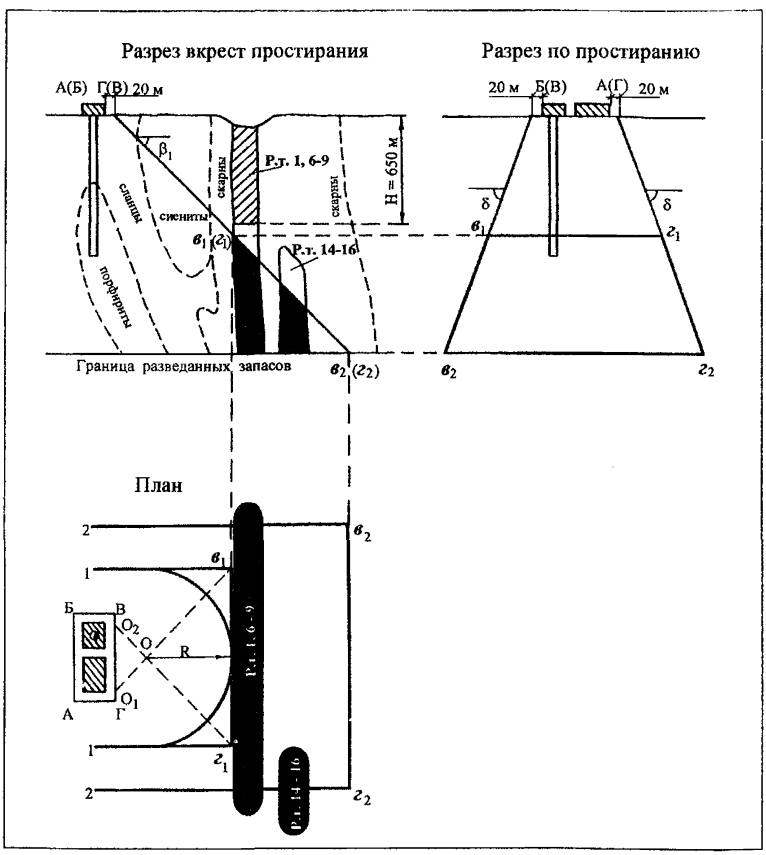


Рисунок А.2

На плане от контура сооружений откладывают берму шириной 20 м и получают охраняемую площадь АБВГ. Так как предохранительный целик строится для действующего участка месторождения, построение производят только со стороны лежачего бока рудной зоны этого участка.

С плана поверхности на разрез вкрест простирания переносят точки Г (В) охраняемого контура и через них проводят линию под углом $\beta_1 = 45°$ в коренных породах.

Пересечением этой линии с рудным телом определяется положение верхней границы целика по рудному телу (точки $в_1$, $г_1$). Нижняя граница целика (точки $в_2$, $г_2$) определяется пересечением этой линии с нижней границей разведанных запасов (гор. -1000 м). Затем на разрезе по простиранию от точек Б (В), А (Г) охраняемого контура проводят линии под углом сдвижения $\delta = 70°$.

Проектируя на полученные линии точки $в_1$ ($г_1$), $в_2$ ($г_2$), устанавливают верхнюю и нижнюю границы целика по простиранию рудной зоны. Размеры целика с разрезов переносят на план и получают границы целика в плане на отдельных горизонтах.

В связи с тем, что ствол является временным объектом с ограниченным сроком эксплуатации, для сокращения размеров предохранительного целика целесообразно построение границы целика оптимальных размеров. Построение осуществляется следующим образом. На плане (рисунок А.2) из угловых точек целика $в_1$, $г_1$ проводят линии, делящие углы, образованные границами целика, пополам, до пересечения с границами охраняемой площади (линии $в_1 - О_1$, $г_1 - О_2$). Так как линии $в_1 - О_1$ и $г_1 - О_2$ пересекаются до пересечения с контуром охраняемой площади, то граница целика определяется радиусом окружности R, проведённым из точки пересечения линий $в_1 - О_1$ и $г_1 - О_2$. Полученный контур определяет оптимальную границу целика.

Пример А.3 Построение предохранительного целика для охраны здания, расположенного в висячем боку рудных тел (рисунок А.3).

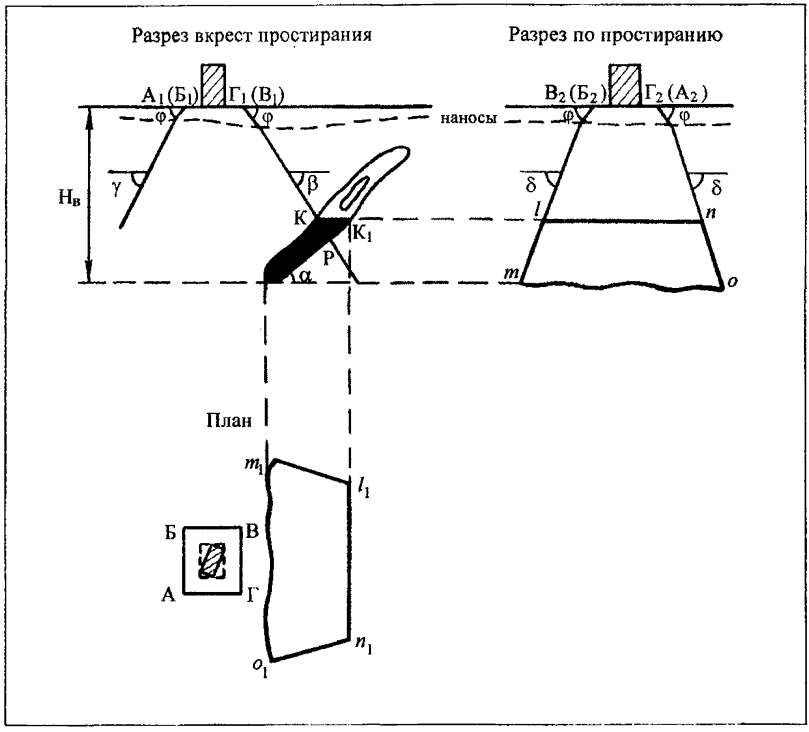


Рисунок А.3

Жилое 4-х этажное здание размером 20 × 50 м располагается диагонально к простиранию рудной залежи. Рудное тело, имеющее мощность 30 – 40 м, угол падения $\alpha = 40 - 50°$, выклинивается на глубине $H_в = 500$ м. Длина рудного тела по простиранию 600 – 800 м. Вмещающие породы неслоистого строения, крепостью 10 – 15 по шкале М.М. Протодьяконова. Разработка ведется системой принудительного этажного обрушения. Наносы, мощностью 15 – 30 м, состоят из сухих глин и суглинков.

Построение предохранительного целика производится в условиях месторождений с неизученным процессом сдвижения.

Углы сдвижения для данных условий, согласно таблице 2, составляют: $\beta = 65°$, $\beta_1(\gamma) = 65°$ и $\delta = 70°$. Угол сдвижения в наносах $\varphi = 50°$. Здание относится к I категории охраны (таблица 3), предохранительная берма принимается равной 20 м (п. 5.4).

На плане поверхности через угловые точки охраняемого здания проводят линии, параллельные и перпендикулярные простиранию рудного тела. Вокруг полученного прямоугольника откладывают берму шириной 20 м и получают охраняемую площадь АБВГ.

На разрез вкрест простирания, проходящий через центр охраняемого, здания, переносят границы охраняемой площади точки $А_1(Б_1)$, $Г_1$ $(В_1)$ и от них под углом сдвижения $\varphi = 50°$ проводят линии до контакта наносов с коренными породами. От контакта наносов с коренными породами под углом сдвижения $\beta = 65°$ проводят линию до пересечения с рудным телом в точках К и Р. Точки К и Р определяют положение границы целика по рудному телу со стороны восстания.

Однако границу предохранительного целика со стороны восстания целесообразно принять по линии $КК_1$, так как отработка участка $КРК_1$, ввиду его незначительных размеров, нерациональна.

Так как линия, проведенная под углом γ от границы охраняемой площади на контакте наносов с коренными породами, не пересекает рудного тела, нижней границей целика будет являться горизонт выклинивания рудного тела.

Аналогичным образом на разрезе по простиранию определяются границы предохранительного целика по простиранию. Через точки $В_2(Б_2)$, $Г_2(А_2)$ охраняемой площади под углом $\varphi = 50°$ проводятся линии до контакта наносов с коренными породами и далее под углом $\delta = 70°$ в корен-

ных породах. Пересечение этих линий с проекциями верхней и нижней границ целика определит точки m, l, n, o, которые переносятся на план и образуют трапецию m_1, l_1, n_1, o_1, определяющую размеры целика по рудному телу в плане.

Пример А.4 Построение предохранительного целика оптимальных размеров для охраны компрессорной станции (рисунок А.4), расположенной в лежачем боку рудных тел Абаканского месторождения, при отработке запасов V рудного тела до гор. -95 м.

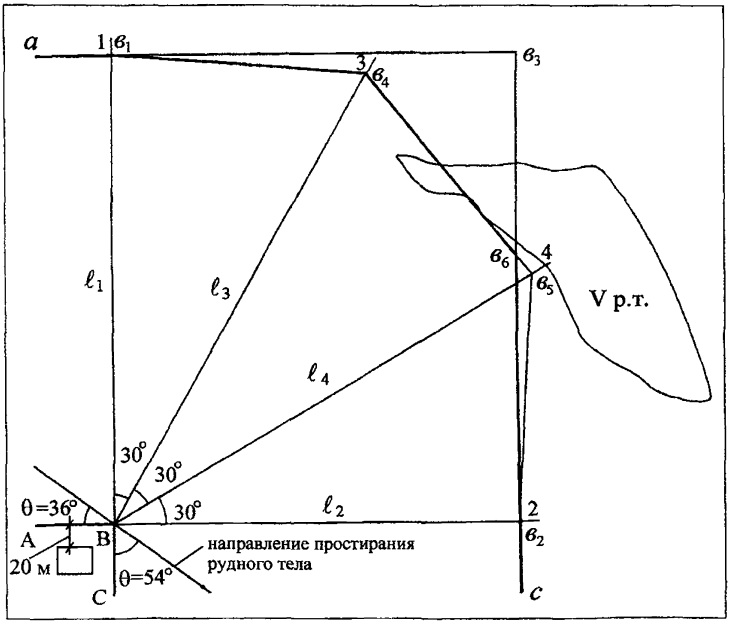


Рисунок А.4

Одноэтажное здание компрессорной станции размером 18 × 24 м располагается диагонально к простиранию рудного тела V. Азимут про-

стирания рудного тела $A = 28°$. В предохранительный целик под компрессорную станцию попадает V рудное тело, имеющее пластостолбообразную форму, северо-восточное простирание и субвертикальное падение, коэффициент крепости вмещающих пород по шкале М.М. Протодьяконова $f = 7 – 12$. Согласно таблице 2 углы сдвижения для данных условий составляют: $\beta_1 = 50 – 60°$; $\delta = 65°$. С учётом положения объекта для построения предохранительного целика принят средний угол сдвижения $\beta_1 = 55°$. Мощность наносов незначительна. Согласно таблице 2 охраняемый объект относится к сооружениям I категории охраны. Ширина предохранительной бермы в соответствии с п. А.4 для сооружений I категории охраны равна 20 м. Построение предохранительного целика производится способом перпендикуляров. С этой целью в точке В – точке пересечения линий охраняемого контура АВ и ВС – восстанавливаются перпендикуляры В – 1, В – 2 (рисунок А.4). При отсутствии наносов длины перпендикуляров, откладываемые от охраняемого на поверхности контура в сторону падения рудного тела, вычисляется в соответствии с п. А.8 по формуле

$$\ell = H \times \operatorname{ctg}\beta_1',$$

где Н – глубина залегания горизонта, для которого определяется предохранительный целик, от земной поверхности, м;

β_1' – угол сдвижения, определяемый по формуле п. А.7, град.

Для расчета длин перпендикуляров необходимо определить острые углы θ между линиями охраняемого контура и средним направлением простирания рудного тела и высоты отдельных точек охраняемого контура по совмещенному плану земной поверхности и горных работ горизонта, для которого определяются границы предохранительного целика. Соответствующие вычисления для гор. -95 м приведены в таблице А.1.

Вычисленные длины перпендикуляров откладываются от линий охраняемого контура: АВ – перпендикуляр ℓ_1, ВС – перпендикуляр ℓ_2. Через

полученные точки a, $в_1$ и $в_2$, c проводим прямые, параллельные сторонам охраняемого контура. Контур $ав_1в_3в_2с$ – граница предохранительного целика под компрессорную станцию на гор. -95 м. Для сокращения размеров предохранительного целика применяем спрямление границ в угловой части целика за счет изменения угла θ. Прямой угол $в_1Вв_2$ делим на три равные части по 30° и проводим лучи В – 3, В – 4, в соответствии с этим угол $\theta = 6°$ и $\theta = 24°$. Длины перпендикуляров вычисляем в таблице А.1.

Таблица А.1

Наименование элементов охраняемого контура		Z, м	H, м	A, град.	θ, град.	Углы сдвижения, град.			ℓ, м
линий	точек					β_1	δ	β_1'	
АВ	А	570	665	28	36	55	65	58	419
	В	570	665						419
ВС	В	570	665	28	54	55	65	61	372
	С	570	665						372
	В	570	665	28	6	55	65	55	464
	В	570	665	28	24	55	65	56	444

Вычисленные длины перпендикуляров ℓ_3 и ℓ_4 откладываем от точки В на соответствующих лучах В – 3 и В – 4, получаем точки $в_4$ и $в_5$. Определяем оптимальные границы предохранительного целика – $ав_1в_4в_6в_2с$.

Пример А.5 Построение предохранительного, целика под ствол слепой шахты и камеру подъемной машины (рисунок А.5).

Ствол слепой шахты, расположенный в лежачем боку месторождения, служит для спуска и подъема людей и материалов. Вмещающие породы представлены сланцами, сиенитами, диоритами, с коэффициентом крепости 8 – 15. В непосредственной близости от устья ствола и здания подъемной машины резких контактов пород и зон ослабления нет.

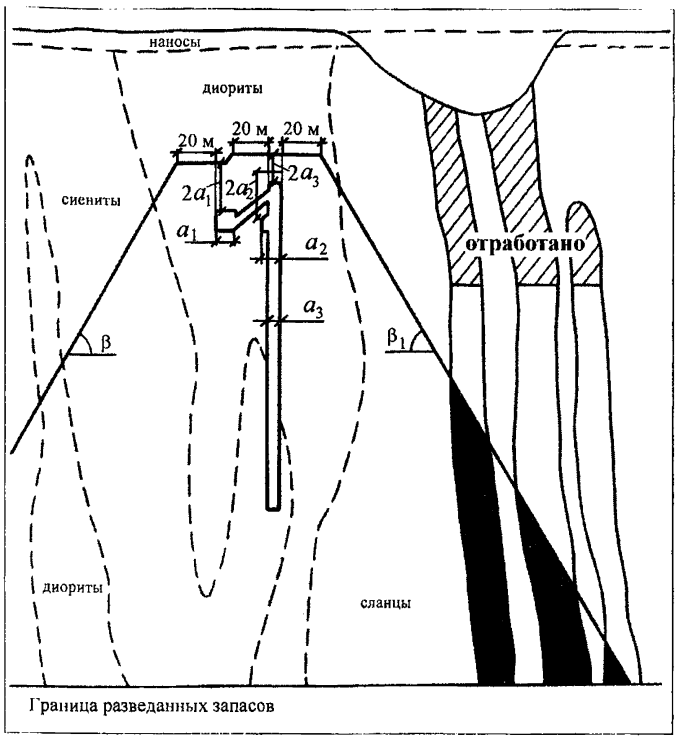


Рисунок А.5

Построение предохранительного целика производится применительно к условиям отработки: мощных крутопадающих (70 – 90°) рудных тел значительного простирания на месторождениях с неизученным процессом сдвижения горных пород.

Согласно таблице 3, охраняемый объект относится к I категории охраны, ширина предохранительной бермы принимается равной 20 м.

Углы сдвижения (таблица 2) в коренных породах составляют:

$\beta = \beta_1 = 65°$, $\delta = 70°$.

Согласно п. 5.3 в кровле охраняемых выработок необходимо оставить потолочину, мощность которой должна быть равной двойной ширине выработки. На разрезе вкрест простирания и на вертикальной проекции от кровли каждой выработки откладывают вверх отрезки, соответственно равные $2a_1$, $2a_2$, $2a_3$ (где a – ширина выработки), на концах которых строят охраняемые площадки. На площадки проектируют контуры выработок и от них откладывают бермы, равные 20 м.

От предохранительных берм под соответствующими углами сдвижения строят плоскости, являющиеся границами предохранительного целика.

Пример А.6 Построение предохранительного целика под реку "Кондома" на Таштагольском руднике (рисунок А.6).

Река "Кондома" расположена в северном торце Таштагольского месторождения. В предохранительный целик под реку попадают рудные тела участков "Восточный" и "Северо-Западный". Угол падения рудных тел 70 – 90°, мощность 20 – 80 м. Действующий Восточный участок месторождения отрабатывается системами разработки с обрушением налегающих пород. Породы северного торца представлены порфиритами, сиенитами, сланцами крепостью 8 – 15 по шкале М.М. Протодьяконова. Мощность наносов незначительная (2 – 5 м).

Согласно таблице 2 углы сдвижения в северном торце Восточного участка составляют: по простиранию $\delta = 70°$, вкрест простирания $\beta_1 = 55°$, $\beta = 65°$. Как следует из таблицы 3, подлежащая охране река относится ко II категории охраны. Для объектов II категории охраны ширина бермы равна 10 м, которая при построении предохранительного целика под реку откладывается от границы максимального разлива воды (пунктирная линия на рисунке А.6).

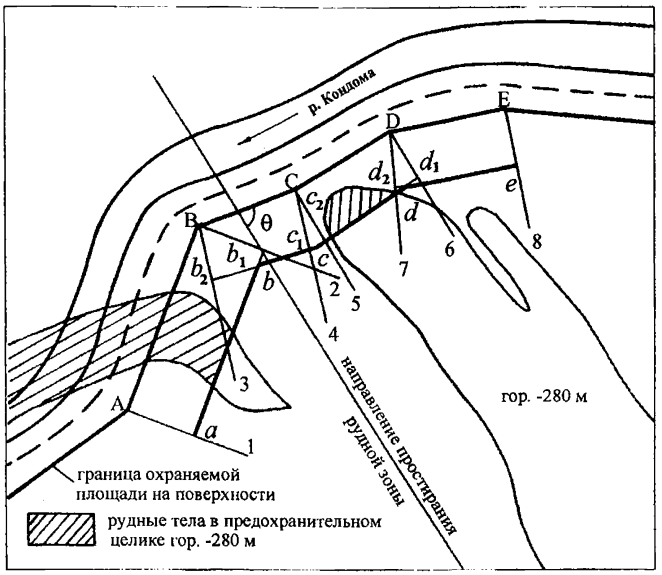


Рисунок А.6

При значительной протяженности охраняемого контура построение предохранительного целика целесообразно производить способом перпендикуляров (п. 5.8). С этой целью к линиям охраняемой площади (в точках их пересечения) восстанавливаются перпендикуляры (А – 1, В – 2, В – 3, С – 4 и т.д. на рисунке А.6). При отсутствии наносов (условия Таштагольского месторождения) длины перпендикуляров, откладываемых от границы охраняемой на поверхности площади в сторону восстания (q) и в сторону падения (ℓ) рудных тел, вычисляются по формулам:

$$q = H \times \operatorname{ctg} \beta';$$

$$\ell = H \times \operatorname{ctg} \beta_1',$$

где H – глубина залегания горизонта, для которого определяется предохранительный целик, от земной поверхности, м;

β', β_1' – углы сдвижения, определяемые по формулам п. 5.8, град.

Для расчета длин перпендикуляров необходимо определить острые углы θ между границами охраняемой площади и средним направлением простирания рудной зоны, а также высоты отдельных точек границы охраняемой площади по совмещенному плану земной поверхности и горных работ горизонта, для которого определяются границы предохранительного целика. Соответствующие вычисления для гор. -280 м приведены в таблице А.1.

Таблица А.1

Охраняемый контур		Z, м	H, м	Гор. -280 м							
				Углы, град.						Длины перпендикуляров, м	
линия	точка			β	β_1	δ	θ	β'	β_1'	q	ℓ
AB	A	431	711	65	55	70	53	-	63	-	362
	B	432	712							-	363
BC	B	432	712	65	55	70	74	70	-	259	-
	C	434	712							260	-
CD	C	434	712	65	55	70	90	70	70	260	260
	D	435	715							260	260
DE	D	435	715	65	55	70	66	69	-	274	-
	E	437	717							275	-

Вычисленные длины перпендикуляров откладываются от охраняемого контура из точек А, В, С, Д, Е. Полученные концы перпендикуляров соединяют прямыми линиями $a - b_1$, $b_2 - c_1$, $c_2 - d_1$ и т.д. Пересечение этих линий дает угловые точки контура предохранительного целика – *a*, *b*, *c*, *d*, *e*.

Пример А.7 Построение предохранительного целика под лесоспускной гезенк (для условий Таштагольского месторождения).

Лесоспускной гезенк диаметром 2,5 м расположен в лежачем боку месторождения на глубине 95 м от поверхности (рисунок А.7). Необходимо определить границы предохранительного целика на глубине 410, 480,

550, 620, 690, 760, 830 м от поверхности. Лесоспускной гезенк согласно таблице 3 "Указаний..." относится ко II-ой категории охраны. Оголовок гезенка, камера лебедки, приемная площадка закреплены бетоном. Допустимая горизонтальная деформация для бетонной крепи при длительной эксплуатации лесоспускного гезенка принята равной критической для наиболее ответственных сооружений – $\varepsilon = 2$ мм/м.

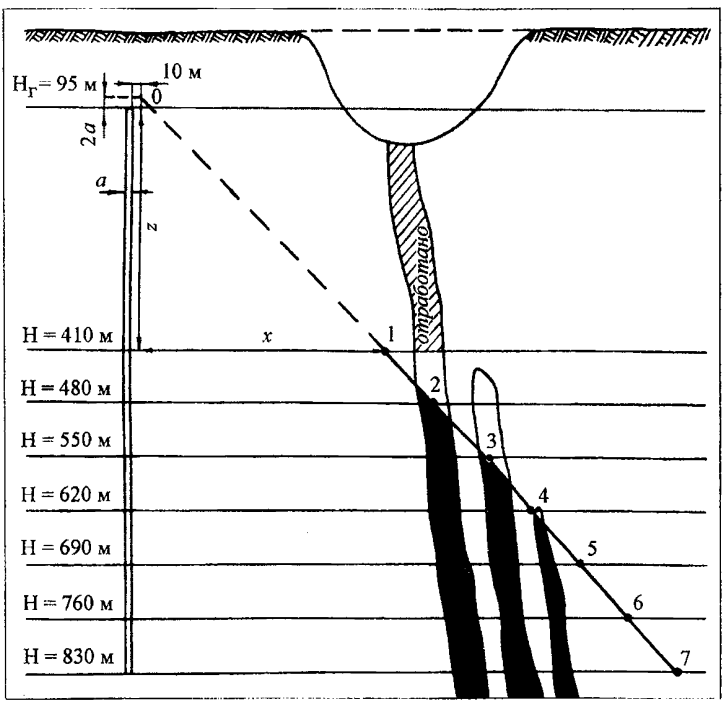


Рисунок А.7

Согласно п. 2.8 размеры области опасных сдвижений в массиве пород лежачего бока Таштагольского месторождения определяются из выражения:

$$x = K \times z + 0{,}145 \times H \times \sin^2\left(\frac{z}{H}\pi\right),$$

где K – коэффициент, учитывающий допустимую величину горизонтальных деформаций в массиве с учётом типа крепи, назначения, срока эксплуатации горной выработки. Согласно таблице 4 при величине допустимой деформации $\varepsilon = 2$ мм/м $K = 1{,}00$;

H – глубина фактической или проектируемой разработки, соответствующая горизонтам определения границ предохранительного целика, м;

z – высота горизонта подработки относительно низа очистной выработки, при построении предохранительного целика – расстояние по вертикали от горизонта определения границы целика до границы предохранительной бермы выработки, м;

x – горизонтальная проекция расстояния от границы предохранительной бермы до границы предохранительного целика на соответствующем горизонте, определённая на разрезе вкрест простирания рудной зоны, м;

$\pi = 180°$.

С учётом расположения предохранительной бермы на высоте $2a = 5$ м (где a – ширина выработки) расстояние z_i определяется из выражения:

$$z_i = H_i - (H_г - 2a),$$

где $H_г$ – глубина расположения устья лесоспускного гезенка, м.

Расчет параметров предохранительного целика целесообразнее проводить по форме таблицы А.3.

Построение границ предохранительного целика по рассчитанным данным на разрезе вкрест простирания рудной зоны производится в следующем порядке.

Таблица А.3

Номер точек по границе предохранительного целика	Глубина, H_i, м	Высота горизонта подработки, z_i, м	Расстояние от бермы до границы целика по горизонтали, x_i, м
1	410	320	344,1
2	480	390	411,3
3	550	460	396,8
4	620	530	454,5
5	690	600	512,5
6	760	670	570,6
7	830	740	628,8

От кровли охраняемой выработки откладывают вверх отрезок $2a = 5$ м (где a – ширина выработки), на концах которого строят охраняемую площадку. На площадку проектируют контуры выработки, от проекции которых в сторону рудной зоны откладывают предохранительную берму, равную 10 м, и получают точку 0. От точки 0, пользуясь величинами z_i и x_i как координатами, откладывают вниз по вертикали расстояния z_i и в сторону рудного тела по горизонтали расстояния x_i. Соединяя полученные точки 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 линиями, находят границу предохранительного целика в пределах рудной зоны на разрезе вкрест простирания. При необходимости получения границы предохранительного целика на верхних горизонтах, вплоть до верхней границы выработки, аналогичным образом проводят расчёты положения по вертикали и горизонтали границ предохранительного целика, точки наносят на разрез и соединяют плавной линией между собой и с границей предохранительной бермы.

Положение границ предохранительного целика под лесоспускной гезенк на разрезе по простиранию рудной зоны определяют известным способом (пример А.2) с использованием углов сдвижения δ (разрывов δ").

При необходимости временной охраны лесоспускного гезенка на период до 5 лет с применением конструктивных мер защиты и учащенных контрольных наблюдений (п. 4.12) размеры предохранительного целика могут быть уменьшены. В этом случае границы предохранительного целика рассчитываются аналогичным образом, исходя из уменьшенного значения коэффициента "К", определяемого по таблице 4 в соответствии с предельной деформацией растяжения ε, допустимой для аналогичных выработок с учётом типа крепи, назначения установленного оборудования, намеченных конструктивных мер защиты.

Приложение Б

Методика оценки устойчивости пород при отработке слепых рудных тел

Б.1 К слепым рудным телам на железорудных месторождениях ОАО "Евразруда" следует относить рудные тела, не выходящие под наносы, и части рудных тел, погруженные под массив боковых пород, при отработке которых может происходить самообрушение налегающих пород в условиях и с соблюдением мер безопасности, предусмотренных нормативными документами.

Б.2 Слепые рудные залежи могут быть представлены изолированными или сближенными рудными телами.

Изолированными рудными телами следует считать рудные тела, для которых области опасного влияния, построенные по углам сдвижения на разрезах вкрест простирания и по простиранию рудной залежи, не пересекают друг друга.

Сближенными рудными телами следует считать рудные тела, для которых области опасного влияния, построенные по углам сдвижения на разрезах вкрест простирания и по простиранию рудной залежи, пересекают друг друга.

При отработке сближенных рудных тел в массиве горных пород образуются зоны ослабления (обрушения, трещин, опасных и плавных сдвижений), возникающие в результате подработки налегающей толщи горными работами.

Б.3 При отработке слепых рудных тел в тех случаях, когда вслед за выемкой руды не происходит обрушение налегающих пород, необрушившаяся толща пород может находиться в устойчивом, предельно устойчивом и неустойчивом состоянии.

Устойчивое состояние соответствует условиям плоского устойчивого состояния обнажений выработанного пространства, при котором крупные обрушения горного массива исключаются.

Предельно устойчивое состояние характеризуется процессами сводообразования, в результате которого возможны крупные самообрушения пород в пределах свода естественного равновесия.

Неустойчивое состояние определяет самообрушение налегающих пород, одновременное с массовым обрушением блоков, с выходом провала на земную поверхность.

Б.4 В скальных породах, с коэффициентом крепости по шкале М.М. Протодьяконова $f \geq 8$, устойчивость массива в обнажениях зависит, в основном, от глубины залегания отрабатываемого рудного тела, размеров обнажения и напряженного состояния пород. Расчет устойчивости обнажений производится по методу эквивалентных пролетов, по критическим деформациям и по критическому напряжению.

Б.5 Критерием устойчивости по методу эквивалентных пролетов является условие

$$\ell_{экв} \leq H_{экв}, \qquad (Б.1)$$

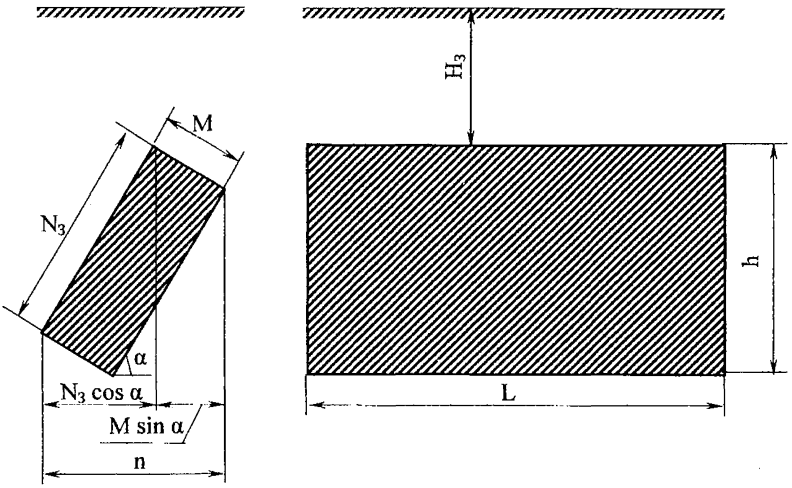
где $\ell_{экв}$ – эквивалентный по устойчивости пролет выработки неограниченной длины. Определяется в соответствии с условиями залегания и условиями опирания обнажений по контуру (рисунок Б.1, Б.2);

$H_{экв}$ – приведенная к условиям монолитного массива глубина залегания.

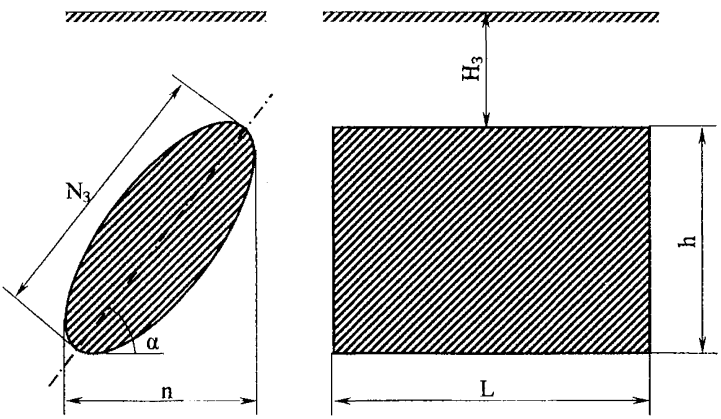
Б.6 Линейные размеры обнажений и условия их опирания по контуру определяются графически по маркшейдерским планам и разрезам масштаба не менее 1: 2000.

Определенные линейные размеры (L и n) сравниваются. Проверяется условие $L > 2n$ (рисунок Б.1, а) или $L \leq 2n$ (рисунок Б.1, б) и по условиям

а)



б)



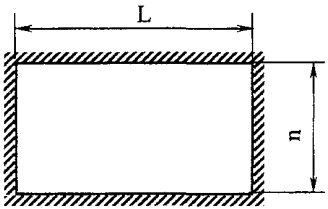
M – мощность рудного тела; α – угол падения; $N_З$ – длина по падению;
n – горизонтальная проекция; h – вертикальная проекция;
L – длина по простиранию; $H_З$ – глубина залегания

Рисунок Б.1 – Условия залегания слепых рудных тел:

а) пластообразных; б) линзообразных

Условия опирания обнажений по контуру в плане

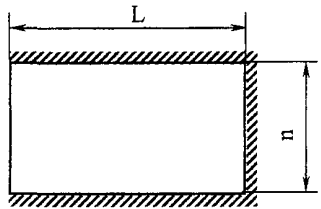
I 4^x – стороннее опирание



при $L > 2n$ $\ell_{экв} = n$

при $L \le 2n$ $\ell_{экв} = \dfrac{nL}{\sqrt{n^2 + L^2}}$

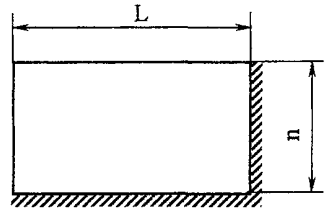
II 3^x – стороннее опирание



при $L > 2n$ $\ell_{экв} = n$

при $L \le 2n$ $\ell_{экв} = \dfrac{2nL}{2L + n}$

III 2^x – стороннее опирание



при $L > 2n$ $\ell_{экв} = \dfrac{n}{2}$

при $L \le 2n$ $\ell_{экв} = \dfrac{2nL}{L + n}$

Рисунок Б.2 – Схемы для определения эквивалентных пролётов

опирания обнажений по контуру (рисунок Б.2) принимается (в случае L > 2n) или вычисляется (в случае L ≤ 2n) эквивалентный пролет $\ell_{экв}$.

Б.7 Увеличение размеров отработки по высоте при выемке двух и более этажей ухудшает условия устойчивости обнажений. При отработке двух и более этажей по методу эквивалентных пролётов проверяется два условия устойчивости обнажений (Б.1) и (Б.2):

$$\ell'_{экв} \le H_{экв}. \qquad (Б.2)$$

Сначала проверяется условие (Б.1), если оно соблюдается, то проверяется условие (Б.2), в котором эквивалентный пролёт определяется по формуле

$$\ell'_{экв} = \frac{L\ell'}{\sqrt{L^2 + (\ell')^2}}. \qquad (Б.3)$$

Для пологих ($\alpha < 25°$) и наклонных ($25° \le \alpha \le 45°$) рудных тел $\ell' = h$; для крутопадающих ($\alpha > 45°$) рудных тел, учитывая более высокую устойчивость обнажения,

$$\ell' = \frac{N_з}{2}(1 + \cos\alpha).$$

Б.8 При определении устойчивости пород в обнажениях необходимо учитывать взаимное влияние всех отработанных рудных тел.

Б.9 При отработке изолированных рудных тел $H_{экв}$ определяется по формуле

$$H_{экв} = (1 - K_п)H_з, \qquad (Б.4)$$

где $H_з$ – мощность налегающей толщи от границы наносов и зоны выветривания пород до верхней кромки слепого рудного тела при оценке устойчивости покрывающей толщи и от границы наносов и зоны выветривания пород до середины высоты обнажения при оценке устойчивости боковых пород, м;

$К_п$ – коэффициент потери устойчивости, учитывающий структурные ослабления массива, крепость и напряженное состояние налегающих пород; $К_п = 0$ при выходе керна $N > 90\ \%$.

Б.10 В условиях отработки сближенных рудных тел для оценки устойчивости налегающей толщи глубина залегания слепого рудного тела, приведённая к условиям монолитного массива, рассчитывается с учётом её ослабления ($К_{осл}$) при подработке и развитии зон деформирования по формуле

$$Н_{экв} = (1 - К_п) \times (1 - К_{осл}) \times Н_з . \qquad (Б.5)$$

Б.11 Коэффициент потери устойчивости $К_п$ определяется по формуле

$$К_п = 0{,}84 + 0{,}01 \times N - 0{,}0002 \times N^2, \qquad (Б.6)$$

где N – средневзвешенное значение выхода керна, %.

Средневзвешенное значение выхода керна N по длине участков определения выхода керна из скважин, попадающих в область опасных сдвижений, рассчитывается по формуле

$$N = \frac{N_1 \ell_1 + N_2 \ell_2 + ... + N_п \ell_п}{\ell_1 + \ell_2 + ... + \ell_п}, \qquad (Б.7)$$

где N_1, N_2 ... $N_п$ – выход керна по участкам, %;

ℓ_1, ℓ_2 ... $\ell_п$ – длина участков определения выхода керна, м.

Б.12 Для определения выхода керна принимаются скважины, находящиеся в пределах вероятной области опасных сдвижений от горизонта отработки слепой рудной залежи. Область опасных сдвижений устанавливается по рекомендованным углам сдвижения, приводимым в "Указаниях по охране сооружений...", действующих в регионе. Выход керна для оценки устойчивости горизонтальных обнажений определяется из массива пород, находящегося над слепым рудным телом в интервале глубины, равном его горизонтальной мощности вкрест простирания. При оценке устойчиво-

сти наклонных и вертикальных обнажений выход керна определяется из скважин, попадающих в вероятную область опасных сдвижений от горизонта отработки, по всей мощности налегающей толщи.

Б.13 В случае отработки сближенных слепых рудных тел расчет устойчивости обнажений по методу эквивалентных пролетов производится следующим образом.

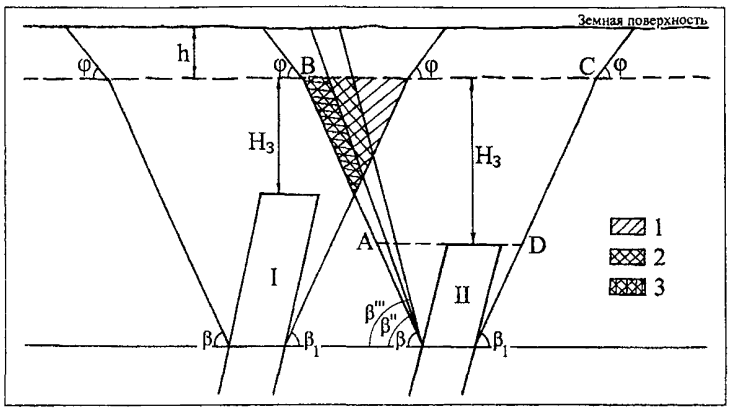
Первоначально производится оценка устойчивости налегающей толщи по условиям (Б.1) и (Б.2) над общим выработанным пространством сближенных рудных тел, в которое включаются и прослои между ними. В случае неустойчивого и предельно устойчивого состояния налегающей толщи производится оценка состояния толщи над каждым из сближенных рудных тел с учётом их взаимного влияния в порядке, излагаемом ниже.

При отработке рудного тела I (рисунок Б.3) производится оценка устойчивости налегающей толщи по условиям (Б.1) и (Б.2) как для изолированного рудного тела. В случае устойчивого или предельно устойчивого состояния обнажений в массиве определяется область опасного влияния отработки рудного тела II на налегающую толщу над I-м рудным телом (в пределах его области опасных сдвижений).

При отработке рудного тела II на область опасного влияния от рудного тела I накладываются области опасных сдвижений, трещин и обрушения от рудного тела II, определяемые соответственно углами сдвижения, разрывов, обрушения или воронкообразования.

Коэффициент ослабления массива $K_{осл}$ определяется размерами областей деформирования в сечении вкрест простирания рудной зоны и находится как средневзвешенное по площади подработки налегающей толщи рудным телом II

$$K_{осл} = \frac{K_1S_1 + K_2S_2 + K_3S_3}{S}, \qquad (Б.8)$$



1 – область обрушения; 2 – область трещин;
3 – область опасных сдвижений

Рисунок Б.3 – Схема к определению областей ослабления (деформирования) в массиве при отработке сближенных слепых рудных тел

где K_1, S_1 – соответственно коэффициент ослабления и площадь области обрушения;

K_2, S_2 – соответственно коэффициент ослабления и площадь области трещин;

K_3, S_3 – соответственно коэффициент ослабления и площадь области опасных сдвижений;

S – площадь подработки налегающей толщи рудным телом II (площадь фигуры ABCD на рисунке Б.3).

С учётом коэффициента ослабления $K_{осл}$ проверяется устойчивость обнажения рудного тела I с учетом влияния выработанного пространства по рудному телу II. Аналогично оценивается устойчивость обнажения рудного тела II с учетом влияния выработанного пространства по рудному телу I.

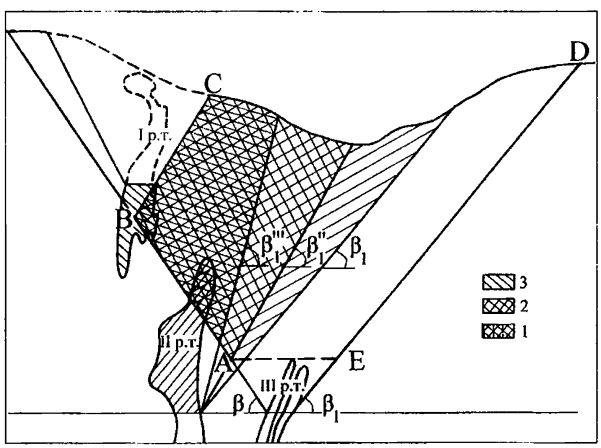
Б.14 При отработке слепых рудных тел, сближенных с рудными телами, отработанными системами разработки с обрушением налегающих пород, расчет устойчивости обнажений по методу эквивалентных пролетов производится аналогично п. Б.13. Области влияния и площади подработки в этом случае определяются по схеме рисунка Б.4.

Б.15 Коэффициенты ослабления в зонах деформирования, установленные из обобщения параметров деформирования горных пород на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии, составляют:

зона обрушения $K_1 = 0{,}8$;

зона трещин $K_2 = 0{,}45$;

зона опасных сдвижений $K_3 = 0{,}15$.



1 – область обрушения; 2 – область трещин;
3 – область опасных сдвижений

Рисунок Б.4 – Схема к определению областей ослабления (деформирования) в массиве при отработке сближенных рудных тел

Б.16 Устойчивость подработанной толщи по критическим деформациям обеспечивается при соблюдении условия

$$q < q_r \ , \qquad (Б.9)$$

где q_r – относительная предельная (граничная) деформация, соответствующая устойчивому обнажению;

q – относительная деформация подрабатываемой толщи, определяемая по формуле

$$q = \frac{1}{1 + \left(\frac{H_{экв}}{\ell_{экв}} \right)^f} \ , \qquad (Б.10)$$

где $H_{экв}$ – приведенная к условиям монолитного массива глубина залегания, м;

$\ell_{экв}$ – эквивалентный по устойчивости пролет выработки неограниченной длины, м. Для расчета принимается максимальный эквивалентный пролет, определенный из условий (Б.1) и (Б.2);

f – коэффициент крепости пород по М.М. Протодьяконову.

При определении относительной величины деформации q необходимо рассчитывать средневзвешенное по мощности слоёв значение коэффициента крепости пород по шкале М.М. Протодьяконова f по скважинам, попадающим в область опасных сдвижений:

$$f = \frac{f_1 m_1 + f_2 m_2 + ... + f_n m_n}{m_1 + m_2 + ... + m_n}, \qquad (Б.11)$$

где $f_1, f_2 \dots f_n$ – коэффициент крепости основных литологических разностей коренных пород;

$m_1, m_2 \dots m_n$ – мощности основных литологических разностей коренных пород, м.

Б.17 Состояние подработанного массива определяется следующими граничными условиями:

$q < 0{,}001$ – устойчивое обнажение;

$q = (0{,}001 - 0{,}04)$ – предельно устойчивое обнажение;

$q > 0{,}04$ – полное обрушение налегающей толщи.

Б.18 При выполнении условий (Б.1), (Б.2) и (Б.9) производится проверка устойчивости обнажений по критическим напряжениям.

Критерием устойчивости является условие

$$K_{п} < K_{г}\,, \qquad (Б.12)$$

где $K_{г}$ – коэффициент граничной несущей способности.

$K_{г} = 0{,}66 \pm 0{,}08$.

При $K_{п} < 0{,}58$ – устойчивое состояние пород в обнажении;

$K_{п} = (0{,}58 - 0{,}74)$ – предельно устойчивое состояние обнажения;

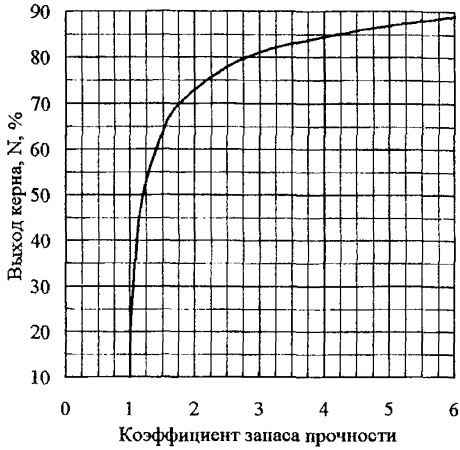
$K_{п} > 0{,}74$ – неустойчивое состояние обнажения, произойдет обрушение.

Для определения степени прочности и устойчивости пород в обнажениях определяются коэффициент запаса прочности и коэффициент запаса устойчивости.

Коэффициент запаса прочности есть отношение предела прочности образцов породы на одноосное сжатие к величине действующего в массиве напряжения. Коэффициент запаса устойчивости есть отношение предела упругости породы, равного для пород месторождений Горной Шории 0,66 от предела прочности образцов на одноосное сжатие, к величине действующего в массиве напряжения. Коэффициенту запаса прочности, равному 2, соответствует коэффициент запаса устойчивости 1,25.

Проверка условия устойчивости обнажений по критическим напряжениям (Б.12) требует учета коэффициентов, определяемых по графику рисунка Б.5.

а)



б)

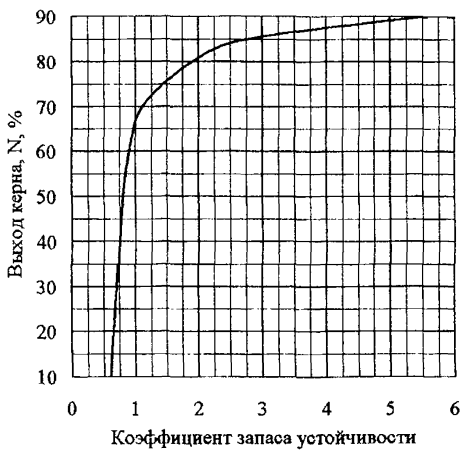


Рисунок Б.5 – Графики для определения коэффициентов запаса прочности (а) и запаса устойчивости (б)

Б.19 Прогнозные расчёты устойчивости обнажений производятся в разрезах по разведочным линиям для каждого горизонта до полной отработки рудной залежи или до горизонта, ограничивающего стадию разработки месторождения. При сильной изменчивости мощности рудной залежи в соседних разрезах её влияние на ближайший разрез оценивается под углами воронкообразования. Для железорудных месторождений ОАО "Евразруда" эти углы определяются действующими "Указаниями по охране сооружений...".

Б.20 По результатам вычислений производится оценка устойчивости:

а) обнажения относятся к устойчивым, если соблюдаются условия (Б.1), (Б.2), (Б.9), (Б.12) с коэффициентом запаса прочности пород не менее двух и коэффициентом запаса устойчивости не менее единицы;

б) обнажения относятся к предельно устойчивым, если:

- удовлетворяются условия (Б.1), (Б.2), (Б.9), (Б.12) с запасом прочности менее двух и запасом устойчивости менее единицы;

- удовлетворяются условия (Б.1), (Б.2) и хотя бы одно из условий (Б.9), (Б.12) определяет предельно устойчивое состояние;

в) обнажение рассматривается как неустойчивое, если хотя бы одно из условий (Б.1), (Б.2), (Б.9), (Б.12) определяет неустойчивое состояние.

Б.21 Условие отсутствия опасных деформаций на земной поверхности при разработке слепых изолированных рудных тел соответствует устойчивым обнажениям с четырёхсторонним опиранием. В условиях трёхстороннего опирания обнажений, примыкающих с одной стороны к отработанным ранее рудным телам, помимо приведенных условий устойчивости обнажений с привлечением специализированных организаций определяется область совместного влияния разработок на земную поверхность, за пределами которой состояние соответствует произведенным оценкам.

С привлечением специализированных организаций следует также производить оценку устойчивости налегающей толщи при наличии в ней мощных обводненных слоев, крупных тектонических нарушений и других значительных плоскостей ослабления.

Ниже приводятся примеры расчета устойчивости пород при отработке слепых рудных тел.

Пример Б.1 Производится отработка сближенных слепых рудных залежей (рисунок Б.6). На 1-м этапе отрабатывается рудная залежь, состоящая из рудных тел IV – V, глубина залегания верхней кромки которых составляет 340 м, мощность и угол падения рудных тел изменяются в широких пределах, общее выработанное пространство имеет размеры: по падению 208 м, по простиранию 540 м, вкрест простирания 110 м, угол падения 68°, высота выработанного пространства 176 м. На 2-м этапе отрабатывается рудная залежь, состоящая из рудных тел VI – VIII – X, глубина залегания верхней кромки которых составляет 410 м, общее выработанное пространство имеет размеры: по падению 206 м, по простиранию 380 м, вкрест простирания 176 м, угол падения 50°, высота выработанного пространства 164 м. В налегающей толще отсутствуют крупные тектонические трещины и карстовые полости. Крепость пород 9 – 16. Рекомендованные угловые параметры сдвижения в лежачем и висячем боках равны и составляют: угол сдвижения 65°, угол разрывов 70°, угол воронкообразования 75°.

Предварительная оценка устойчивости налегающих пород, выполненная из условия образования общего выработанного пространства от отработки рудных тел IV, V, VI, VIII, X, включая безрудные участки между ними, показала неустойчивое состояние налегающей толщи.

Требуется определить устойчивость налегающих и боковых пород при отработке сближенных рудных залежей, разделённых безрудными це-

ликами, с учётом взаимного ослабления налегающей толщи изолированными выработанными пространствами рудных тел IV – V и рудных тел VI – VIII – X.

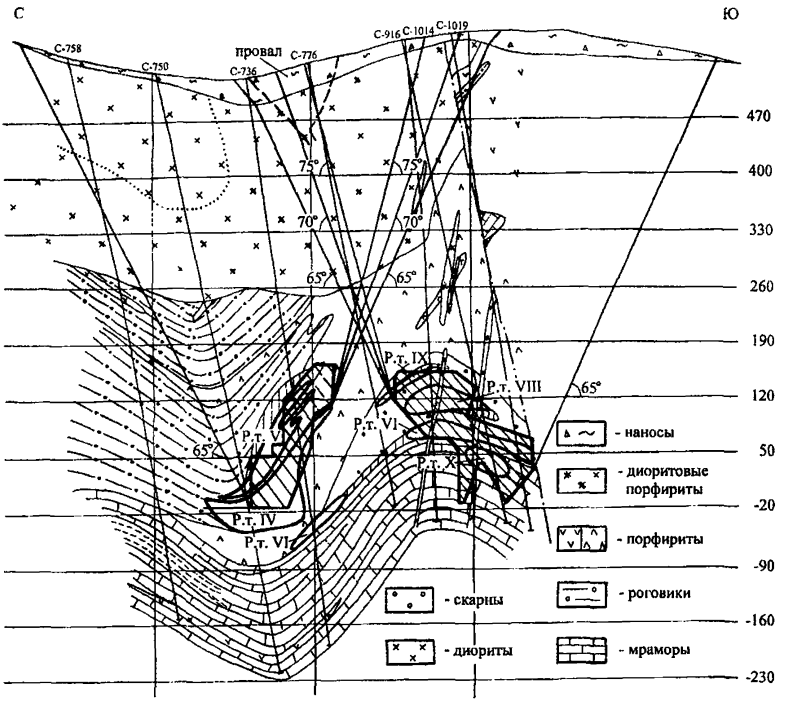


Рисунок Б.6 – Разрез по разведочной линии вкрест простирания рудных тел

I Оценка устойчивости пород на 1-м этапе отработки.

В разрезе вкрест простирания по разведочной линии определяем область опасных сдвижений, для этого проводим линии под углами сдвижения в коренных породах и наносах (φ = 50°), рекомендованными дейст-

вующими "Указаниями по охране сооружений...". Определяем разведочные скважины, попадающие в область опасных сдвижений, в данном случае это скважины 758, 750, 736, 776, 916, 1014, 1019. По этим скважинам в пределах области опасных сдвижений от границы наносов до верхней кромки рудной зоны по данным бурения и составу пород по формулам (Б.7) и (Б.11) вычисляем средневзвешенные значения выхода керна N и крепости пород f, в данном случае N = 77,8 % , f = 14,7.

Определяем устойчивость обнажений по методу эквивалентных пролетов.

По соотношению размеров отработки по простиранию L = 540 м и вкрест простирания n = 110 м определяем эквивалентный пролет $\ell_{экв} = n = 110$ м.

В связи с тем, что на 1-м этапе отработки вынимается два этажа, то по формуле (Б.3) вычисляем $\ell'_{экв}$. Для чего сначала определяем ℓ':

$$\ell' = \frac{N_3}{2}(1+\cos\alpha) = \frac{208}{2}(1+\cos 68°) = 143 \text{ м}.$$

$$\ell'_{экв} = \frac{540 \times 143}{\sqrt{540^2 + 143^2}} = 138{,}2 \text{ м}.$$

На 1-м этапе отрабатывается изолированная рудная залежь, поэтому $H_{экв}$ определяется по формуле (Б.4). Для этого сначала вычисляем коэффициент потери устойчивости $K_п$ по формуле (Б.6):

$$K_п = 0{,}84 + 0{,}01 \times 77{,}8 - 0{,}0002 \times 77{,}8^2 = 0{,}41.$$

$$H_{экв} = (1 - 0{,}41) \times 340 = 200{,}6 \text{ м}.$$

Сравниваем $\ell_{экв}$ и $\ell'_{экв}$ с $H_{экв}$:

$$110 \text{ м} < 200{,}6 \text{ м или } \ell_{экв} < H_{экв};$$

$$138{,}2 \text{ м} < 200{,}6 \text{ м или } \ell'_{экв} < H_{экв},$$

следовательно, обнажение по критерию эквивалентных пролетов устойчиво.

Производим расчет устойчивости по критическим деформациям по формуле (Б.10). За $\ell_{экв}$ в этом расчете принимаем $\ell'_{экв}$.

$$q = \frac{1}{1 + \left(\frac{200,6}{138,2}\right)^{14,7}} = 0,004.$$

Сравнивая q с граничными условиями п. Б.17 получаем, что обнажение по этому критерию находится в предельно устойчивом состоянии.

Проверяем устойчивость обнажения по критическому напряжению согласно п. Б.18. В нашем случае $K_п = 0,41$, что соответствует устойчивому состоянию пород в обнажении.

Для определения степени прочности и степени устойчивости пород в обнажениях по графикам рисунка Б.5 определяем коэффициент запаса прочности и коэффициент запаса устойчивости. При выходе керна N = 77,8 % коэффициент запаса прочности составляет 2,5 , коэффициент запаса устойчивости – 1,7.

По результатам вычислений производим оценку устойчивости в соответствии с требованиями п. Б.20. В данном случае обнажение относится к предельно устойчивому, следовательно, и налегающая толща находится в предельно устойчивом состоянии, при котором возможны крупные самообрушения пород в пределах свода естественного равновесия.

Для оценки устойчивости боковых пород вычисляем глубину залегания:

$$H_з = 340 + \frac{176}{2} = 428 \text{ м}.$$

По разведочным скважинам, попадающим в область опасных сдвижений, в пределах этой области от границы наносов до низа очистной вы-

емки по формулам (Б.7) и (Б.11) вычисляем средневзвешенные значения выхода керна N и крепости пород f: N = 75,3 %, f = 13,8.

Вычисляем $К_п$ и $Н_{экв}$, сравниваем $\ell_{экв}$ и $\ell'_{экв}$ с $Н_{экв}$:

$$К_п = 0{,}84 + 0{,}01 \times 75{,}3 - 0{,}0002 \times 75{,}3^2 = 0{,}46;$$

$$Н_{экв} = (1 - 0{,}46) \times 428 = 231{,}1 \text{ м};$$

$$110 \text{ м} < 231{,}1 \text{ м или } \ell_{экв} < Н_{экв};$$

$$138{,}2 \text{ м} < 231{,}1 \text{ м или } \ell'_{экв} < Н_{экв},$$

следовательно, обнажение по методу эквивалентных пролетов находится в устойчивом состоянии.

Вычисляем q:

$$q = \frac{1}{1 + \left(\frac{231}{138{,}2}\right)^{13{,}8}} = 0{,}0008.$$

Сравнивая q с граничными условиями п. Б.17, получаем, что обнажение по этому критерию также устойчиво.

Проверяем устойчивость обнажения по критическому напряжению согласно п. Б.18. В нашем случае $К_п = 0{,}46$, что соответствует устойчивому состоянию пород в обнажении с коэффициентом запаса прочности 2,2 и коэффициентом запаса устойчивости 1,4.

По результатам расчетов производим оценку устойчивости боковых пород в соответствии с условиями п. Б.20. В данном случае боковые породы находятся в устойчивом состоянии.

II Оценка устойчивости пород на 2-м этапе отработки.

Аналогично п. I определяем область опасных сдвижений и вычисляем средневзвешенные значения N и f: N = 78,5 %, f = 15,4.

Определяем устойчивость обнажений по методу эквивалентных пролетов.

По соотношению размеров отработки по простиранию L = 380 м и вкрест простирания n = 176 м определяем эквивалентный пролет $\ell_{экв} = n = 176$ м.

Так как на 2-м этапе отработки вынимается два этажа и общее выработанное пространство по углу падения относится к крутопадающему, вычисляем:

$$\ell' = \frac{N_з}{2}(1 + \cos\alpha) = \frac{206}{2}(1 + \cos 50°) = 169{,}2 \text{ м};$$

$$\ell'_{экв} = \frac{380 \times 169{,}2}{\sqrt{380^2 + 169{,}2^2}} = 154{,}6 \text{ м}.$$

В связи с тем, что на 2-м этапе отработки вынимается вторая рудная залежь, сближенная с первой рудной залежью, и налегающая толща над этим выработанным пространством подработана очистными работами по первой рудной залежи, то $H_{экв}$ вычисляем по формуле (Б.5).

Для этого по формуле (Б.8) определяем коэффициент ослабления массива. Коэффициент ослабления массива $K_{осл}$ находится как средневзвешенное по площади подработки налегающей толщи вторым выработанным пространством. В этом случае в разрезе вкрест простирания дополнительно к области опасных сдвижений определяем области трещин и обрушения от второго выработанного пространства. Согласно схеме на рисунке Б.3 в области опасных сдвижений от первого выработанного пространства вычисляем площади областей обрушения, трещин, опасных сдвижений и общую площадь подработки налегающей толщи вторым выработанным пространством:

$$S_1 = 37840 \text{ м}^2;\ S_2 = 6635 \text{ м}^2;\ S_3 = 7200 \text{ м}^2;\ S = 164572 \text{ м}^2.$$

$$K_{осл} = \frac{0,8 \times 37840 + 0,45 \times 6635 + 0,15 \times 7200}{164572} = 0,21.$$

Вычисляем $K_п$ и $H_{экв}$:

$$K_п = 0,84 + 0,01 \times 78,5 - 0,0002 \times 78,5^2 = 0,39;$$

$$H_{экв} = (1 - 0,39) \times (1 - 0,21) \times 410 = 197,6 \text{ м}.$$

Сравниваем $\ell_{экв}$ и $\ell'_{экв}$ с $H_{экв}$:

$$176 \text{ м} < 197,6 \text{ м или } \ell_{экв} < H_{экв};$$

$$154,6 \text{ м} < 197,6 \text{ м или } \ell'_{экв} < H_{экв}.$$

Таким образом, по методу эквивалентных пролетов получаем устойчивое состояние обнажения.

Вычисляем q:

$$q = \frac{1}{1 + \left(\frac{197,6}{176}\right)^{15,4}} = 0,144.$$

Сравнивая q с граничными условиями п. Б.17, получаем, что обнажение по этому критерию неустойчиво. Следовательно, в соответствии с условиями п. Б.20, налегающая толща находится в неустойчивом состоянии.

Для оценки устойчивости боковых пород вычисляем глубину залегания

$$H_з = 410 + \frac{164}{2} = 492 \text{ м}.$$

Вычисляем средневзвешенные значения N и f: N = 78,5 %, f = 15,1.

Вычисляем $K_п$, $K_{осл}$ и $H_{экв}$:

$$K_п = 0,84 + 0,01 \times 78,5 - 0,0002 \times 78,5^2 = 0,39.$$

Для вычисления коэффициента ослабления массива боковых пород в области опасных сдвижений определяем общую площадь подработки от нижней границы выработанного пространства: $S = 173712\,м^2$.

$$K_{осл} = \frac{0,8 \times 37840 + 0,45 \times 6635 + 0,15 \times 7200}{173712} = 0,20;$$

$$H_{экв} = (1 - 0,39) \times (1 - 0,20) \times 492 = 240,1 \text{ м}.$$

Сравниваем $\ell_{экв}$ и $\ell'_{экв}$ с $H_{экв}$:

$$176 \text{ м} < 240,1 \text{ м или } \ell_{экв} < H_{экв};$$

$$154,6 \text{ м} < 240,1 \text{ м или } \ell'_{экв} < H_{экв},$$

следовательно, обнажение по критерию эквивалентных пролетов находится в устойчивом состоянии.

Производим расчет устойчивости по критическим деформациям по формуле (Б.10):

$$q = \frac{1}{1 + \left(\frac{240,1}{176}\right)^{15,1}} = 0,009.$$

Сравнивая q с граничными условиями п. Б.17, получаем, что обнажение по этому условию находится в предельно устойчивом состоянии. Следовательно, состояние боковых пород оценивается как предельно устойчивое.

III Оценка устойчивости пород над первым выработанным пространством с учетом выемки второй рудной залежи.

Проверяем состояние устойчивости породного массива над первым выработанным пространством, которое первоначально оценивалось как предельно устойчивое для налегающей толщи и устойчивое для боковых пород, после отработки второй рудной залежи. В этом случае породный массив в области опасных сдвижений над первой рудной залежью допол-

нительно ослабляется в результате его подработки вторым выработанным пространством.

В разрезе вкрест простирания от первого выработанного пространства в дополнение к области опасных сдвижений строим области трещин и обрушения, определяем площади этих областей и площадь подработки налегающей толщи первым выработанным пространством, вычисляем коэффициент ослабления $К_{осл}$ и $Н_{экв}$:

$$S_1 = 32156 \text{ м}^2;\ S_2 = 9232 \text{ м}^2;\ S_3 = 9432 \text{ м}^2;\ S = 137468 \text{ м}^2;$$

$$К_{осл} = \frac{0{,}8 \times 32156 + 0{,}45 \times 9232 + 0{,}15 \times 9432}{137468} = 0{,}23;$$

$$Н_{экв} = (1 - 0{,}41) \times (1 - 0{,}23) \times 340 = 154{,}5 \text{ м}.$$

Сравниваем $\ell_{экв}$ и $\ell'_{экв}$ с $Н_{экв}$:

$$110 \text{ м} < 154{,}5 \text{ м или } \ell_{экв} < Н_{экв};$$

$$138{,}2 \text{ м} < 154{,}5 \text{ м или } \ell'_{экв} < Н_{экв}.$$

Получаем, что по методу эквивалентных пролетов обнажение, с учетом подработки сближенной рудной залежью, остается устойчивым.

Производим расчет устойчивости по критическим деформациям по формуле (Б.10):

$$q = \frac{1}{1 + \left(\frac{154{,}5}{138{,}2}\right)^{14{,}7}} = 0{,}163.$$

Сравнивая q с граничными условиями п. Б.17, получаем, что обнажение по этому условию находится в неустойчивом состоянии. Следовательно, состояние налегающей толщи оценивается как неустойчивое.

Оцениваем состояние устойчивости боковых пород. Для этого определяем площадь подработки породного массива первым выработанным пространством от низа очистной выемки: $S = 150824 \text{ м}^2$, тогда

$$K_{осл} = \frac{0,8 \times 32156 + 0,45 \times 9232 + 0,15 \times 9432}{150824} = 0,21;$$

$$H_{экв} = (1 - 0,46) \times (1 - 0,21) \times 428 = 182,6 \text{ м}.$$

Сравниваем $\ell_{экв}$ и $\ell'_{экв}$ с $H_{экв}$:

$$110 \text{ м} < 182,6 \text{ м или } \ell_{экв} < H_{экв};$$

$$138,2 \text{ м} < 182,6 \text{ м или } \ell'_{экв} < H_{экв}.$$

По методу эквивалентных пролетов получаем устойчивое состояние обнажений.

Производим расчет устойчивости по критическим деформациям:

$$q = \frac{1}{1 + \left(\frac{182,6}{138,2}\right)^{13,8}} = 0,021.$$

Сравнивая q с граничными условиями п. Б.17, получаем, что обнажение по данному критерию находится в предельно устойчивом состоянии, следовательно, состояние боковых пород оценивается как предельно устойчивое.

Выполненными расчетами установлено, что при отработке первой рудной залежи в составе IV и V рудных тел состояние налегающей толщи оценивается как предельно устойчивое и боковых пород как устойчивое. При отработке второй рудной залежи в составе VI, VIII, X рудных тел, являющейся сближенной с первой залежью, в результате совместной подработки горного массива состояние устойчивости налегающей толщи оценивается как неустойчивое с возможностью выхода на земную поверхность воронки обрушения или провала, состояние устойчивости боковых пород оценивается как предельно устойчивое. Наиболее вероятной зоной обрушения земной поверхности является общий район зоны опасных сдвижений от сближенных рудных залежей.

Пример Б.2 Производится отработка сближенных рудных тел (рисунок Б.7). На 1-м этапе отрабатывается Главное, VI и V рудные тела системой разработки с обрушением и образованием общей воронки обрушения. На 2-м этапе отрабатывается слепое рудное тело IV, глубина залегания верхней кромки которого составляет 662 м. Общее выработанное пространство до гор. -200 м имеет размеры: по падению – 150 м, по простиранию – 646 м, вкрест простирания – 96 м, угол падения – 85°, высота выработанного пространства – 150 м. В налегающей толще отсутствуют крупные тектонические нарушения и карстовые полости. Крепость пород 7 – 10. Рекомендованные угловые параметры сдвижения составляют: в лежачем боку угол сдвижения 50°, угол разрывов 60°, угол воронкообразования 75°, в висячем боку угол сдвижения 55°, угол разрывов 60°, угол воронкообразования 70°.

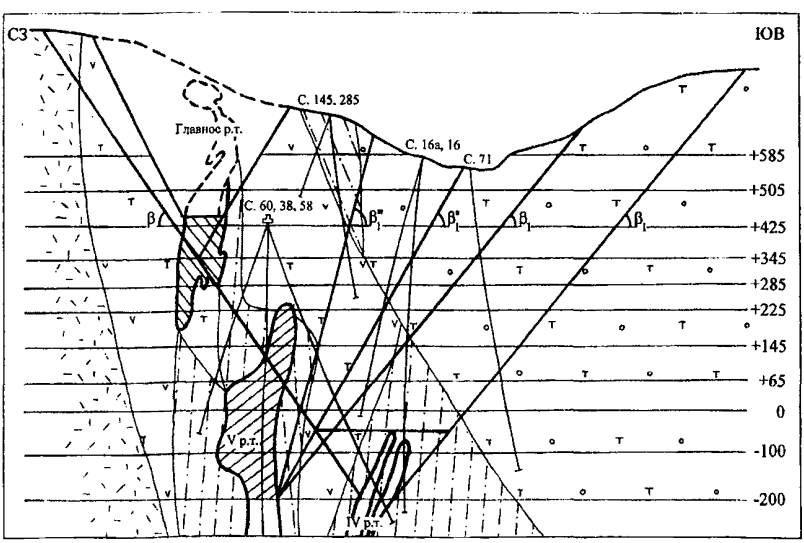


Рисунок Б.7 – Разрез вкрест простирания рудных тел по разведочной линии

Определить устойчивость налегающих и боковых пород при отработке слепого рудного тела IV до гор. -200 м с учётом их ослабления за счёт развившихся при отработке Главной залежи и V рудного тела областей обрушения пород, трещин и плавных сдвижений.

В разрезе вкрест простирания по разведочной линии определяем область опасных сдвижений от рудного тела IV на гор. -200 м, для этого в коренных породах проводим линии под углами сдвижения, рекомендованными действующими "Указаниями по охране сооружений...". Определяем разведочные скважины, попадающие в область опасных сдвижений, в данном случае это скважины 71, 60, 38, 58, 145, 285, 16а, 16. По этим скважинам в пределах области опасных сдвижений от земной поверхности до верхней кромки рудной зоны по данным бурения и составу пород по формулам (Б.7) и (Б.11) вычисляем средневзвешенные значения выхода керна N и крепости пород f, в данном случае N = 70,8 % , f = 9,4.

Определяем устойчивость обнажений по методу эквивалентных пролетов.

По соотношению размеров отработки по простиранию L = 646 м и вкрест простирания n = 96 м определяем эквивалентный пролет $\ell_{экв} = n = 96$ м.

Так как вынимается два этажа и рудное тело по углу падения относится к крутопадающему, вычисляем:

$$\ell' = \frac{N_3}{2}(1 + \cos\alpha) = \frac{150}{2}(1 + \cos 85°) = 81{,}5 \text{ м};$$

$$\ell'_{экв} = \frac{646 \times 81{,}5}{\sqrt{646^2 + 81{,}5^2}} = 80{,}9 \text{ м}.$$

В связи с тем, что слепое рудное тело вынимается на 2-м этапе отработки и налегающая толща над этим выработанным пространством подра-

ботана очистными работами по Главной рудной залежи и VI, V рудным телам, то $H_{экв}$ вычисляем по формуле (Б.5).

Для этого по формуле (Б.8) определяем коэффициент ослабления массива. Коэффициент ослабления массива $K_{осл}$ находится как средневзвешенное по площади подработки налегающей толщи выработанным пространством по IV рудному телу. В этом случае в разрезе вкрест простирания в области опасных сдвижений от IV рудного тела определяем области опасных сдвижений, трещин и обрушения от общего выработанного пространства по Главной залежи, VI и V рудным телам. Согласно схеме на рисунке Б.4 в области опасных сдвижений от IV рудного тела вычисляем площади областей обрушения, трещин, опасных сдвижений и общую площадь подработки налегающей толщи выработанным пространством по IV рудному телу:

$$S_1 = 155576 \text{ м}^2;\ S_2 = 74200 \text{ м}^2;\ S_3 = 77978 \text{ м}^2;\ S = 476058 \text{ м}^2.$$

$$K_{осл} = \frac{0{,}8 \times 155576 + 0{,}45 \times 74200 + 0{,}15 \times 77978}{476058} = 0{,}36.$$

Вычисляем $K_п$ и $H_{экв}$:

$$K_п = 0{,}84 + 0{,}01 \times 70{,}8 - 0{,}0002 \times 70{,}8^2 = 0{,}54;$$

$$H_{экв} = (1 - 0{,}54) \times (1 - 0{,}36) \times 662 = 194{,}9 \text{ м}.$$

Сравниваем $\ell_{экв}$ и $\ell'_{экв}$ с $H_{экв}$:

$$96 \text{ м} < 194{,}9 \text{ м или } \ell_{экв} < H_{экв};$$

$$80{,}9 \text{ м} < 194{,}9 \text{ м или } \ell'_{экв} < H_{экв}.$$

Таким образом, по методу эквивалентных пролетов получаем устойчивое состояние обнажения.

Вычисляем $q = \dfrac{1}{1 + \left(\dfrac{194{,}9}{96}\right)^{9{,}4}} = 0{,}0013.$

Сравнивая q с граничными условиями п. Б.17, получаем, что обнажение по этому критерию предельно устойчивое. Следовательно, в соответствии с условиями п. Б.20, налегающая толща находится в предельно устойчивом состоянии.

Для оценки устойчивости боковых пород вычисляем глубину залегания от земной поверхности до середины высоты обнажения

$$H_З = 662 + \frac{144}{2} = 734 \text{ м}.$$

Определяем средневзвешенные значения N и f: N = 70,8 %, f = 9,4.

Вычисляем $K_П$, $K_{осл}$ и $H_{экв}$:

$$K_П = 0,84 + 0,01 \times 70,8 - 0,0002 \times 70,8^2 = 0,54.$$

Для вычисления коэффициента ослабления массива боковых пород в области опасных сдвижений определяем общую площадь подработки от нижней границы выработанного пространства: S = 495258 м^2.

$$K_{осл} = \frac{0,8 \times 155576 + 0,45 \times 74200 + 0,15 \times 77978}{495258} = 0,34;$$

$$H_{экв} = (1 - 0,54) \times (1 - 0,34) \times 734 = 222,8 \text{ м}.$$

Сравниваем $\ell_{экв}$ и $\ell'_{экв}$ с $H_{экв}$:

$$96 \text{ м} < 222,8 \text{ м или } \ell_{экв} < H_{экв};$$

$$80,9 \text{ м} < 222,8 \text{ м или } \ell'_{экв} < H_{экв},$$

следовательно, обнажение по критерию эквивалентных пролетов находится в устойчивом состоянии.

Производим расчет устойчивости по критическим деформациям по формуле (Б.10):

$$q = \frac{1}{1 + \left(\frac{222,8}{96}\right)^{9,4}} = 0,0004.$$

Сравнивая q с граничными условиями п. Б.17, получаем, что обнажение по этому условию находится в устойчивом состоянии. Следовательно, состояние боковых пород по этому критерию оценивается как устойчивое.

Так как выполняются условия (Б.1), (Б.2) и (Б.9) производим проверку устойчивости обнажений по критическим напряжениям по условию (Б.12). Получаем $0,54 < 0,58$, что соответствует устойчивому состоянию обнажений

Для определения степени прочности и устойчивости пород в обнажениях по графикам рисунка Б.5 определяем коэффициент запаса прочности и коэффициент запаса устойчивости. Коэффициент запаса прочности равен 1,8 , коэффициент запаса устойчивости – 1,1.

Производим оценку устойчивости боковых пород в соответствии с положениями п. Б.20. Обнажение по IV рудному телу относится к предельно устойчивому согласно п. Б.20, б), так как выполняются условия (Б.1), (Б.2), (Б.9), (Б.12), а запас прочности менее двух.

Таким образом, выполненными расчетами установлено, что при отработке IV рудного тела до гор. -200 м состояние как налегающей толщи, так и боковых пород соответствует предельно устойчивому состоянию с запасом прочности 1,8 , и запасом устойчивости 1,1.

Приложение В

Допустимые и предельные деформации земной поверхности и горных пород для охраняемых объектов (при среднем интервале между реперами 15 – 20 м)

В.1 Для гражданских зданий

Таблица В.1

Назначение зданий	Этажность	Длина (ширина) здания, м	Горизонтальные деформации земной поверхности, * 1×10^{-3}	
			допустимые	предельные
Дошкольные детские учреждения, больницы, поликлиники, школы, бани, театры, дворцы культуры	1 – 3	до 15	5	9
		15 – 30	3,5	5,5
		31 – 40	2,5	4
		60	2	3,5
	4 – 5	до 15	6	-
		15 – 30	4	-
		31 – 40	3	-
		60	2,5	-
Жилые здания, гостиницы	1 – 3	до 15	5,5	9
		15 – 30	3,5	5,5
		31 – 40	2,5	4
		60	2	3,5
	4 – 5	до 15	6,5	-
		15 – 30	4,5	-
		31 – 40	3	-
		60	2,5	-
Учреждения бытового обслуживания, вспомогательные здания	1 – 3	до 15	6	9
		15 – 30	4	5,5
		31 – 40	3	4
		60	2,5	3,5
	4 – 5	до 15	6,5	-
		15 – 30	4,5	-
		31 – 40	3	-
		60	2,5	-

Примечание – * Деформации приведены для кирпичных зданий, для деревянных зданий соответствующие значения следует увеличить в 1,5 раза. При износе кирпичных и шлакоблочных стен более 10 % допустимые и предельные деформации уменьшаются пропорционально проценту износа.

В.2 Для промышленных зданий

Таблица В.2

Назначение зданий	Длина (ширина) здания или отсека, м	Растяжение или сжатие земной поверхности, 1×10^{-3}		
		для каркасных зданий	для бескаркасных или с неполным каркасом	
		допустимое	допустимое	предельное
Обогатительные фабрики	менее 15	5,5	4,5	7
	15 – 30	3	2,5	4
	31 – 45	2,5	2	3,5
	46 – 72	2	2	3
Производственные помещения Адмбыткомбинаты, заводские лаборатории Центральные электромеханические мастерские Шахтные и заводские котельные	менее 15	8	5,5	8
	15 – 30	4,5	3	4,5
	31 – 45	4	2,5	4
	46 – 72	3,5	2	3
Административно-хозяйственнные и складские помещения Компрессорные станции Шахтные электровозные депо Здания электроподстанций, рудничных вентиляторов, подъемных машин	менее 15	10	8	-
	15 – 30	6	4,5	-
	31 – 45	5	4	-
Примечание – В таблицах В.1, В.2 длина (ширина) здания определяется в направлении максимального влияния горных разработок.				

В.3 Для различных объектов и сооружений

Таблица В.3

Наименование сооружения (объекта)	Деформации земной поверхности, 1×10^{-3}			
	Растяжение или сжатие		Наклон	
	допустимое	предельное	допустимый	предельный
I Технологическое оборудование				
Компрессоры:				
поршневые	-	-	4	6
турбокомпрессоры производительностью				
более 100 $м^3$/мин	2	-	4	-
до 100 $м^3$/мин	3	-	5	-
Шахтные подъёмные машины с диаметром барабана:				
до 5 м	-	-	6	8
более 5 м	-	-	4	6
Шахтные вентиляторы:				
осевые	3	7	5	10
центробежные	5	9	7	12
Технологическое оборудование обогатительных фабрик	3	-	4	-
Котлы:				
вертикальные водотрубные	-	8	5	10
горизонтальные жаротрубные	4	-	8	12
Подкрановые пути мостовых кранов	-	-	6	-
Подкрановые пути мостовых перегружателей	-	-	3	-
II Инженерные сооружения				
Водонапорные башни на бетонном и бутобетонном фундаментах	3	5	8	12
Дымовые трубы кирпичные и железобетонные:				
до 50 м	-	-	6	14
51 – 80 м	-	-	4	10
Стальные копры	-	-	6	-
Башенные копры	-	-	4	-

Продолжение таблицы В.3

Наименование сооружения (объекта)	Деформации земной поверхности, 1×10^{-3}			
	Растяжение или сжатие		Наклон	
	допустимое	предельное	допустимый	предельный
Плотины и дамбы:				
каменные и бетонные	2	2,5	-	-
земляные с водосливным устройством	6	9	-	-
земляные без водосливного устройства	4	6	-	-
Бункеры:				
погрузочные железобетонные	3	6	-	-
погрузочные стальные	4	9	-	-
III Транспортные сооружения				
Мосты, путепроводы (виадуки) всех конструкций длиной более 20 м	3	-	5	-
Линии железных дорог общего пользования, железнодорожные депо Минтранса России, мосты, путепро-воды и виадуки длиной менее 20 м	5	-	8	-
Линии железных дорог с грузооборотом менее 3 млн. т/км в год с ограниченным движением пассажирских поездов (не более 3-х пар в сутки), подъездные пути Минтранса России	7	-	10	-
IV Линии электропередач (ЛЭП) и открытые понизительные подстанции				
Анкерные опоры ЛЭП напряжением:				
220 – 400 кВ	5	-	8	-
6 – 110 кВ	7	-	12	-
Промежуточные опоры ЛЭП напряжением:				
220 – 400 кВ	7	-	12	-

Продолжение таблицы В.3

Наименование сооружения (объекта)	Деформации земной поверхности, 1×10^{-3}			
	Растяжение или сжатие		Наклон	
	допустимое	предельное	допустимый	предельный
6 – 110 кВ	10	-	-	-
Открытые понизительные подстанции напряжением:				
220 – 400 кВ	4	7	5	11
110 кВ и менее	5	10	7	14
V Санитарно-технические сети				
Теплопроводы:				
наземные магистральные	10	15	-	-
подземные в каналах	6	10	6	12
подземные бесканальные магистральные, разводящие	3 – 5	5 – 8	4 – 5	7
Водопроводы:				
наземные магистральные	10	15	-	-
подземные стальные магистральные, разводящие	4 – 5	6 – 8	-	-
магистральные каналы с монолитной или железобетонной облицовкой	1	-	-	-
Канализационные сети:				
стальные напорные подземные	3 – 4	5 – 6	-	-
стальные напорные наземные	8	15	-	-

В.4 Для водных объектов

Таблица В.4

Наименование объекта	Деформации земной поверхности, 1×10^{-3}			
	Растяжение или сжатие		Наклон	
	допустимое	предельное	допустимый	предельный
Русла больших рек, естественные и искусственные водоемы, которые невозможно отвести или спустить	5	7	8	10

В.5 Для горных выработок

Таблица В.5

Наименование выработки	Деформации, 1×10^{-3}			
	Сжатие (-) или растяжение (+)		Наклон	
	допустимое	предельное	допустимый	предельный
I категория охраны				
Главные стволы шахт, слепые шахты:				
по оси стволов	-0,85 / +0,25	-2,0* / +1,0*	2^{x} / 5^{xx}	3^{x} / 7^{xx}
по радиусу	-1,0 / +2,0	-2,0 / +6,0	4	8
Камеры подъемных машин, выработки подземного дробильного комплекса	-1,0 / +2,0	-2,0 / +6,0	4	8
II категория охраны				
Вспомогательные и вентиляционные стволы шахт:				
по оси стволов	-1,5 / +1,0	-3,0* / +2,0*	3^{x} / 7^{xx}	3^{x} / 7^{xx}
по радиусу	-1,2 / +4,0	-3,0 / +8,0	6	8
Околоствольные дворы, штольни, этажные откаточные квершлаги, камеры специального назначения	-1,2 / +3,0	-4,0 / +8,0	5	9
III категория охраны				
Откаточные штреки и орты, нарезные выработки	-1,5 / +4,0	-5,0 / +10,0	6	10

Примечание – В таблице приведены допустимые и предельные деформации горных выработок, закрепленных преимущественно бетонной крепью, за пределами допустимых деформаций эта крепь в необходимых случаях усиливается анкерами, спецпрофилем и другими типами крепи; * – при усилении крепи без применения специальных разрезных, осадочных швов, осадочных зон и узлов вертикальной податливости; ^{x} – средний наклон оси ствола; ^{xx} – максимальный наклон на отдельных участках.

Составители:

Д.т.н. В.А. Квочин, к.т.н. Т.В. Лобанова, А.Ф. Клещева, О.Л. Трофимова, Н.Н. Романова, д.т.н. А.Г. Шадрин, А.Ф. Мюнх, Г.В. Гольцов, В.Н. Никитин, В.А. Храмцов, А.В. Макущенко, д.т.н. И.Ф. Матвеев, В.И. Коняхин, к.т.н. С.В. Фефелов, В.Н. Филиппов, А.А. Кудряшов, В.А. Чиглинцев, А.П. Дроздов, В.И. Маликов, С.В. Скурятин

Указания
по охране сооружений и природных объектов
от вредного влияния подземных горных разработок
на железорудных месторождениях ОАО "Евразруда"

Под редакцией доктора технических наук В.А. Квочина

Подписано в печать
Формат бумаги 60×84 1/16.
Бумага писчая.
Печать офсетная.
Усл. печ. л. Уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. Заказ 141.

Сибирский государственный индустриальный университет.
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Типография СибГИУ

gost.e-ecolog.ru