МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

ВРЕМЕННЫЕ ПРАВИЛА

ОХРАНЫ СООРУЖЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ С НЕИЗУЧЕННЫМ ПРОЦЕССОМ СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Ленинград
1986

gost.e-ecolog.ru

В В Е Д Е Н И Е

Основой настоящей работы явились Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудных месторождениях с неизученным процессом сдвижения горных пород (Л.: ВНИМИ, 1966). Опыт использования указанного нормативного документа в разнообразных горно-геологических условиях показал правильность его основных принципиальных положений. Однако некоторые из рекомендаций устарели и нуждаются в переработке с учетом результатов более поздних исследований. Кроме того, возникла необходимость внести во Временные правила новые положения, используемые для решения актуальных вопросов сдвижения горных пород и охраны сооружений при разработке месторождений руд цветных металлов.

При разработке настоящих Временных правил использованы также результаты исследований ВНИМИ, полученные для составления Методических указаний по определению параметров процесса сдвижения горных пород, охране сооружений и горных выработок на месторождениях цветных металлов (Л.: ВНИМИ, 1974) и Правил охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях (М.: Недра, 1981).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I. Настоящие Временные правила устанавливают границы зон влияния подземных горных разработок и регламентируют меры охраны и условия выемки руды под зданиями, сооружениями и природными объектами на месторождениях руд цветных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород.

При проектировании зданий и сооружений, возводимых на территориях залегания месторождений, следует руководствоваться требованиями статьи 34 Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах и соответствующими нормативными документами (СНиП II-8-78 и др.).

2. Эксплуатируемые промышленные и гражданские здания и сооружения, расположенные в зоне влияния горных разработок, а также природные объекты (зеленые насаждения и др.) подлежат охране от вредного воздействия подземных разработок.

3. При выемке руды под водными объектами горные выработки подлежат охране от прорывов воды и увеличения ее притока в количестве, опасном для людей или приводящем к нарушению нормальной эксплуатации рудника.

Водные объекты, имеющие народнохозяйственное значение (реки, водоемы, водоносные горизонты, используемые для водоснабжения, мелиорации, рыбного хозяйства и т.п.), подлежат охране от вредных последствий подработки (недопустимые потери воды вследствие фильтрации в горные выработки, изменение уклонов каналов и пр.).

4. Меры охраны должны быть экономически и технически целесообразными и обеспечивать следующие условия:

а) безопасность людей в подрабатываемых горных выработках, охраняемых зданиях и сооружениях;

б) сохранность объектов, обеспечивающую их эксплуатацию по прямому назначению;

в) безопасность ведения горных работ;

г) исключение излишних потерь или консервации руды;

д) предотвращение неоправданного или преждевременного переноса или сноса охраняемого объекта.

5. Меры охраны для существующих объектов выбираются горным предприятием, разрабатывающим месторождение, либо по его заказу - проектной или специализированной организацией.

Меры охраны объектов, намечаемых к строительству или попадающих в зону влияния от проектируемой разработки новых (доразведанных) участков месторождения, выбирает проектная организация.

При подходе зоны влияния подземной разработки к охраняемому объекту меры его охраны подлежат повторному рассмотрению горным предприятием, которое с учетом фактического развития процесса сдвижения горных пород и земной поверхности, состояния охраняемого объекта и результатов проверки соответствия фактических горно-геологических условий проектным может внести коррективы в меры охраны, разработанные проектной организацией. После внесения изменений проект подлежит повторному утверждению в установленном порядке.

6. Оформление, согласование и утверждение мер охраны производятся в соответствии с Инструкцией о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок (М., 1986). Согласование выемки руды под железными дорогами МПС производится в соответствии с Инструкцией о порядке согласования подработки железных дорог на угольных и сланцевых месторождениях СССР (М.: Минуглепром СССР, 1969).

Отступления от норм настоящих Временных правил при очистных работах под охраняемыми объектами допускаются только с разрешения органов Госгортехнадзора.

7. Руководство горным предприятием не менее чем за 6 месяцев до начала очистных работ в районе влияния на охраняемый объект обязано известить об этом организацию, ответственную за сохранность и эксплуатацию объекта.

8. До начала и после окончания подработки (а при необходимости - одновременно с ней) здания, сооружения и другие объекты обследуются комиссией в составе представителей рудника, подрабатывающего охраняемый объект, организации, эксплуатирующей его, а также проектировщиков мер охраны. В комиссию могут быть включены представители организаций, осуществляющих проектирование и строительство объекта. На каждом этапе обследования составляются акты, в которых указывают состояние объекта, процент износа, деформации от подработки и степень их влияния на возможность его эксплуатации, а также предложения по дополнительным мерам охраны объекта.

9. Параметры процесса сдвижения, необходимые для определения границ вредного влияния подземных разработок, мер охраны сооружений, включая построение предохранительных целиков приведены далее (III-IУ).

Допускаются отличия отдельных параметров процесса сдвижения от приведенных в настоящих Временных правилах, в соответствии с данными натурных наблюдений на месторождении или по заключению специализированных организаций после согласования с органами Госгортехнадзора.

IO. Для того, чтобы определить фактические углы сдвижения, величины сдвижений и деформаций земной поверхности и охраняемых объектов, а также эффективность мер охраны, на рудниках оледует выполнять систематические наблюдения в соответствии с требованиями Инструкции по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. При подработке охраняемых объектов наблюдения за сдвижением пород и земной поверхности на охраняемой площади обязательны.

Наблюдения должна производить маркшейдерская служба рудника, специализированная группа при горном предприятии или специализированная организация.

II. Меры охраны сооружений и природных объектов (включая предохранительные целики), утвержденные на основе ранее изданных Правил или Указаний по охране сооружений от вредного влияния горных разработок, не подлежат обязательному пересмотру.

II. ФОРМА ПРОЯВЛЕНИЯ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ

I. При подземной разработке рудных месторождений нарушается устойчивость вмещающих пород и в области влияния горных выработок возникает сдвижение пород. По мере увеличения размеров выработанного пространства область влияния горных выработок увеличивается и процесс сдвижения пород достигает земной поверхности. Различные точки в толще пород и на земной поверхности сдвигаются неодинаково, в результате возникают вертикальные (наклоны, кривизна) и горизонтальные (растяжения, сжатия) деформации, а также трещины, уступы, провалы.

Сдвижения и деформации пород и земной поверхности могут вызвать повреждения в различных охраняемых объектах, расположенных в области влияния горных выработок (в мульде сдвижения), а также увеличение водопритоков по раскрывшимся трещинам в выработки и их затопление из-за прорывов воды из подработанных водных объектов.

2. Часть горного массива, подвергшаяся сдвижениям и деформациям под влиянием подземных горных разработок, называется областью влияния горных выработок, а участок земной поверхности, претерпевший сдвижения и деформации в пределах области влияния горных выработок, - мульдой сдвижения (общей зоной влияния горных выработок на земной поверхности).

За границу области влияния горных выработок и мульды сдвижения условно принимается контур, построенный по краевым точкам толщи пород и мульды сдвижения, оседания которых равны I5 мм.

3. На формы проявления, характер и параметры процесса сдвижения горных пород и земной поверхности влияют следующие факторы:

- структурные особенности массива горных пород (слоистое или неслоистое строение пород, трещиноватость, тектонические нарушения);
- форма и размеры выработанного пространства, глубина разработки;
- крепость вмещающих пород;
- углы падения рудных тел и вмещающих пород;
- системы разработки и способы управления горным давлением.

На процессе сдвижения горных пород и земной поверхности могут сказываться также обводненность пород, несогласие залегания рудных тел и вмещающих пород, гористый рельеф местности и др.

4. Рудные месторождения имеют два основных типа строения пород: I - слоистое и II - неслоистое.

К слоистым относятся массивы осадочных и сильносланцеватых метаморфизованных пород с хорошо выраженными и закономерно расположен-

ными поверхностями ослабления большой протяженности в виде напластования, контактов слоев или сланцеватости.

К неслоистым относятся массивы малометаморфизованных изверженных пород, а также осадочные породы, не имеющие первоначальной слоистости или утратившие ее в результате метаморфизма (мраморизованные известняки, конгломераты и т. п.).

5. При системах разработки с обрушением налегающих пород и полном развитии процесса сдвижения в области влияния горных выработок и в мульде сдвижения образуются следующие области и зоны сдвижения и деформирования толщи пород и земной поверхности (рис. I):

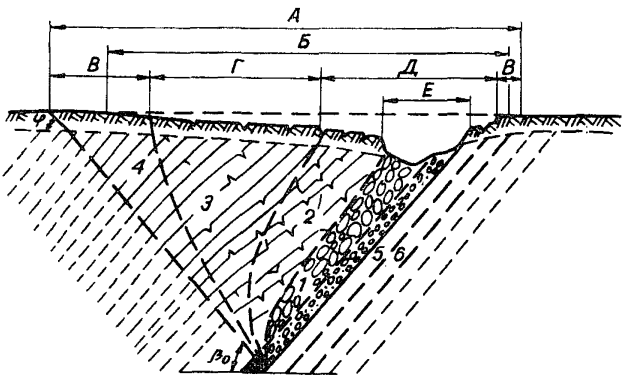


Рис. I. Область влияния горных выработок при полном развитии процесса сдвижения:
А - общая зона сдвижения земной поверхности; Б - зона опасных сдвижений; В - плавных сдвижений; Г - трещин; Д - обрушения; Е - воронок и провалов

I + 2 - область обрушения образуется в результате отрыва и перемещения разрушенных блоков пород в выработанное пространство с потерей естественной структуры.

Если данная область достигает земной поверхности, то на ней возникает зона обрушения Д, в которой образуются воронки, провалы Е, террасы и крупные трещины с раскрытием или смещением краев на величину 0,25 м и более.

Область обрушения горных пород включает область беспорядочного обрушения I и область

крупных трещин и разломов 2. В области беспорядочного обрушения происходит полная потеря механической связи между блоками пород. Размер этой области по нормали к напластованию составляет (2-4)m , где m - нормальная вынимаемая мощность рудного тела. Область крупных трещин отличается более упорядоченным перемещением блоков пород, частично опускающихся на ранее обрушившиеся породы. При этом крупные блоки пород, сдвигаясь относительно друг друга по трещинам напластования, сланцеватости и разлома слоев, разворачиваются как при прогибе слоев. Размер этой области по нормали к напластованию составляет (6-I2)m .

3 - область трещин образуется, если слои пород, опираясь на обрушившиеся блоки пород, частично сохраняют боковой распор и сдвигаются в форме, сходной с прогибом. Раскрывающиеся при этом трещины расслоения и сплошные нормальносекущие трещины обусловливают увеличение водопроницаемости пород на удалении до (30-40)m от выработанного пространства.

На земной поверхности области трещин соответствует зона трещин $Г$, за границу которой принимается контур крайних видимых трещин.

4 - область плавных сдвижений располагается по периферии области трещин и характеризуется сдвижением пород в форме прогиба слоев или пластического течения пород, при этом могут возникать несплошные трещины.

На земной поверхности над этой областью образуется зона плавных сдвижений $В$, за внешнюю границу которой принимается контур точек с оседаниями I5 мм или со следующими значениями деформаций: наклоны $0{,}5 \cdot 10^{-3}$ и растяжения $0{,}5 \cdot 10^{-3}$ (при среднем интервале I5-20 м).

По деформациям, опасным для зданий, сооружений и природных объектов, выделяется зона опасных сдвижений земной поверхности $Б$. Она включает зоны обрушения, трещин и часть зоны плавных сдвижений, где деформации земной поверхности превышают следующие значения, опасные для наиболее ответственных сооружений: растяжения $2 \cdot 10^{-3}$, наклоны $4 \cdot 10^{-5}$, кривизна $0{,}2 \cdot 10^{-3}$ I/м.

5 - область сдвигов по напластованию возникает в породах лежачего бока крутопадающих залежей. В этой области породы расслаиваются на пачки и сдвигаются по напластованию или по другим поверхностям ослабления в направлении падения пород. На земной поверхности над этой областью образуются зоны обрушения, трещин.

6 - область плавных сдвижений пород лежачего бока отличается от области сдвигов меньшими скоростями

сдвижения и отсутствием отчетливо выраженных поверхностей сдвига пород по напластованию. На земной поверхности ей соответствует зона плавных сдвижений В.

6. На месторождениях I типа сдвижение пород висячего бока рудных тел выше области беспорядочного обрушения развивается преимущественно в форме прогиба слоев в сторону выработанного пространства. При прогибе слоев происходит расслоение толщи пород, раскрытие нормальносекущих трещин и послойные подвижки - скольжение слоев относительно друг друга. При крутом падении рудных тел в результате послойных подвижек на земной поверхности могут возникать уступы (террасы).

Сдвижение слоистых пород лежачего бока происходит преимущественно в форме расслоения и сползания слоев пород по напластованию, слабым контактам или пропласткам пород, а также по трещинам.

Преобладающей формой сдвижения пород неслоистого строения является отрыв и обрушение блоков пород в выработанное пространство. Поэтому на земной поверхности наибольшее развитие получают зоны провалов, обрушения и крупных трещин. Другие зоны не характерны для данных условий.

При системах разработки с полной закладкой выработанного пространства (особенно твердеющими смесями) преобладающей формой сдвижения земной поверхности являются плавные сдвижения.

7. Границы зон опасных сдвижений, трещин и обрушения на земной поверхности определяются относительно контуров выработанного пространства соответственно углами сдвижения - β , γ , δ и β_1 , разрывов - β'' , γ'' , δ'' и β_1'' , обрушения - β''' , γ''' и δ''' β_1''' - в коренных породах (рис. 2). В рыхлых отложениях и в выветрелых породах границы зоны опасных сдвижений определяются углом φ . Углы разрывов φ'' и обрушения φ''' в рыхлых отложениях и в выветрелых породах не выделяются (см.п. 6, разд. Ш).

Нижнюю границу выветрелых пород определяют по результатам обследования горных выработок, пройденных на границе выветривания, или же по материалам замеров в геологических скважинах.

Углами сдвижения, разрывов и обрушения в коренных породах называются внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на проходящих через точки наибольшего оседания земной поверхности, вертикальных разрезах вкрест простирания и по простиранию рудных тел горизонтальными линиями и линиями, соединяющими границы выработанного пространства соответственно с границами зон опасных сдвижений, трещин и обрушения на земной поверхности.

С помощью углов β , β'' и β''' определяют границы соответствующих зон в висячем боку рудных тел от нижней границы выработанного пространства (см. рис. 2, б, в).

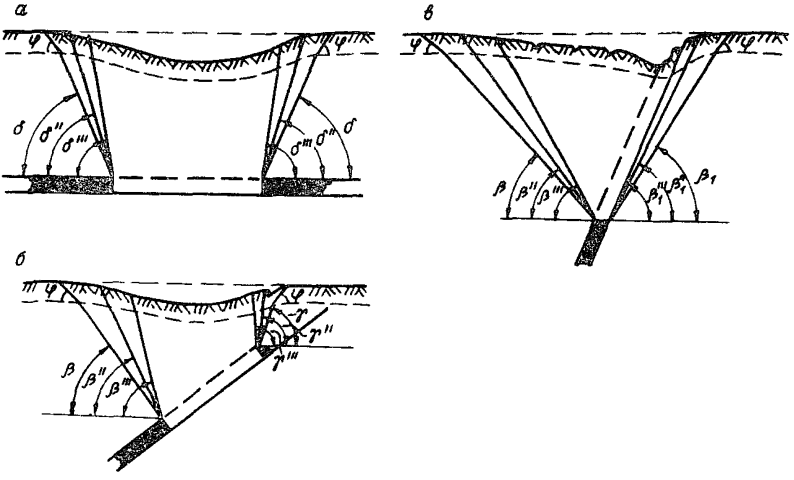


Рис. 2. Углы, определяющие границы зоны влияния очистной выемки на вертикальных разрезах: а - по простиранию рудных тел; б - вкрест простирания при наклонном падении; в - вкрест простирания при крутом падении

С помощью углов γ , γ'' и γ''' определяют границы соответствующих зон в висячем боку рудных тел от верхней границы выработанного пространства (см. рис. 2, б).

С помощью углов β_1 , β_1'' и β_1''' определяют границы соответствующих зон в лежачем боку рудных тел от нижней границы выработанного пространства (см. рис. 2, в).

С помощью углов δ , δ'' и δ''' определяют границы соответствующих зон по простиранию рудных тел от нижней границы выработанного пространства (см. рис. 2, а).

По углам сдвижения и разрывов строят также предохранительные целики и предохранительные зоны (см. п. I разд. УI), предназначен-

ные для охраны различных объектов от опасного влияния горных разработок.

На месторождениях I типа в краевых частях мульды сдвижения образуются значительные зоны плавных сдвижений земной поверхности с опасными деформациями. Прослеживается зависимость углов сдвижения от крепости и углов падения слоев пород.

Зона опасных сдвижений на месторождениях II типа обычно ограничена крайней трещиной или непосредственно кромкой провала. В таких случаях углы сдвижения получаются равными углам разрывов. Оба вида углов получаются более крутыми, чем при слоистых породах.

9. Мелкая трещиноватость - небольшие ступенчато расположенные тектонические трещины, трещины отдельности, кливажа, а также рассланцованность пород - обусловливает степень ослабления прочности пород в массиве и тем самым влияет на характер и параметры процесса сдвижения. Чем сильнее массив нарушен трещиноватостью, тем меньше будут его прочностные свойства и устойчивость пород при их подработке. С увеличением степени трещиноватости пород активизируется развитие процесса сдвижения, расширяется область влияния горных выработок и уменьшаются углы сдвижения и разрывов.

Углы сдвижения в сильно трещиноватых породах следует уменьшать на 5-10° по сравнению с аналогичными в породах средней и слабой трещиноватости.

П р и м е ч а н и е. По степени трещиноватости породы условно разделяются на следующие группы со средними размерами структурных блоков пород (м):

сильнотрещиноватые	менее 0,2
средней трещиноватости	0,2 - 0,5
слаботрещиноватые	более 0,5.

10. В зависимости от соотношения глубины залегания и размеров рудных тел (выработанного пространства) подработанные породы и земная поверхность могут сохранять устойчивое состояние или сдвигаться в условиях неполной или полной подработки.

При больших отношениях глубины залегания H к размерам выработанного пространства L в толще пород образуется свод естественного равновесия, вследствие чего налегающие породы и земная поверхность могут долго сохранять устойчивое состояние.

По мере расширения фронта очистных работ и уменьшения отношения H/L увеличиваются параметры свода естественного равновесия, который в конечном итоге разрушается, и сдвижение пород развивается до земной поверхности.

Неполная подработка земной поверхности наблюдается, если глубина разработки превышает хотя бы один размер выработанного прост-

ранства по простиранию или по падению, а также при сложных неправильных контурах выработанного пространства и при наличии в нем неразрушенных целиков или безрудных участков (I5-20%). В случае неполной подработки сдвижения и деформации земной поверхности не достигают максимальных значений, а углы сдвижения получаются круче, чем в условиях полной подработки.

Полная подработка земной поверхности происходит, если глубина разработки не превышает размеров выработанного пространства как по падению, так и по простиранию рудных тел, и в выработанном пространстве отсутствуют неразрушенные целики или безрудные участки. В условиях полной подработки сдвижения и деформации земной поверхности получаются наибольшими, а углы сдвижения становятся наименьшими для данных горно-геологических условий.

II. В настоящих Временных правилах прочностные свойства пород характеризуются только коэффициентом крепости пород по М. М. Протодьяконову f.

При прочих одинаковых условиях слабые и средней крепости породы ($f < 8$) начинают сдвигаться при меньших размерах выработанного пространства и процесс сдвижения развивается до земной поверхности при больших отношениях H/L, чем в крепких и весьма крепких породах ($f > 8$).

На месторождениях I типа с увеличением крепости пород наблюдается переход от сдвижения пород в форме прогиба слоев к сдвижению в форме отрыва и обрушения блоков пород в выработанное пространство, поэтому при крепких и весьма крепких породах процесс сдвижения проявляется на земной поверхности в более резкой форме и углы разрывов и сдвижения увеличиваются.

I2. Углы падения рудных тел и вмещающих пород на месторождениях I типа влияют на величину углов сдвижения β и на характер распределения сдвижений и деформаций в мульде сдвижений. С увеличением угла падения рудных тел угол сдвижения β уменьшается, а мульда сдвижения приобретает несимметричную форму.

Угол δ не зависит от углов падения рудных тел и вмещающих пород.

При углах падения рудных тел более 45^0 возможно сдвижение слабых и средней крепости пород ($f < 8$) лежачего бока рудных тел.

Для вмещающих крепких пород на месторождениях II типа зависимости углов сдвижения от крепости пород и углов падения рудных тел не установлены.

I3. По влиянию на характер и параметры процесса сдвижения горных пород системы разработки объединяются в следующие группы.

Системы разработки с обрушением налегающих пород обусловливают наиболее активное развитие процесса сдвижения толщи пород и земной поверхности и максимальные значения величин сдвижений и деформаций земной поверхности для данных горно-геологических условий. Некоторые различия в характере и параметрах процесса сдвижения при этих системах объясняются влиянием факторов, указанных в п. 3 этого раздела.

Для систем разработки с полной закладкой выработанного пространства характерно отсутствие или медленное, плавное развитие процесса сдвижения земной поверхности. При этом провалы и крупные трещины не образуются, а величины сдвижений и деформаций земной поверхности невелики и определяются усадкой закладки, степенью заполнения выработанного пространства и мощностью отрабатываемых рудных тел.

При полной закладке выработанного пространства твердеющими смесями деформации земной поверхности обычно не превышают допустимых значений для большинства охраняемых объектов, и поэтому такие системы относят к основным горным мерам охраны сооружений.

При камерно-столбовых системах разработки с оставлением регулярных целиков различного назначения процесс сдвижения горных пород может длительное время не проявляться на земной поверхности.

Если конструктивные элементы таких систем специально рассчитаны на поддержание налегающих пород в устойчивом состоянии, то они могут быть использованы в качестве временной горной меры охраны сооружений и других объектов с обязательной постановкой инструментальных наблюдений в толще пород и на земной поверхности.

Если фактические размеры конструктивных элементов таких систем не соответствуют проектным или рассчитаны без учета прочностных свойств и структурных особенностей рудных залежей и массива налегающих пород, то с течением времени происходит их разрушение и процесс сдвижения может развиваться до земной поверхности.

14. В обводненных слабых ($f < 5$) вмещающих породах и рыхлых отложениях (наносах) углы сдвижения уменьшаются.

При осушении месторождений, залегающих под мощной толщей рыхлых отложений, имеющих водоносные горизонты, в результате уплотнения этих отложений может происходить сдвижение земной поверхности. Вследствие больших размеров депрессионной воронки деформации земной поверхности обычно не достигают критических значений

(п. 5) данного раздела и лишь на участках резкого изменения мощности наиболее сжимаемых пород деформации могут превышать критические значения.

Уплотнение покровных рыхлых отложений при осушении месторождений может вызывать значительные оседания этих отложений и вертикальные деформации шахтных стволов, что должно учитываться при проектировании и эксплуатации стволов в таких условиях.

I5. При разработке тонких жил ($m < 3$ м) в крепких породах ($f > 8$) ниже зоны выветривания сдвижение вмещающих пород и земной поверхности возможно, если выполняются условия полной подработки (п. I0). В указанных условиях при производстве очистных работ в зоне выветривания процесс сдвижения земной поверхности развивается в основном за счет сдвижения рыхлых отложений и выветрелых пород верхних горизонтов.

При углах падения жил более 50^{0} процесс сдвижения не достигает земной поверхности, если в условиях неполной подработки над выработанным пространством находятся крепкие породы мощностью не менее $5m$.

I6. На месторождениях, характеризующихся несогласным залеганием рудных тел и вмещающих пород, гористым рельефом местности, наличием древних оползней и другими специфическими особенностями, параметры процесса сдвижения для определения размеров зоны опасных сдвижений и решения других вопросов сдвижения горных пород и охраны сооружений могут существенно отличаться от параметров, указанных в настоящих Временных правилах. В таких условиях вероятные параметры процесса сдвижения земной поверхности определяют натурными наблюдениями или привлекают для этого специализированные организации.

I7. Процесс сдвижения земной поверхности в зоне влияния подземных разработок развивается неравномерно. Общая продолжительность наиболее характерных периодов его развития зависит от глубины разработки, формы и размеров рудных тел, систем разработки и других горно-геологических факторов, указанных в п. 3.

Под общей продолжительностью процесса сдвижения понимается период, в течение которого земная поверхность над выработанным пространством находится в состоянии сдвижения.

Началом этого процесса считается дата, когда наибольшее оседание точек земной поверхности в мульде сдвижения достигает I5 мм.

За окончание процесса сдвижения принимается дата, после которой оседания точек земной поверхности в мульде сдвижения в течение одного года составят не более 30 мм.

I8. Общая продолжительность процесса сдвижения земной поверхности включает следующие периоды его развития:

н а ч а л ь н ы й - от появления первых признаков сдвижения земной поверхности (оседания I5 мм) до момента, когда деформации земной поверхности достигают критических значений (п. 5);

п е р и о д а к т и в н ы х с д в и ж е н и й - время от момента появления над рассматриваемым участком критических деформаций земной поверхности до окончания отработки залежи (прекращение очистных работ и выпуска руды);

п е р и о д з а т у х а н и я - от окончания отработки залежи до окончания процесса сдвижения земной поверхности.

I9. В условиях неполной подработки земной поверхности (п. I0 этого раздела), при отработке слепых рудных тел, при камерно-столбовых системах разработки и системах с закладкой выработанного пространства возможны длительные задержки в развитии процессов сдвижения и встречаются случаи сохранения устойчивого состояния земной поверхности. Поэтому в указанных условиях продолжительность процесса сдвижения земной поверхности не регламентируется и устанавливается непосредственными инструментальными наблюдениями.

20. При разработке системами с обрушением налегающих пород наклонных и крутых рудных тел, выходящих под рыхлые отложения или выветрелые породы (f = I-4), начальный период развития процесса сдвижения земной поверхности начинается и заканчивается при отработке первого этажа рудного тела.

В условиях полной подработки период активных сдвижений земной поверхности начинается с момента погашения потолочин и междукамерных целиков первого разрабатываемого этажа и продолжается до окончания отработки рудных тел.

Период затухания сдвижения земной поверхности в условиях полной подработки начинается после окончания отработки рудных тел, и продолжительность его устанавливается по табл. I в зависимости от глубины разработки.

Т а б л и ц а I

Конечная глубина разработки, м	Период затухания, годы
До I00	I,0-I,5
I0I - 200	I,5-2,5
20I - 500	2,5-3,5
Более 500	3,5-5,0

Ш. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОНЫ ОПАСНОГО ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ РАЗРАБОТОК

I. Границы зоны опасного влияния подземных разработок определяют с помощью углов сдвижения. Следует различать углы сдвижения при разработке месторождений системами с обрушением налегающих пород и системами с полной закладкой выработанного пространства, в условиях полной и неполной подработки земной поверхности, а также при разработке тонких жил ($m < 3$ м), залегающих в крепких породах.

2. Для мощных и средней мощности месторождений ($m \geqslant 3$ м), разрабатываемых системами с обрушением налегающих пород, углы сдвижения в условиях полной подработки земной поверхности определяют по табл. 2. Ориентировочные значения углов разрывов получают, увеличивая углы сдвижения на 5^0; углы обрушения устанавливают натурными наблюдениями.

Порядок пользования табл. 2 следующий: по строению вмещающих пород устанавливают тип, а по их крепости и углу падения рудного тела из соответствующей строки таблицы берут численные значения углов сдвижения или находят их по формулам:

$$\delta_p = 55^0 + 1{,}5^0 f_{ср} ; \qquad (1)$$

$$\beta_p = \delta_p - (0{,}30 + 0{,}01 f_{ср})\alpha ; \qquad (2)$$

$$\beta_{1p} = 35^0 + 3{,}4^0 f_{л.б.} \text{, но не более } \alpha , \qquad (3)$$

где $f_{ср}$ – средневзвешенное значение коэффициента крепости пород; $f_{л.б.}$ – коэффициент крепости пород лежачего бока; α – угол падения рудного тела, принимаемый в расчетах при $f_{ср} \leqslant 8$ не более 60^0 и при $f_{ср} > 8$ – не более 65^0.

Полученные таким путем углы сдвижения корректируют в соответствии с указаниями примечаний к табл. 2.

Примечание. В качестве $f_{ср}$ принимают средневзвешенное по мощности слоев значение коэффициента крепости пород над серединой выработанного пространства:

$$f_{ср} = \frac{f_1 \cdot m_1 + f_2 \cdot m_2 + \ldots + f_n \cdot m_n}{m_1 + m_2 + \ldots + m_n} , \qquad (4)$$

где f_1 , f_2 , ..., f_n – коэффициенты крепости основных литологических разностей коренных пород; m_1 , m_2 , ..., m_n – мощности основных литологических разностей пород.

Таблица 2

Тип	Крепость пород $f_{ср}$	Углы падения рудных тел α, градус	Углы сдвижения, градус			
			δ	β	γ	β_1**
I (слоистое строение пород)	Менее 5	0 - 45	$\delta_р$	$\beta_р$	$\delta_р$	–
		46 - 75	$\delta_р$	$\beta_р$	–	$\beta_{1р}$
		76 - 90	$\delta_р$	$\beta_р+5$*)	–	$\beta_{1р}$
	5 - 8	0 - 45	$\delta_р$	$\beta_р$	$\delta_р$	–
		46 - 60	$\delta_р$	$\beta_р$	–	$\beta_{1р}$
		61 - 75	$\delta_р$	$\beta_р$	–	$\beta_{1р}$
		76 - 90	$\delta_р$	$\beta_р+5$*)	–	$\beta_р+5$
	Более 8	0 - 45	$\delta_р$	$\beta_р$	$\delta_р$	–
		46 - 60	$\delta_р$	$\beta_р$	–	α
		61 - 75	$\delta_р$	$\beta_р$	–	α***
		76 - 90	$\delta_р$	$\beta_р+5$*)	–	$\beta_р+5$
II (неслоистое строение пород)	Не менее 8	0 - 30	70	70	70	–
		31 - 50	70	65	65	–
		51 - 75	70	65	–	***
		76 - 90	70	65	–	65

Примечания: а. В сильно обводненных ($f_{ср} < 5$) и в сильно трещиноватых породах (п.9 разд. II) независимо от их строения и крепости углы сдвижения уменьшаются на 5-10°.

б. В крепких неслоистых слабо трещиноватых породах при глубине разработки больше 100 м углы сдвижения увеличиваются на 5°.

*) Если крепость пород висячего бока рудного тела меньше крепости пород лежачего, то следует принимать $\beta = \beta_р$.

**) При наличии в породах лежачего бока поверхностей ослабления прочности (слабые прослойки, контакты слабых и прочных пород, тектонические нарушения или трещины большой протяженности и т.п.), удаленных от рудного тела на расстояние не более 0,15H (H - глубина горных работ), границы области сдвижения проводят по этим поверхностям, если их углы падения превышают 40°, но не больше значения β_1

***) $\beta_1 = \alpha$, но не более 65°.

3. При системах разработки с закладкой выработанного пространства углы сдвижения устанавливают по результатам натурных наблюдений или с привлечением специализированных организаций.

При полной закладке выработанного пространства твердеющими смесями допускается значительное увеличение углов сдвижения, если величины этих углов обоснованы данными натурных наблюдений или аналитическими расчетами (см. п. 9 разд. I).

4. В условиях неполной подработки (см. п. I2 разд. II) углы сдвижения в слоистых породах получаются больше приведенных в табл. 2. Для определения численных значений углов сдвижения в таких условиях допускается устанавливать их с привлечением специализированных организаций (см. п. 9 разд. I).

5. На месторождениях, представленных тонкими жилами ($m < 3$ м), залегающими в крепких породах ($f > 8$), углы сдвижения в условиях полной подработки земной поверхности принимают следующими: $\beta = 70^0$, $\delta = 75^0$, $\gamma = 70^0$ (при $\alpha < 60^0$) и $\beta_1 = \alpha$ (при $\alpha > 60^0$), но не более 70^0, где α - угол падения жилы.

6. Угол сдвижения в наносах и в выветрелых коренных породах φ принимается во всех направлениях одинаковым по величине.

В сухих (необводненных) наносах и выветрелых породах $\varphi = 50^0$, а при мощности рудных тел $m > 15$ м и глубине разработки $H < 100$ м в наносах и выветрелых породах мощностью более 30 м φ принимают равным 40^0.

В обводненных наносах и выветрелых породах величину φ устанавливают исходя из местных условий, с учетом составов грунтов и гидрогеологической обстановки. Если есть условия для образования провалов, в обводненных наносах значение φ может достигать 35^0 и менее, а в выветрелых породах 40^0 и менее.

Углы разрывов φ'' и обрушения φ''' в наносах и в выветрелых породах соответственно принимают равными углам разрывов и обрушения в коренных породах.

7. При наличии в массиве разрывных тектонических нарушений большой протяженности, падение сместителей которых более 40^0 и залегание согласно с поверхностями, ограничивающими область влияния очистных горных выработок, сдвижение пород может происходить по поверхностям этих сместителей. В таких случаях углы разрывов принимают равными углам падения сместителей, а углы сдвижения - на 5^0 меньше, чем углы разрывов, но не круче установленных для данных условий в соответствии с п. 2 разд. III. Если в пределах предохранительного целика есть крупные тектонические нарушения с углом падения более 40^0, предохранительный целик строят с учетом указаний раздела VI.

8. Границы зоны опасных сдвижений земной поверхности от подземных горных разработок определяют следующим образом:

а) на план поверхности наносят контур очистных выработок (фактических или проектных), под влиянием которых образуется зона опасных сдвижений;

б) по простиранию и вкрест простирания рудного тела, в пределах контура очистных выработок, строят ряд вертикальных разрезов, характеризующих форму и элементы залегания выработанного пространства;

в) на разрезах от характерных, наиболее выступающих внешних точек контура выработанного пространства под соответствующими углами сдвижения в коренных породах проводят линии до контакта коренных пород с наносами и продолжают их под углами сдвижения в наносах до пересечения с земной поверхностью;

г) полученные на разрезах точки пересечения линий с земной поверхностью переносят на план поверхности и соединяют их плавной кривой, изображающей границу зоны опасных сдвижений земной поверхности. Положение кривой устанавливают с учетом п. 12 разд. VI.

Границы зоны трещин и зоны обрушения на плане земной поверхности строят с помощью углов разрывов и обрушений, общих для всей толщи пород, без разделения ее на коренные и рыхлые отложения (п. 7 разд. II).

При построении границ указанных зон линии, проводимые под углами сдвижения, разрывов или обрушения, не должны пересекать значительных по размерам выступающих частей выработанного пространства, которые могут повлиять на увеличение этих зон.

Перед определением границ зон влияния сплошной контур выработанного пространства разрешается сглаживать, если размеры выступов контура на разрезах вкрест простирания или проекции на вертикальную плоскость не превышают $0{,}2H$, но не более 100 м (H - глубина залегания рудного тела на данном участке). Сглаживание контура производится по принципу сохранения площади очистной выработки.

9. Для сдвижения пород лежачего бока рудных залежей наиболее благоприятны следующие условия:

- слоистое строение толщи подстилающих пород;
- небольшая и средняя крепость пород лежачего бока ($f \leqslant 8$) и крепкие устойчивые породы висячего бока;
- полная подработка земной поверхности;
- угол падения слоев пород и рудных тел круче 45^{0}, а вынимаемая мощность более 5 м;

– наличие в толще пород лежачего бока ослабленных контактов и пропластков слабых глинистых пород, крупных тектонических нарушений и трещин большей протяженности, попадающих в область влияния очистных работ и падающих в сторону выработанного пространства с наклоном, большим угла трения по ним.

При указанных условиях в породах лежачего бока целесообразно строить границы области сдвигов по напластованию (п. 5 разд. II) или по поверхностям ослабления прочности пород в соответствии с указаниями к табл. 2.

IУ. УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОСТИ, ДЕФОРМИРОВАНИЯ И ОБРУШЕНИЯ ПОДРАБОТАННОЙ ТОЛЩИ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

I. Устойчивым считается такое состояние толщи пород и земной поверхности, при котором сдвижения и деформации их после подработки отсутствуют или со временем не превышают критических значений (см. п. 5 разд. П). Устойчивость земной поверхности наблюдается при небольших пролетах выработки, когда породы кровли и боков выработки сохраняют устойчивое состояние или над выработкой образуется свод естественного равновесия, а также если обрушившиеся породы, заполняя выработанное пространство и пустоты над ним, за счет разрыхления, создают опору для вышележащей неразрушенной толщи пород.

2. Устойчивость земной поверхности зависит от прочностных свойств и структурных особенностей толщи налегающих пород, формы и размеров выработанного пространства, глубины залегания, вынимаемой мощности (объема выработанного пространства) и угла падения рудных тел.

С увеличением глубины верхней границы выработанного пространства, угла падения рудного тела и прочности массива подработанных пород устойчивость земной поверхности возрастает. С увеличением размеров выработанного пространства по падению и по простиранию, вынимаемой мощности рудного тела (объема выработанного пространства), интенсивности трещиноватости вмещающих пород устойчивость земной поверхности снижается.

Примечание. Под интенсивностью трещиноватости понимается величина, обратная среднему размеру (в метрах) элементарного структурного блока породы, ограниченного смежными трещинами трех взаимно секущих, наиболее выраженных систем трещин.

3. Условие устойчивого состояния земной поверхности при разработке системами с обрушением налегающих пород слепых обособленных залежей или отдельных участков пластообразных залежей, верхняя граница которых расположена ниже контакта коренных пород с рыхлыми отложениями, средней мощности и мощных ($m > 3$ м) в покрывающих породах крепостью $4 \leqslant f \leqslant 16$ имеет вид:

$$H' > k_1 \cdot l_3 , \qquad (5)$$

где H' - фактическая глубина верхней границы выработанного пространства, считая от границы выветрелых пород и рыхлых отложений, м;

k_1 - коэффициент, учитывающий прочностные свойства горных пород;

в зависимости от коэффициента крепости покрывающих пород f (см. п. 2 разд. Ш) значение k_1 определяется по табл. 3; $l_э$ - эквивалентный пролет, вычисляемый по формуле:

$$l_э = \frac{L \cdot l'}{\sqrt{L^2 + l'^2}} , \qquad (6)$$

где L - размер выработанного пространства залежи по простиранию, м; l' - размер горизонтальной проекции выработанного пространства залежи на разрезе вкрест простирания, м.

Таблица 3

f	4	5	6	7	8	9	I0	I2	I4	I6
k_1	7,0	5,9	5,I	4,3	3,6	3,0	2,6	I,8	I,2	I,0

Для тонкослоистых (мощность слоя не более 0,2-0,3 м), сильно рассланцованных, а также для неслоистых пород с интенсивностью трещиноватости $W \geqslant 3\ м^{-1}$ и крепостью $f \geqslant 7$ расчетную предельную глубину, получаемую из выражения (5), следует увеличить в два раза.

При содержании в подработанном массиве пород с $f \leqslant 5$ не менее 50% в расчетах по формуле (5) принимается значение $k_1 = 6,5$.

Примечание. Под обособленными понимаются залежи, для которых зоны опасного влияния, построенные по углам разрывов на разрезах по простиранию и вкрест простирания, не пересекают друг друга.

4. При разработке слепых залежей с углом падения $\alpha \geqslant 70^0$ земная поверхность сохранит устойчивое состояние, если, кроме условия (5), соблюдается неравенство:

$$H' > k_1' \cdot l_э' , \qquad (7)$$

где k_1' - коэффициент, учитывающий прочностные свойства горных пород; в зависимости от типа месторождения и крепости f значение k_1' определяется по табл. 4; $l_э'$ - эквивалентный пролет, определяемый по формуле:

$$l_э' = \frac{L \cdot l_2}{\sqrt{L^2 + l_2^2}} , \qquad (8)$$

где l_2 - размер выработанного пространства залежи по вертикали на разрезе вкрест простирания, м (рис. 3, в).

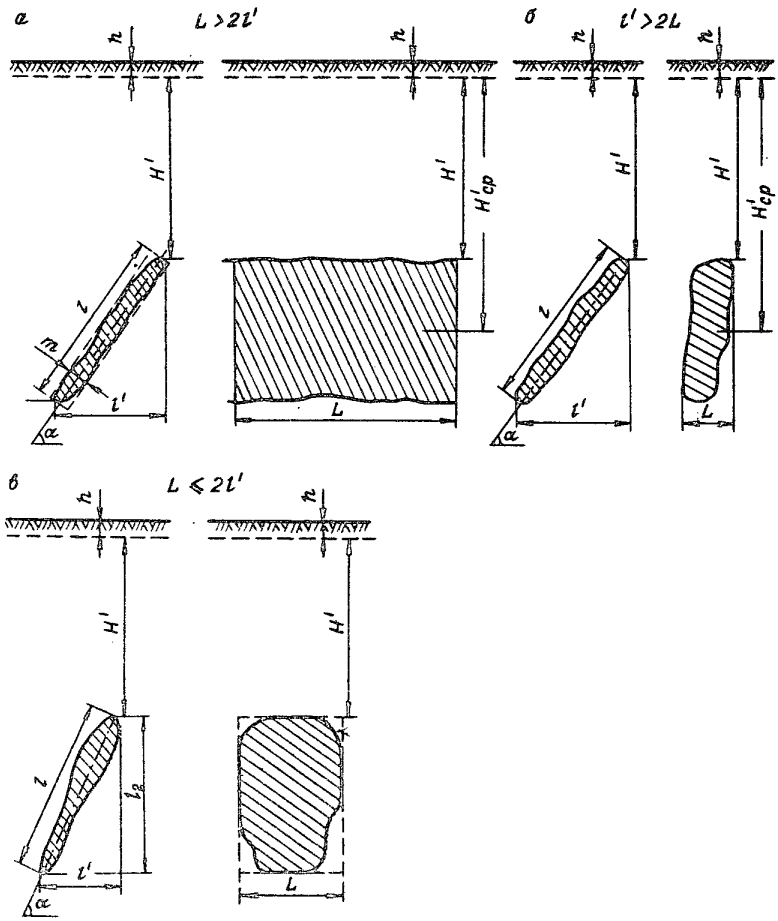


Рис. 3. Геометрические параметры, определяющие устойчивость горных пород и земной поверхности:

а – залежи, вытянутые по простиранию; б и в – залежи ограниченных размеров по простиранию.

Таблица 4

Строение пород	Слоистое			Неслоистое		
f	4 - 6	7 - 10	11 - 16	6 - 8	9 - 11	12 - 16
k_1'	4,0	2,5	1,0	2,0	1,5	1,0

Для сильно рассланцованных пород и пород с интенсивностью трещиноватости $W \geqslant 3\ м^{-1}$ и крепостью $f > 6$ коэффициент k_1' увеличивается в два раза.

5. Если в подработанном массиве есть зоны смятия, мощных разрывных нарушений, особенно таких, которые прослеживаются от выработанного пространства до земной поверхности, а также весьма обводненных пород, то пользоваться зависимостями (5) и (7) не рекомендуется, и в этих случаях вопросы устойчивости земной поверхности, как и построения зоны опасных сдвижений в толще пород, решаются с привлечением специализированных организаций.

6. Параметры, учитываемые при установлении условий устойчивого состояния земной поверхности, показаны ранее (см. рис. 3). Величины l' и l_2 определяются графически на разрезах вкрест простирания, или при выдержанных угле падения α и мощности рудного тела m рассчитываются по формулам:

$$l' = l \cdot \cos\alpha + m \cdot \sin\alpha \ ; \qquad (9)$$

$$l_2 = l \cdot \sin\alpha \ , \qquad (10)$$

где l - размер выработанного пространства по падению, м.

Если величина $L > 2l'$, то принимают $l_э = l'$ (см. рис. 3, а), а если $l' > 2L$, то принимается $l_э = L$ (см. рис. 3, б). При соотношениях $L/l' < 2$ величина $l_э$ (см. рис. 3, в) рассчитывается по формуле (6). Аналогично, если $L > 2l_2$ то $l_э' = l_2$. При $l_2 > 2L$ принимают $l_э' = L$, и при $L / l_2 \leqslant 2$ параметр $l_э$ определяют по формуле (8).

7. При не выполненном условии (5) над выработанным пространством слепых залежей с углом падения $\alpha < 70^0$ образуются воронки обрушения, если удовлетворяется неравенство:

$$V_1 / V_2 < n \ , \qquad (11)$$

где V_1, $м^3$ – объем коренных пород, определяемый по формуле: $V_1 = \frac{2}{3} H'_{ср} \cdot S_{пл}$, где $H'_{ср}$, м – средняя глубина расположения выработанного пространства в коренных породах (см. рис. 3, а, б); $S_{пл}$, $м^2$ – площадь выработанного пространства в плане; при изометрической или близкой к ней форме выработанного пространства в плане $V_1 = \frac{1}{2} H'_{ср} \cdot S_{пл}$; V_2 – объем выработанного пространства, определяемый по маркшейдерским данным, $м^3$; n – число (значение отношения), являющееся критерием самообрушения земной поверхности и определяемое в зависимости от строения и крепости пород по табл. 5.

Таблица 5

Угол падения рудного тела α, градус	Строение пород					
	слоистое			неслоистое		
	$f = 4–5$	$5 < f \leq 10$	$10 < f \leq 16$	$f = 6–8$	$8 < f \leq 11$	$11 < f \leq 16$
0 – 55	6	4	3	3,5	3	2,5
56 – 70	5	4	3	3	2,5	2

В массиве, сложенном тонкослоистыми, сильно рассланцованными породами или, независимо от крепости, неслоистыми породами с интенсивностью трещиноватости $W \geq 3\ м^{-1}$, при невыполнении условия (5) воронки обрушения не образуются, если $V_1 / V_2 > 6$.

При выдержанных вынимаемой мощности и размерах выработанного пространства отношение объемов V_1 / V_2 можно рассчитать по следующим формулам:

изометрическая или близкая к ней форма выработанного пространства в плане (один из размеров обнажения в плане не превышает другой более чем в 1,5 раза),

$$V_1/V_2 = \frac{1 \cdot H'_{ср} \cdot l'}{2 \cdot m \cdot l} \text{ или } V_1/V_2 = \frac{1}{2} H'_{ср} (\sin\alpha/l + \cos\alpha/m); \quad (12)$$

размеры выработанного пространства в плане $L > 1,5\,l'$ (или $l' > 1,5\,L$),

$$V_1/V_2 = \frac{2 \cdot H'_{ср} \cdot l'}{3 \cdot m \cdot l} \text{ или } V_1/V_2 = \frac{2}{3} H'_{ср} (\sin\alpha/l + \cos\alpha/m). \quad (13)$$

8. Если не выполнено условие (5), возможно самообрушение земной поверхности над выработанным пространством слепых залежей с углом падения $\alpha \geqslant 70^{0}$ при

$$H' < k_1'' \cdot l_3', \qquad (14)$$

где k_1'' – коэффициент, определяемый в зависимости от строения и крепости пород f по табл. 6. Параметр l_3' вычисляют по формуле (8).

Таблица 6

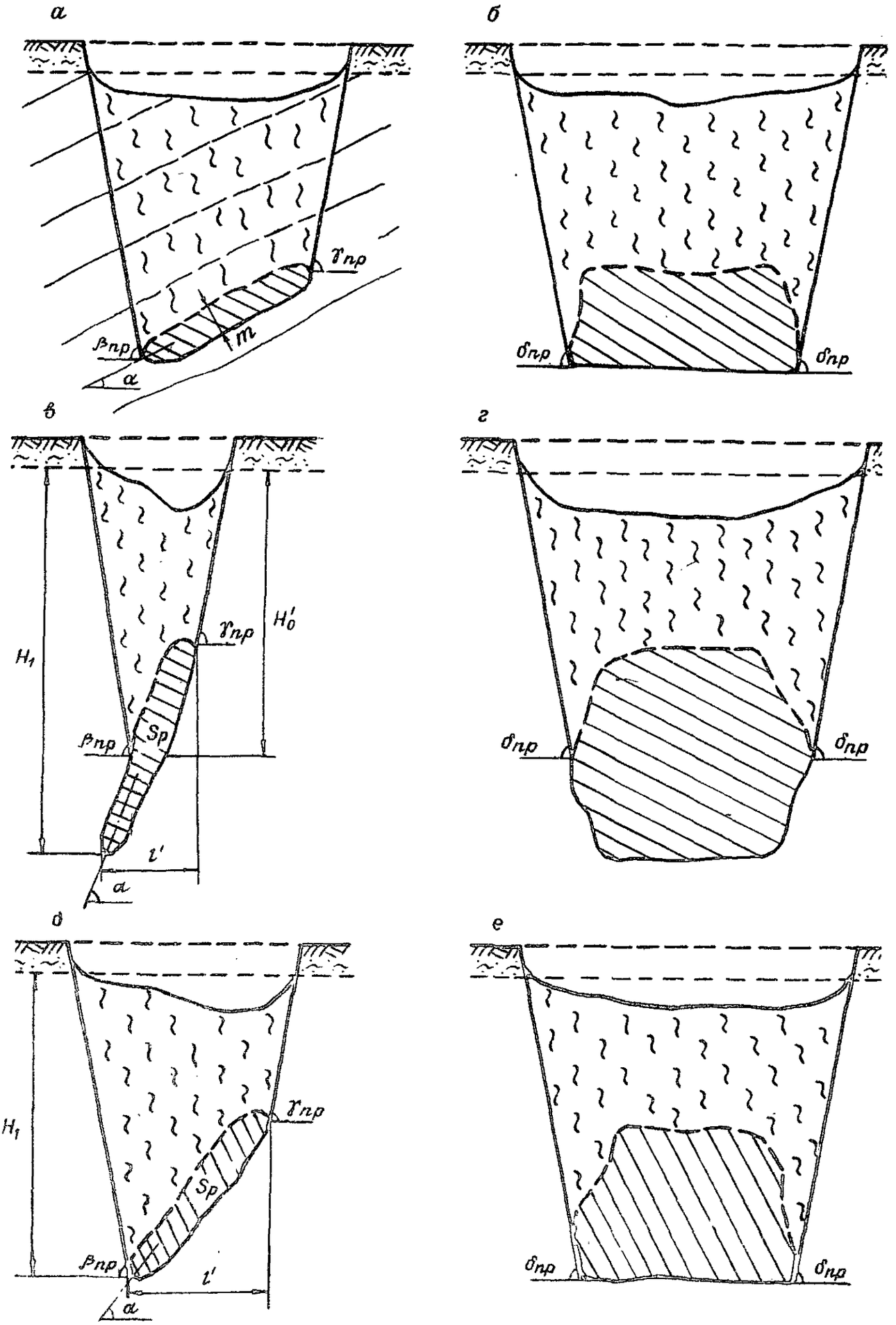
Строение пород f	Слоистое			Неслоистое		
	4 - 6	7 - 10	11 - 16	6 - 8	9 - 11	12 - 16
k_1''	2,5	2,0	1,0	2,0	1,5	1,0

9. Если соблюдаются условия пп. 7 и 8 разд. IУ, то на земной поверхности возможно внезапное образование воронок обрушения и провалов. Границы зоны внезапного образования воронок обрушения строят с помощью линий, проведенных со стороны висячего и лежачего боков и по простиранию залежи под углами 70^{0} при крепости пород $f \leqslant 5$; 80^{0} при $f = 6$–10 и 85^{0} при $f = 11$–16. Точки пересечения указанных линий с земной поверхностью на разрезах вкрест простирания и вертикальной проекции переносят на план и соединяют их плавной кривой, которая является предельным контуром зоны возможного внезапного образования воронок обрушения и провалов на земной поверхности.

При выемке пологих и слабонаклонных залежей ($\alpha \leqslant 35^{0}$) зону возможного образования воронок обрушения и провалов на земной поверхности строят от нижней и верхней границ выработанного пространства (рис. 4, а, б).

В случае разработки слепых залежей с углом падения $\alpha > 35^{0}$ построение зоны возможного образования воронок обрушения и провалов на земной поверхности со стороны падения, восстания и по простиранию производят от контура выработанного пространства на глубине в коренных породах (см. рис. 4, в, г)

$$H_0' = k_0' \frac{S_p}{l'}, \qquad (15$$


а
γпр
βпр
m
α
б
δпр
δпр
в
H1
H'0
γпр
βпр
Sp
l'
α
г
δпр
δпр
д
H1
γпр
Sp
βпр
l'
α
е
δпр
δпр

где k_0' - коэффициент, определяемый в зависимости от строения пород, угла падения α и значения f по табл. 7; S_p - площадь рудного тела на разрезе вкрест простирания, $м^2$.

Если угол падения рудного тела меньше рекомендованных здесь значений, то со стороны восстания зону возможного образования воронок обрушения и провалов на земной поверхности строят от верхней границы выработанного пространства. Со стороны падения и по простиранию построение производят от контура выработанного пространства на глубине, определяемой по формуле (I5).

Таблица 7

Угол падения рудного тела α, градус	Строение пород					
	слоистое			неслоистое		
	f=4-5	$5 \leqslant f \leqslant 10$	$10 < f \leqslant 16$	f=6-8	$8 < f \leqslant 11$	$11 < f \leqslant 16$
36 - 55	9	6	4,5	5	4,5	3,5
56 - 70	7,5	6	4,5	4,5	3,7	3
71 - 90	6	4,5	3	4,5	3,7	3

При глубине горных работ H_1 меньше рассчитанного по формуле (I5) значения H_0' построение границ зоны внезапного образования воронок обрушения и провалов со стороны падения и по простиранию залежи производят от нижней границы выработанного пространства (см. рис. 4, д, е).

I0. Границы зоны обрушения, в пределах которых возможно внезапное обрушение земной поверхности, образование террас и крупных трещин, следует выносить в натуру и обязательно обозначать на местности насыпью или оградой, а также знаками, предупреждающими об опасной зоне.

Рис. 4. Построение границ зоны возможного образования воронок обрушения и провалов при разработке слепых залежей:

а - разрез вкрест простирания и б - вертикальная проекция при $\alpha \leqslant 35^0$; в - разрез вкрест простирания и г - вертикальная проекция при $H_0' < H_1$ и $\alpha > 35^0$; д и е - соответственно то же при $H_0' > H_1$ и $\alpha > 35^0$

воронки обрушения, провалы и открытые трещины, образовавшиеся на земной поверхности, должны быть ограждены водоотводящими канавками, обеспечивающими отвод ливневых и паводковых вод и исключающими их проникновение в горные выработки.

II. Чтобы предотвратить нарушения в схеме проветривания шахт и рудников, выполаживание углов наклона бортов воронок и провалов, а также расширение трещин обрушения, указанные воронки, провалы и трещины следует засыпать пустыми породами. Перед такими работами следует разрабатывать специальные меры, обеспечивающие их безопасность. Засыпка воронок, провалов и трещин почти не влияет на углы сдвижения и другие параметры процесса сдвижения горных пород и размеры зоны опасных сдвижений на земной поверхности.

I2. Под зоной (областью) опасных сдвижений в толще пород следует иметь в виду часть области влияния очистных горных выработок, в которой происходит обрушение и сдвижение пород с образованием разломов и трещин, нарушающих или существенно ухудшающих устойчивость пород и руд и тем самым создающих опасные условия для эксплуатации подготовительных выработок и выемки рудных тел в пределах этой зоны.

I3. Границы области опасных сдвижений в толще пород строят после того, как расчетным путем или по натурным данным установлено, что произойдет нарушение устойчивости обнажений пород и последние будут сдвигаться и деформироваться, однако земная поверхность сохранит устойчивое состояние. Если по расчетным или натурным данным будет установлено, что фактические размеры обнажений не превысят допустимого пролета, рассчитанного на сохранение устойчивости неограниченно длительное время, т.е. практически сохраняется устойчивость подработанной толщи пород, не считая небольших по размеру локальных вывалов и отслоений, без перемещений пород в подработанном массиве с разрывом их сплошности, то построение границ области опасных сдвижений в толще не производят.

Границы области опасных сдвижений в толще пород при разработке слепых рудных залежей ограниченных размеров строят относительно границ выработанного пространства по линейным и угловым параметрам. К первым параметрам относятся углы $\beta_{0.c}$ и $\gamma_{0.c}$, используемые для определения границ области опасных сдвижений в висячем боку залежи соответственно от нижней и верхней границ выработанного пространства, угол $\beta_{10.c}$, которым определяются границы этой области со стороны лежачего бока от нижней границы выработанного пространства, и угол $\delta_{0.c}$, используемый для построения границ области опасных сдвижений по простиранию залежи. Численные значения этих углов приведены в табл. 8.

Таблица 8

Крепость пород f	Углы, градус		
	$\beta_{o.c}$	$\gamma_{o.c}$	$\delta_{o.c}$
Не более 5	65 - 0,15 α, но не менее 55	70	75
6 - 10	70 - 0,15 α, но не менее 60	80	85
11 - 16	80 - 0,15 α, но не менее 70	85	85

Примечание. Для залежей с неслоистыми вмещающими породами углы принимают равными соответственно при $f \leqslant 5$ - 65°, f = = 6-10 - 70° и f = 11-16 - 80°.

К линейным параметрам относится высота области опасных сдвижений $h_{o.c}$. Для залежей с углом падения $\alpha < 60^{\circ}$ параметр $h_{o.c}$ рекомендуется определять по формуле:

$$h_{o.c} = k_2 \frac{S_p}{f}, \qquad (16)$$

где k_2 - коэффициент, определяемый по табл. 9.

Таблица 9

f	4	5	6	7 - 11	12 - 16
k_2	16	14	13	12 - 10	9 - 8

При наличии в покрывающей толще тонкослоистых, сильно рассланцованных, а также неслоистых сильно трещиноватых пород (интенсивность трещиноватости $W \geqslant 3\ м^{-1}$) с любым f принимается значение k_2 = 13 - 16.

14. Построение границ области опасных сдвижений в подработанном массиве пород над залежами с углом падения $\alpha < 60^{\circ}$ показано на рис. 5. Для залежей с углом падения $\alpha \leqslant 35^{\circ}$ эта область оконтуривается на разрезах вкрест простирания по п а д е н и ю - линией, проведенной под углом $\beta_{o.c}$ (см. табл. 8) от нижней границы выработанного пространства, и линией, параллельной контактам пород с рудным телом и удаленной от кровли выработки по нормали на высоту $h_{o.c}$, определяемую по формуле (16); [illegible] двумя линиями, одна из которых проводится под углом $\gamma_{o.c}$ от верхней границы выработанного пространства и другая -

горизонтально, на уровне $h_{o.c}$ от этой границы (см. рис. 5, а); по простиранию - линиями, проведенными под углом $\delta_{o.c}$ от нижней и верхней границ выработанного пространства до пересечения с соответствующими горизонтальными линиями, проведен-

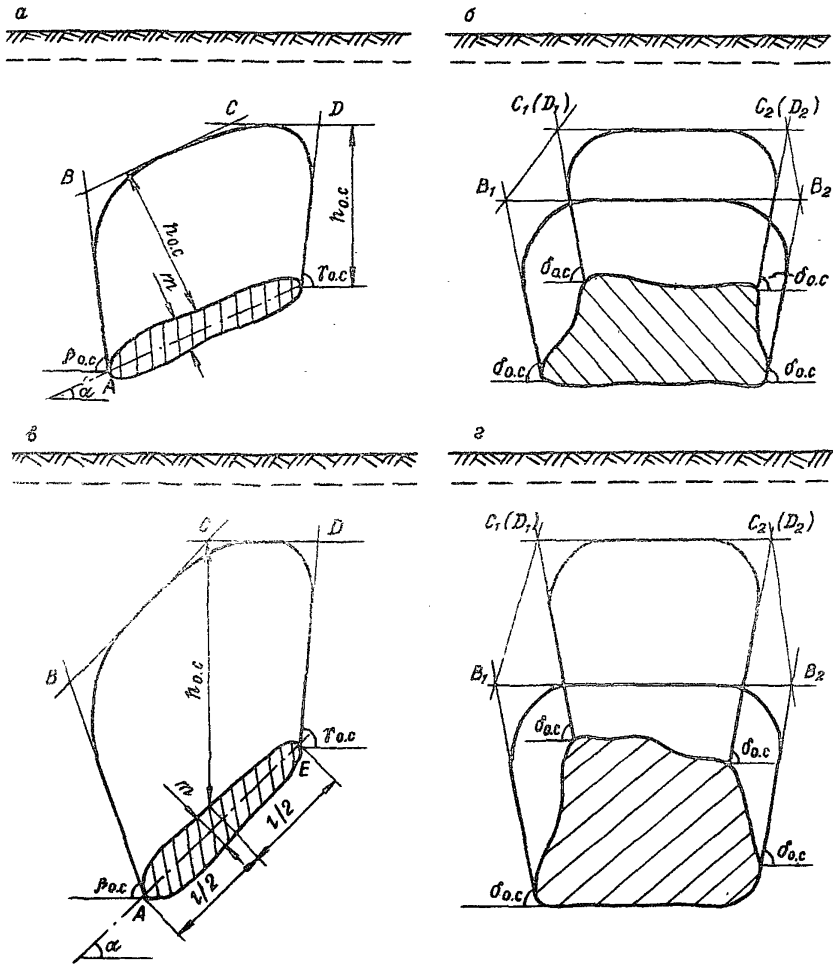


Рис. 5. Построение границ зоны опасных сдвижений в толще пород над выработанным пространством слепых залежей ($\alpha \leq 60^0$):
а - разрез вкрест простирания и б - вертикальная проекция при угле падения $\alpha \leq 35^0$; в и г - соответственно то же для $35^0 < \alpha \leq 60^0$

ными на уровне точек B и C (D) (см. рис. 5, б). Построенные линии, пересекаясь, образуют многоугольник, в который вписывается криволинейный контур зоны опасных сдвижений.

При построении границ зоны опасных сдвижений для залежей с углом падения $35^0 < \alpha < 60^0$ (см. рис. 5, в, г) сначала получают на разрезах вкрест простирания точку C, которая расположена на вертикальной линии, проведенной через середину обнажения кровли, и удалена от нее на величину $h_{o.c}$, определяемую по формуле (16). Затем через точку C проводят две линии: одну - параллельно контактам пород с рудным телом до пересечения с линией, проведенной под углом $\beta_{o.c}$ от нижней границы выработанного пространства, и другую - горизонтально до пересечения с линией, проведенной под углом $\gamma_{o.c}$ от верхней границы выработанного пространства (см. рис. 5, в). По простиранию зону опасных сдвижений оконтуривают так же, как и при $\alpha \leq 35^0$ (см. рис. 5, б, г).

Примечания: а. Если в пределы зоны опасных сдвижений попадают крупные тектонические нарушения со значительными зонами дробления и интенсивной трещиноватости, то вопросы построения границ областей сдвижения следует решать, привлекая специализированные организации.

б. Для построения границ зоны опасных сдвижений над слепыми залежами с углом падения $\alpha > 60^0$ также необходима помощь специализированных организаций.

15. За пределами зоны опасных сдвижений, построенной по данным ранее рекомендациям, обеспечивается безопасность очистных работ и функционирования действующих подготовительных выработок (без крепления или с податливой крепью), которые остаются в рабочем состоянии при своевременном ремонте и применении мер охраны. ~~перемычки и т.п.~~).

16. Для погашения и локализации пустот (выработанного пространства) следует руководствоваться требованиями Единых правил безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом (М.: Недра, 1977).

У. МЕРЫ ОХРАНЫ И УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОЙ ПОДРАБОТКИ СООРУЖЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

I. Все сооружения и природные объекты по значению, конструктивным и технологическим особенностям и по возможным опасным последствиям их подработки разделяются на три категории охраны в соответствии с табл. IO. В зависимости от категорий охраняемых объектов

Таблица IO

Категория охраны	Охраняемые объекты
I	2
I	Центральные компрессорные станции Магистральные железные дороги МПС Многоэтажные (4 этажа и более) жилые и общественные здания (школы, театры, клубы, больницы) Промышленные цеха с крановым оборудованием грузоподъемностью свыше I5 т Шахтные и заводские котельные главные стволы и здания подъема
II	Вспомогательные и вентиляционные стволы шахт, сооружения подъемного комплекса, здания вентиляторов главного проветривания Основные капитальные выработки: квершлаги, штольни, откаточные штреки, выработки общешахтного проветривания Основные подземные камеры: электровозные депо, склады ВМ, насосные, электроподстанции Рудничные механические мастерские Рудничные обогатительные фабрики Железные дороги и железнодорожные станции МПС местного значения Адмбыткомбинаты, жилые дома, общественные здания (двух- и трехэтажные) Водонапорные башни высотой более 20 м Открытые части понизительных подстанций и опоры высоковольтных линий (II0 кВ и выше) Промышленные цеха с крановым оборудованием
III	Одноэтажные жилые дома, промышленные и административные здания Подъездные рудничные железнодорожные пути Опоры линий электропередач местного значения и открытые части понизительных подстанций на 6 и 35 кВ

Продолж. табл. IO

Категория охраны	Охраняемые объекты
I	2
	Линии телеграфной и телефонной связи Шоссейные дороги Водопроводы местного значения Наземные и подземные трубопроводы Борта действующих карьеров и выездные внутрикарьерные дороги

устанавливают меры охраны, коэффициенты безопасности для определения безопасной глубины разработки и размеры предохранительных берм при построении предохранительных целиков.

Категории охраны объектов, не перечисленные в табл. IO, определяют по усмотрению технического руководства рудоуправления или комбината и согласованию с местными органами Госгортехнадзора.

Охрана водных объектов производится в соответствии с п. 3 разд. I и пп. 3. 4 разд. У.

2. Безопасной глубиной разработки считается такая, ниже горизонта которой горные работы не вызывают в подрабатываемых сооружениях и других объектах деформаций, превышающих допустимые.

Безопасную глубину очистных работ $H_б$, для условий полной подработки, рассчитывают, умножая коэффициент безопасности $K_б$ на среднюю вынимаемую (или эффективную) мощность рудного тела.

Размеры предохранительной бермы и значения коэффициента безопасности в зависимости от категории охраны приведены в табл. II

Таблица II

Категория охраны	Ширина предохранительной бермы, м	Коэффициент безопасности (при $f > 5$)
I	20	I50
II	I0	I00
III	5	50

Примечания: а. Среднюю вынимаемую мощность рудного тела m принимают в расчетах глубины $H_б$ при системах разработки с обрушением налегающих пород и измеряют по нормали к рудному телу, а эффективную мощность $m_э$ принимают при системах разработки с закладкой выработанного пространства и определяют по прил. I.

б. Стволы и сооружения подъемного комплекса шахты, служащие для подъема-спуска людей и выдачи руды, охраняются на всю глубину разработки, без учета безопасной глубины (см. п. I8). Ширина бермы принимается равной 20 м.

3. Безопасной глубиной разработки для водных объектов считается такая, ниже горизонта которой исключается возможность внезапных прорывов воды и затопления горных выработок.

Безопасную глубину разработки под водными объектами устанавливают с учетом литологического состава и условий залегания подстилающих пород. При этом водные объекты разделяются на две группы:

I - объекты на водоупорном основании. К ним относятся водные объекты, повсеместно отделенные от коренных пород водоупорными глинистыми выветрелыми породами или наносами мощностью не менее $3m$ (m, м - мощность отрабатываемого рудного тела).

II - объекты на водопроводящем основании. К ним относятся водные объекты, в основании которых глинистые наносы или аналогичные им по физико-механическим свойствам водоупорные породы распространены не повсеместно или мощность их не достигает $3m$.

Коэффициент безопасности водных объектов принят для I группы 50 и для II - 75.

4. Земляные плотины и водооградительные дамбы водных объектов охраняются одновременно с водными объектами. Меры охраны и коэффициенты безопасности для них такие же, как для водных объектов; при этом обязательны дополнительные меры охраны: систематические наблюдения за оседаниями и за образованием трещин в плотинах и дамбах и своевременные ремонтные работы с целью предотвратить просачивание воды.

5. Горные работы под охраняемым объектом выше безопасной глубины допустимы с применением горных мер охраны, если величины деформаций земной поверхности, полученные по результатам инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности на соседних с объектом участках данного месторождения или на других месторождениях с аналогичными горно-геологическими условиями, не превышают допустимых значений для данного объекта, приведенных в прил. 2.

Допустимыми деформациями земной поверхности (основания сооружения) принято считать такие, которые могут вызывать в сооружениях небольшие повреждения, причем дальнейшая эксплуатация возможна после текущих наладочных и ремонтных работ.

6. Для охраны объектов от вредного влияния подземных разработок применяют следующие меры:

горные, предотвращающие или уменьшающие деформации толщи пород и земной поверхности;

конструктивные, увеличивающие допустимые деформации;

оставление предохранительных целиков необходимых размеров;

временное изменение характера эксплуатации подрабатываемых объектов на период опасных деформаций или перемещение их на неподрабатываемые участки, ремонтные и наладочные работы, засыпка провалов, воронок и трещин вблизи охраняемых объектов и др.

К мерам охраны водных объектов также относят:

отвод водного объекта из проектной зоны опасного влияния горных разработок;

пропуск водотока над зоной водопроводящих трещин по трубам или лоткам.

7. Горные меры охраны объектов предусматривают применение специальных систем разработки или определенных порядка и последовательности выемки запасов под охраняемым объектом, обеспечивающих устойчивое состояние вмещающих пород и плавное сдвижение их и земной поверхности без разрыва сплошности и возникновения опасных деформаций. К ним относятся системы с полной закладкой выработанного пространства, особенно твердеющими смесями, комбинированные системы с закладкой и оставлением искусственных или естественных целиков, неполная по площади или по мощности выемка руды и др.

8. Конструктивные меры, а также ремонтно-восстановительные работы позволяют сохранить постоянно или продлить срок эксплуатации сооружений при деформациях основания, превышающих допустимые значения. К ним относятся: разделение зданий на отсеки деформационными швами, усиление несущих конструкций стальными тяжами, растяжками, железобетонными поясами, установка различного рода компенсаторов, связей, распорок, подпорных стенок, выправление крена и подъем осевших частей зданий и сооружений поддомкрачиванием, подсыпка и рихтовка железнодорожных путей, разгонка стыков рельс, перепуск проводов ЛЭП и др.

Конструктивные меры охраны выбирают в соответствии с Рекомендациями по проектированию мероприятий для защиты эксплуатируемых зданий и сооружений от влияния горных выработок в основных угольных бассейнах (Л.: Стройиздат, 1967) и с Методическими указаниями по проектированию мер защиты эксплуатируемых зданий и сооружений в районах залегания крутопадающих пластов (Л.; ВНИМИ, 1973).

9. Целесообразность выбора горных и конструктивных мер охраны сооружений должна быть обоснована специальным проектом по частичной или полной отработке запасов руды в контурах предохранительного целика (предохранительной зоны) с расчетами устойчивости или величин сдви-

жений и деформаций толщи пород и земной поверхности, размеров зон опасных сдвижений, безопасной глубины разработки и т.п.

10. Охрана сооружений и других объектов предохранительными целиками необходима, если другие меры охраны не могут гарантировать нормальную эксплуатацию охраняемого объекта или экономически нецелесообразны.

11. Чтобы обеспечить безопасность в период активной стадии процесса сдвижения временно прекращают эксплуатацию объекта или изменяют ее характер.

На это время технологическое оборудование промышленных предприятий обычно демонтируется и переводится в другое место, а функционирование зданий с массовым скоплением людей (школы, больницы, клубы и т.п.) временно прекращается. По окончании активной стадии производится необходимый ремонт объекта и ввод в эксплуатацию.

Засыпка пустыми породами воронок обрушения и провалов препятствует развитию обрушений в их бортах и образованию крупных трещин по периметру.

12. При выемке руды под охраняемыми объектами с применением горных и конструктивных мер охраны или с отступлением от норм, изложенных в настоящих Временных правилах, необходимо производить инструментальные наблюдения за сдвижением земной поверхности и за деформациями объектов с целью своевременной корректировки применяемых мер охраны.

13. На каждом горном предприятии должна быть определена зона опасного влияния разработок, построенная от нижней проектной границы горных работ. Если нижняя граница последних не установлена проектом, то зона опасного влияния горных разработок отстраивается от нижней границы разведенных запасов категории C_2 . Зону опасного влияния горных разработок наносят на план горного отвода и другие планы поверхности рудника.

14. В пределах зоны опасного влияния горных разработок запрещается строительство не предусмотренных в проекте рудника промышленных сооружений, служебных и жилых зданий без учета возможных деформаций земной поверхности и принятия конструктивных мер их защиты.

Для зданий и сооружений, расположенных в проектной зоне опасного влияния горных разработок, должны быть установлены и утверждены меры охраны или обеспечен своевременный снос или перенос за пределы указанной зоны.

15. В проектах разработки мощных крутых рудных залежей, имеющих значительную протяженность по простиранию и на глубину, стволы и сооружения подъемного комплекса должны располагаться, как правило, в лежачем боку залежей на расстоянии не менее 50 м от границ зоны опасного влияния горных разработок.

16. В проектах разработки месторождений открытым способом в зоне влияния подземных разработок специальный раздел должен содержать:

- обоснование значений углов наклона бортов карьера и заоткоски уступов с учетом ослабления прочности массива пород в результате его подработки;

- мероприятия по обеспечению безопасных условий работы в карьере и в подземных выработках;

- методику работ по выявлению пустот в подземных выработках и над ними под карьером, по определению их местоположения и размеров, а также по установлению границ зоны возможного образования воронок и провалов над ними;

- методику наблюдений за сдвижением и деформациями массива пород и земной поверхности.

17. В области влияния подземных горных разработок открытые горные работы допускаются в зоне плавных сдвижений по обычной технологии без дополнительных мер безопасности. Параметры уступов и участков бортов карьеров принимают такими же, как и для неподработанного массива горных работ.

В зонах трещин и обрушения открытые горные работы допустимы только в некоторых случаях по специальным проектам, согласованным со специализированной организацией.

18. Следует располагать шахтные стволы вне зоны опасного влияния горных разработок или предусматривать предохранительные целики при условии, что в проекте намечена отработка целиков.

Выемка руды из предохранительных целиков стволов шахт в соответствии с п. 6 разд. I разрешается по специальным проектам, предусматривающим горные или конструктивные меры защиты, обеспечивающие нормальное использование стволов по прямому назначению на весь срок службы.

К основным выработкам II категории охраны следует применять горные меры или использовать предохранительные целики. Выемка руды из этих целиков разрешается также по специальным проектам, согласованным в установленном порядке.

Горные выработки, не указанные в табл. 10, охраняются технологическими целиками, рациональным расположением относительно выработанного пространства и соответствующим порядком отработки месторождения. Если необходимо длительное сохранение этих выработок, то оставляют предохранительные целики или применяют горные меры, как для объектов III категории охраны.

УI. ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ

I. Предохранительным целиком называется часть горного массива с содержащимися в ней рудными телами (или их частями), расположенная под охраняемым объектом или вокруг него и предназначенная для его защиты от опасного влияния горных разработок. Отработка рудных тел в границах предохранительного целика допускается только с условием применения мер охраны объекта, для которого построен предохранительный целик.

Если для защиты объектов предусмотрены не предохранительный целик, а горные меры охраны, то для определения границ участков залежей, при отработке которых эти меры обязательны, следует строить предохранительные зоны.

Границы предохранительных целиков (зон) определяются плоскостями, проведенными под углами сдвижения от границ охраняемой площади, на которой расположен объект, подлежащий охране (рис. 6).

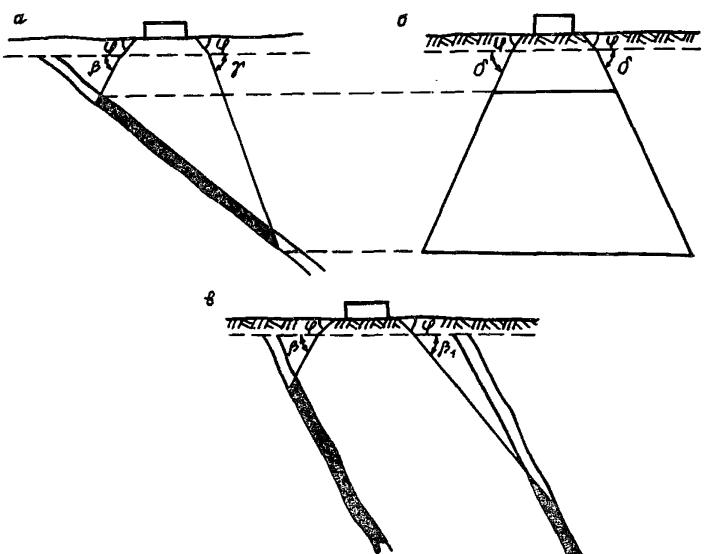


Рис. 6. Определение границ предохранительного целика; а - вкрест простирания по углам β и γ; б - по простиранию рудного тела; в - вкрест простирания по углам β и β_1

Для объектов I и II категорий охраны границы предохранительных целиков строят по углам сдвижения, а для III категории - по углам разрывов.

2. Границы охраняемой площади для отдельных зданий и сооружений определяются следующим образом (рис. 7, а). Вокруг охраняемого

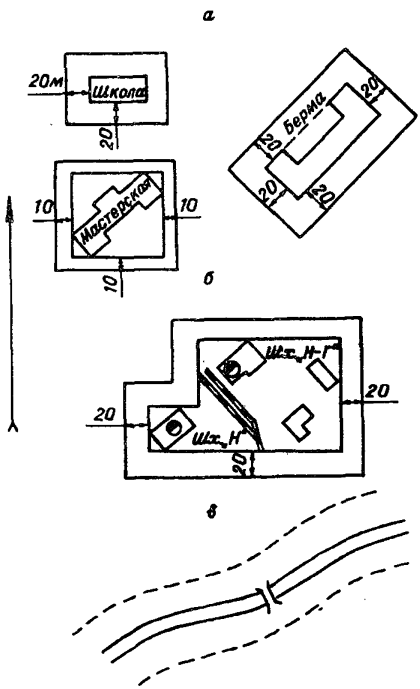


Рис. 7. Определение границ охраняемой площади:
а - для отдельных зданий; б - для групп зданий; в - для реки; ——→ - простирание залежи; - - - - линия максимального разлива реки

объекта через его угловые точки строят прямоугольник, стороны которого ориентируют по простиранию и вкрест простирания рудного тела. Параллельно этим сторонам, на расстоянии от них, равном ширине бермы, проводят прямые до их взаимного пересечения. Отрезки прямых между точками пересечения являются границами охраняемой площади.

Для группы зданий и сооружений (например, промплощадка шахты) границы охраняемой площади представляют на плане многоугольник, стороны которого параллельны и перпендикулярны простиранию рудных тел или сторонам охраняемых объектов и отстоят от них на ширину бермы (см. рис. 7, б).

Для протяженных объектов, ориентированных диагонально линии простирания рудного тела, границы охраняемой площади строят параллельно сторонам охраняемых объектов, на расстоянии от них, равном ширине бермы. К протяженным объектам относятся железные дороги, трубопроводы, каналы и прочее, а также здания, у которых отношение длинной стороны к короткой более 3 (см. рис. 7, а).

Для железнодорожных путей границы охраняемой площади строятся от нижней бровки насыпи или от верхней бровки выемки.

Охраняемую площадь для капитальных горных выработок (квершлаги, "слепые" шахты, машинные камеры и т.п.) строят на горизонтальной плоскости, расположенной выше кровли выработки на расстоянии, равном удвоенной ширине выработки при устойчивых вмещающих породах ($f \geqslant 5$) и утроенной - в слабоустойчивых ($f < 5$). Предохранительную берму откладывают от проекции выработки на эту плоскость (рис. 8). Ширину бермы принимают по табл. II.

3. Для естественных водных объектов предохранительную берму не строят, и границы охраняемой площади будут следующими:

для наземных водотоков и водоемов, не имеющих в основании об-

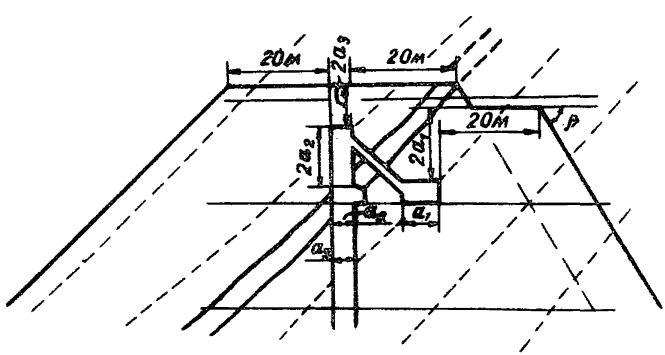


Рис. 8. Определение охраняемой площади для "слепой" шахты и машинной камеры

водненных галечниковых отложений, - граница максимального разлива воды (см. рис. 7, в), установленная по данным гидрогеологической службы с обеспеченностью 3%, т.е. при максимальном разливе, происходившем не более трех раз за 100 лет;

для обводненных галечниковых отложений долин рек, а также для водоносных горизонтов и обводненных зон - граница обводненных отложений, установленная по данным геологической службы.

Для искусственных водотоков и водоемов, а также для земляных плотин и водоограditельных дамб размер бермы принимают 10 м. Берму откладывают от ограждающего сооружения, а при его отсутствии - от изолинии максимального уровня воды.

4. Предохранительные целики под водными объектами строят по углам разрывов. Если линия, проведенная под углом разрывов, пересекает тектоническое нарушение, выходящее под водный объект, то границы предохранительного целика определяют в каждом случае с таким расчетом, чтобы по поверхности сместителя не образовалось водопроводящих трещин.

5. На месторождении, имеющем благоприятные условия для сдвижения пород лежачего бока, верхняя граница предохранительного целика, определенная по углу сдвижения β_1, в случае необходимости, должна быть откорректирована с учетом особенностей геологического строения массива и вероятного характера сдвижения пород лежачего бока (см. п. 9 разд. Ш).

Нижнюю границу предохранительного целика и возможность частичной или полной отработки руды в нем устанавливают с помощью специализированной организации.

6. Если в пределах предохранительного целика находится крупное тектоническое нарушение с углом падения $\alpha_{т.н} > 40^0$, пересекающее плоскость, построенную под углом сдвижения, то верхняя граница целика должна быть перестроена. В этом случае плоскость, ограничивающую целик в пределах рудного тела, проводят параллельно плоскости сместителя на расстоянии 0,2Н от сместителя рудного тела (Н - глубина пересечения центра рудного тела сместителем от земной поверхности, рис. 9).

7. Построение предохранительных целиков производится способами вертикальных разрезов, перпендикуляров и проекций с числовыми отметками. Способ перпендикуляров целесообразно применять для построения предохранительных целиков под вытянутыми, диагонально расположенными объектами, а способ проекций с числовыми отметками - при сложном залегании рудных тел.

Выбор способа построения предохранительных целиков производится по усмотрению главного маркшейдера рудника.

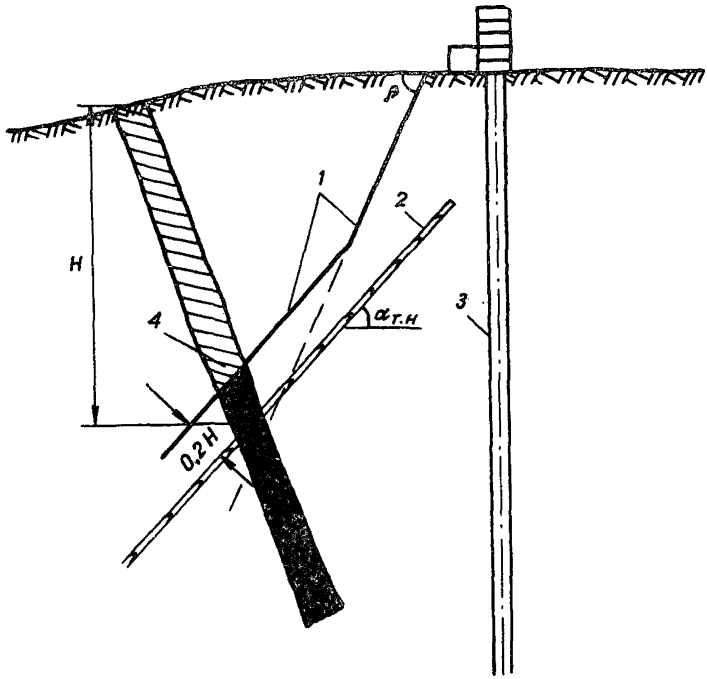


Рис. 9. Построение предохранительного целика при наличии тектонического нарушения:
1 - границы предохранительного целика; 2 - тектоническое нарушение; 3 - отвал; 4 - отработанная часть залежи; $\alpha_{т.н}$ - угол падения тектонического нарушения; β - угол сдвижения

8. Построение предохранительного целика способом вертикальных разрезов заключается в следующем (см. рис. 6). На вертикальные разрезы вкрест простирания и по простиранию рудных тел, проходящие через центр охраняемого объекта, переносят границы охраняемой площади и от них под углами сдвижения в наносах φ проводят линии до контакта с коренными породами. Далее (ниже контакта) продолжают линии под углами сдвижения в коренных породах и получают боковые границы предохранительного целика. Углом β определяется верхняя боковая граница целика - со стороны восстания рудных

тел, углом γ - нижняя боковая со стороны падения рудных тел, углом δ - границы целика по простиранию и углом β_1 - верхняя граница целика со стороны лежачего бока рудных тел.

Нижняя граница предохранительного целика может быть установлена по безопасной глубине разработки или по нижней проектной границе разработки рудных тел.

9. Рудные тела (или их части), расположенные внутри общего контура предохранительного целика и составляющие его рудную часть, называются предохранительными целиками по рудным телам.

Для получения границы предохранительного целика по рудному телу в плане точки пересечения с рудным телом линий, проведенных под углами сдвижения, переносят с вертикальных разрезов на план, соединяют отрезками прямых и получают контур рудного целика в плане. Небольшие рудные тела, расположенные внутри общего контура предохранительного целика, полностью относятся к рудным целикам.

10. Для построения предохранительного целика по рудному телу способом проекций с числовыми отметками на план поверхности с контуром охраняемой площади на контакте коренных пород с рыхлыми отложениями переносят изогипсы почвы рудного тела. Затем от границ охраняемой площади на контакте коренных пород с наносами под соответствующими углами сдвижения проводят наклонные плоскости, которые изображают на плане изогипсами с такими же числовыми отметками, как и изогипсы почвы рудного тела. Горизонтальные проложения для проведения изогипс наклонных плоскостей определяют посредством масштабов заложения, построенных по соответствующим углам сдвижения.

Точки пересечения изогипс наклонных плоскостей с одноименными изогипсами почвы рудного тела, определяющие положение границ предохранительного целика по рудному телу, соединяют отрезками прямых и получают контур рудного целика в плане. При необходимости контуры рудного целика переносят с плана на вертикальные проекции и разрезы.

11. При построении предохранительного целика по рудному телу способом перпендикуляров, под углами β' и γ' проводят наклонные плоскости, ограничивающие предохранительный целик, расположенный диагонально относительно простирания рудного тела. Значения этих углов определяют по номограмме (рис. 10) или вычисляют по формулам:

$$ctg\,\beta' = \sqrt{ctg^2\beta \cdot \cos^2\theta + ctg^2\delta \cdot \sin^2\theta}\ ; \qquad (17)$$

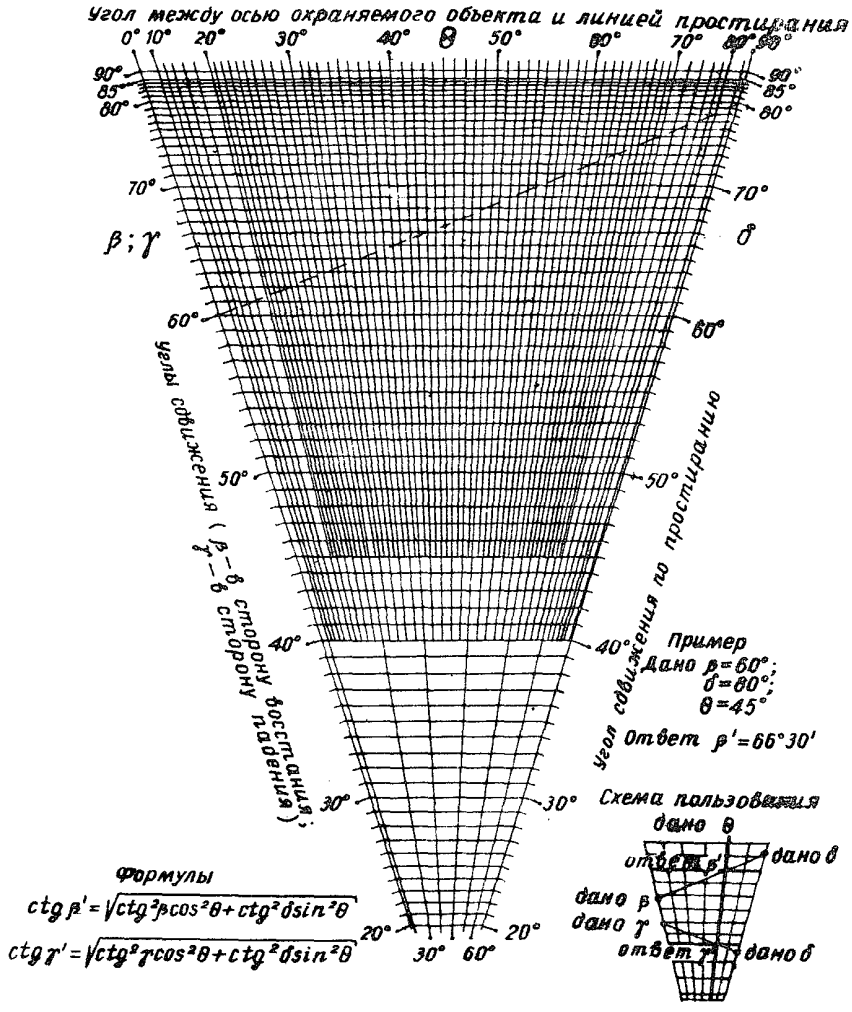


Рис. 10. Номограмма для определения углов β' и γ'

$$ctg\,\gamma' = \sqrt{ctg^2\gamma \cdot \cos^2\theta + ctg^2\delta \cdot \sin^2\theta}\ ; \qquad (18)$$

где β , γ , δ - углы сдвижения в коренных породах, градус; θ - острый угол между линией простирания рудного тела и границей охраняемой площади, градус.

Границы предохранительного целика в плане при данном способе построения определяют длинами перпендикуляров, восстановленных в характерных (поворотных) точках охраняемой площади на контакте коренных пород с наносами. Длину перпендикуляров в сторону восстания q и падения l рудного тела вычисляют по формулам:

$$q = \frac{H - h}{tg\,\beta' + tg\,\alpha \cdot \cos\theta}\ ; \qquad (19)$$

$$l = \frac{H - h}{tg\,\gamma' - tg\,\alpha \cdot \cos\theta}\ , \qquad (20)$$

где H - глубина залегания рудного тела под данной точкой охраняемой площади, м; h - мощность наносов, м; α - угол падения рудного тела, градус.

После построения перпендикуляров их концы соединяют отрезками прямых (или плавной кривой при криволинейной форме охраняемого объекта) и получают контуры предохранительного целика по рудному телу в плане.

Если контуры предохранительного целика строят для отдельных горизонтов, то формулы (19) и (20) принимают вид:

$$q = (H - h) \cdot ctg\,\beta'\ ; \qquad (21)$$

$$l = (H - h) \cdot ctg\,\gamma'\ . \qquad (22)$$

12. Для сооружений I и II категорий охраны разрешается оставлять предохранительные целики минимальных размеров с криволиней-

ными контурами, рассчитанными способом перпендикуляров с использованием углов сдвижения по диагональным направлениям β' и γ'

Для сокращения размеров предохранительного целика разрешается также строить его двумя различными способами и за целик минимальных размеров принимать только контур, общий для обоих способов построения.

Предохранительные целики под сооружения I категории разрешается сокращать по заключениям специализированных организаций.

I3. При разработке отдельных жил мощностью до 3 м с углами падения более 50^0, залегающих в крепких породах ($f > 8$), если площадь целиков и безрудных участков составляет более 20% от площади выработанного пространства, разрешается строить целики только в зоне выветрелых пород и в наносах под углом $\varphi = 50^0$. Под построенным указанным способом целиком в невыветрелых коренных породах следует составлять потолочину высотой не менее 5-кратной вынимаемой мощности жилы. Общая высота целика и потолочины должна быть не менее 50 м.

I4. После утверждения контуры предохранительных целиков должны быть нанесены на маркшейдерские графические документы (совмещенные и погоризонтные планы горных работ, вертикальные проекции, разрезы вкрест простирания и т.п.) с указанием организации, утвердившей целик, и даты утверждения.

УП. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗОНЫ ОПАСНЫХ СДВИЖЕНИЙ В ТОЛЩЕ ПОРОД И НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

I. Оценка устойчивости земной поверхности над подлежащей отработке рудной залежью

Под охраняемым объектом разведена слепая залежь, размеры по простиранию L = I20 м и по падению l = 92 м. Мощность залежи I2 м, угол падения 65°. Глубина до верхнего контура залежи в коренных невыветрелых породах H' = 280 м. Вмещающие породы представлены сиенитами и скарнами с коэффициентом крепости f = I0 и интенсивностью трещиноватости $W < 2$ м$^{-1}$

Требуется установить возможность полной (частичной) выемки залежи системами с обрушением руды и вмещающих пород или необходимость оставления залежи в предохранительном целике для сохранения устойчивости земной поверхности.

В соответствии с п.3 разд.IУ земная поверхность сохранит устойчивое состояние, если

$$H' > H'_p = k_1 \cdot l_э \ .$$

На основе исходных данных определим значения k_1 и $l_э$. Согласно табл. 4 крепости пород f = I0 соответствует значение коэффициента $k_1 = 2,6$.

Размер горизонтальной проекции l', необходимый для определения параметра $l_э$, по формуле (9) составляет

$$l' = 92 \cdot \cos 65° + 12 \cdot \sin 65° = 49 \text{ м}.$$

Поскольку $L > 2l'$ (I20 м > 98 м), то пролет $l_э = l' = 49$ м.

С учетом значений k_1 и $l_э$ расчетная величина глубины H'_p = 2,6 х 49 = I27 м. Отсюда глубина $H' > H'_p$, так как 280 м > I27 м, и следовательно, земная поверхность сохранит устойчивое состояние. Новую слепую залежь можно разрабатывать системами с масовым обрушением, и это не окажет вредного влияния на охраняемый объект на земной поверхности.

2. Определение формы проявления процесса сдвижения земной поверхности при разработке слепой залежи

На месторождении, над слепой залежью, проходят шоссейная дорога, частично линия электропередачи местного значения и линия телефонной связи. Глубина залегания верхней границы очистных работ в коренных породах H' = I65 м. Залежь имеет невыдержанные размеры по

простиранию и по падению и особенно - мощность. Максимальный размер по простиранию L = 145 м, размер горизонтальной проекции l' = 80 м. Средний угол падения α = 45°. Вмещающие породы представлены метаморфизованными порфиритами и хлоритовыми сланцами с коэффициентом крепости f = 8-10 и преобладающей интенсивностью трещиноватости $W < 3$ м$^{-1}$

При условии полной отработки залежи объем выработанного пространства V_2 должен составить 348 тыс.м^3, площадь выработанного пространства в плане $S_{пл}$ = 9800 м^2 и на разрезе вкрест простирания (максимальная) $S_р$ = 2350 м^2.

Необходимо установить последствия влияния на земную поверхность полной выемки залежи с ценной рудой наиболее производительными системами с обрушением, для того чтобы решить вопрос о перспективах дальнейшего использования указанных объектов на подрабатываемой территории.

Из выражения (6) величина эквивалентного пролета

$$l_э = \frac{L \cdot l'}{\sqrt{L^2 + l'^2}} = \frac{145 \cdot 80}{\sqrt{145^2 + 80^2}} = 70 \text{ м}.$$

По табл. 3 для f = 9 значение коэффициента k_1 = 3,0. Подставив значения k_1 и $l_э$ в формулу (5), получим значение глубины $H'_р$ = 3 х 70 = 210 м. Так как $H' < H'_р$ (165 м < 210 м), то массив подработанных пород и земная поверхность не сохранят устойчивое состояние.

Согласно п. 4 разд. УП (табл. 5) возможно сдвижение и деформирование земной поверхности над выработанным пространством залежей с углом падения α = 0-55° при крепости пород $5 < f \leq 10$, но без образования воронок обрушения, если отношение $V_1 / V_2 > 4$. Объем обрушающихся пород

$$V_1 = \frac{2}{3} H' \cdot S_{пл} = \frac{2}{3} \cdot 165 \cdot 9800 = 1078 \text{ тыс. м}^3$$

Отсюда отношение V_1 / V_2 = 1078/348 = 3,1 < 4. Это значит, что полная отработка залежи системами с обрушением приведет к образованию воронок на земной поверхности. Следовательно, охраняемые объекты над залежью, которые могут перенести значительные деформации, не терпят невосполнимый ущерб при образовании воронок обрушения и провалов, подлежат переносу

3. Построение границ зоны возможного образования воронок обрушения и провалов на земной поверхности (рис. II)

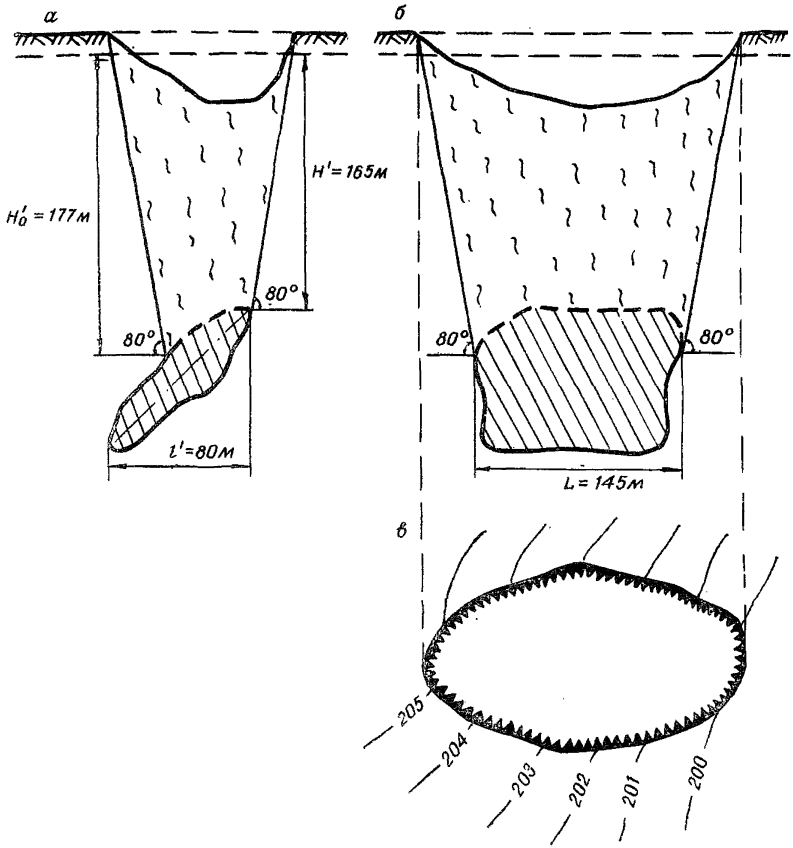


Рис. II. Построение границ зоны возможного образования воронок обрушения и провалов при разработке слепой залежи:
а – разрез вкрест простирания; б – вертикальная проекция;
в – план поверхности

В примере 2 была установлена возможность самообрушения земной поверхности при полной отработке слепой залежи. Используя исходные данные примера 2, построим границы зоны внезапного образования воронок обрушения на земной поверхности.

Первоначально в соответствии с п. 9 разд. IУ вычисляем по формуле (I5) глубину H_0'. Входящий в эту формулу коэффициент k_0' согласно табл. 7, принимаем равным 6,0.

Подставляя величины $S_p = 2350$ м^2, $l' = 80$ м и $k_0' = 6{,}0$ в выражение (I5), получим

$$H_0' = 6 \times \frac{2350}{80} = 177 \text{ м}.$$

Таким образом, со стороны падения и по простиранию залежи построение границ зоны возможного образования воронок обрушения производят от контура выработанного пространства на глубине в коренных породах $H_0' = 177$ м. В соответствии с п. 9 разд. IУ линии проводят на разрезах вкрест простирания и вертикальной проекции под углами 80°. Точки пересечения линий с земной поверхностью на указанных графических материалах переносят на план и соединяют плавной кривой, которая принимается за предельный контур зоны возможного внезапного образования воронок обрушения и провалов на земной поверхности.

4. Построение границ области опасных сдвижений в толще пород (рис. I2)

Подлежит отработке рудная залежь, над которой на уровне соответственно 50 и I00 м от ее верхнего контура расположены действующие подготовительные выработки. Размеры залежи: по простиранию $L = 82$ м и по падению $l = 64$ м. Мощность залежи m составляет в среднем 8 м, угол падения $\alpha = 40°$, глубина верхней границы залежи в коренных породах $H' = 250$ м. В висячем боку залегают конгломераты с коэффициентом крепости $f = 7$-9 и преобладающей интенсивностью трещиноватости $W < 2$ м$^{-1}$. Залежь предполагается отрабатывать системой подэтажного обрушения.

Требуется определить границы области опасных сдвижений и после этого установить возможность дальнейшей эксплуатации вышерасположенных подготовительных выработок. Однако сначала, как в примерах I и 2, необходимо выяснить, какое влияние на массив пород и земную поверхность окажет полная отработка залежи.

На разрезе вкрест простирания залежи размер $l' = 54$ м; также его можно определить по формуле (5):

$$l' = 64 \cdot \cos 40° + 8 \cdot \sin 40° = 54 \text{ м}.$$

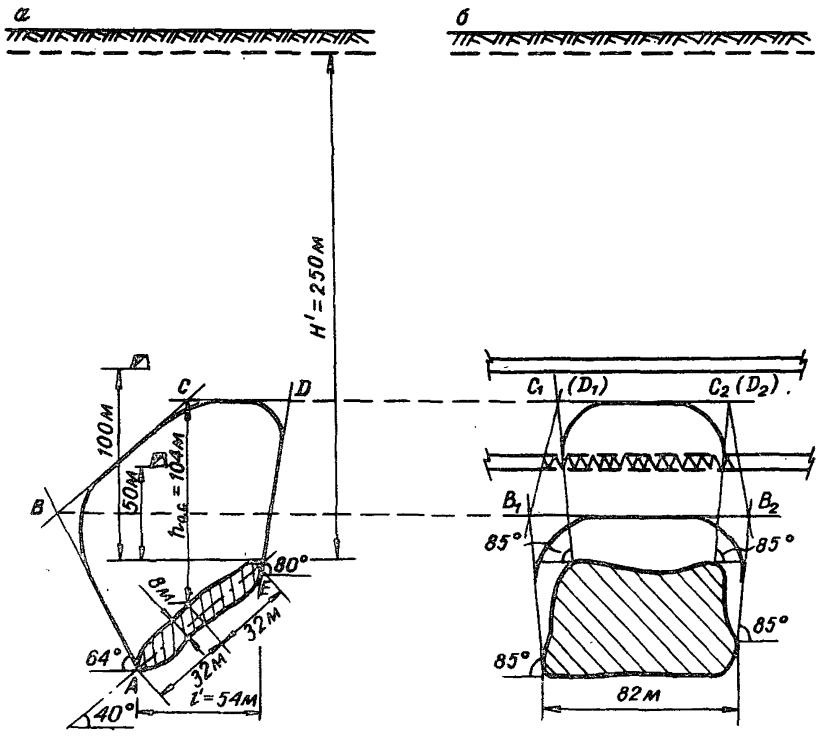


Рис. I2. Построение границ зоны опасных сдвижений в толще пород: а – разрез вкрест простирания; б – вертикальная проекция

Подставляя в выражение (6) значения $L = 82$ м и $l' = 54$ м, получим

$$l'_э = \frac{82 \cdot 54}{\sqrt{82^2 \cdot 54^2}} = 45 \text{ м}.$$

В табл. 3 значению $f_{ср} = 8$ соответствует коэффициент $k_1 = 3{,}6$. После подстановки величин $k_1 = 3{,}6$ и $l_э = 45$ м в (5), получим расчетную безопасную глубину $H'_р = 3{,}6 \times 45 = 162$ м. Из сравнения $H' = 250$ м и $H'_р = 162$ м имеем $H' > H'_р$, следователь-

но, земная поверхность сохранит устойчивое состояние, а область опасных сдвижений замкнется в подработанном массиве пород.

Высоту области опасных сдвижений в толще пород вычисляем по формуле (I6), в которой значение коэффициента k_2 для $f = 7-9$, согласно табл. 9, принимаем равным II и $S_p = m \cdot l = 8x64 = 512$ м^2.

$$h_{o.c.} = II \cdot \frac{512}{54} = 104 \text{ м}.$$

Границы области опасных сдвижений в толще пород строят в соответствии с указаниями п. I4 разд. IУ. Параметр $h_{o.c.} = 104$ м откладываем от середины обнажения кровли и получаем точку С, через которую проводим две линии: одну - параллельно контактам пород с залежью до пересечения с линией, проведенной под углом $\beta_{o.c} = 64^0$ (см. табл. 8) от нижней границы выработанного пространства, и другую - горизонтально до пересечения с линией, проведенной под углом $\gamma_{o.c} = 80^0$ от верхней границы выработанного пространства.

На вертикальной проекции линии строим от верхней и нижней границ выработки под углом $\delta_{o.c} = 85^0$ до пересечения с горизонтальными линиями, проведенными через точки В и С (D).

В построенные многоугольники вписывается криволинейный контур области опасных сдвижений.

Из построений следует, что выработка, расположенная на расстоянии 50 м от верхней границы залежи, попадает в область опасных сдвижений и тем самым при выемке залежи создадутся опасные условия для эксплуатации этой выработки на участке, показанном на вертикальной проекции штриховкой. В то же время вторая (верхняя) выработка окажется вне области опасных сдвижений и останется в рабочем состоянии, если своевременно выполнить небольшие ремонтные работы.

5. Построение предохранительного целика для группы зданий, расположенных в висячем боку пластообразной залежи (рис. I3)

Группа жилых и общественных зданий рабочего поселка рудника расположена диагонально по отношению к линии среднего простирания (ЛСП) залежи. Охране подлежат два четырехэтажных жилых блочных здания, одно трехэтажное жилое кирпичное здание и двухэтажное кирпичное здание школы. Длина зданий от I0 до 45 м.

Длина залежи по простиранию I300 м, размер по падению 600 м. Угол падения залежи $\alpha = 35^0$. Средняя мощность I5 м. Налегающая толща представлена слоистыми породами с коэффициентом крепости $f = 3-8$. Мощность слоев колеблется от 5 до 25 м. Средняя глубина залегания рудного тела под охраняемыми объектами I60 м. Мощность наносов и выветрелых пород 20 м.

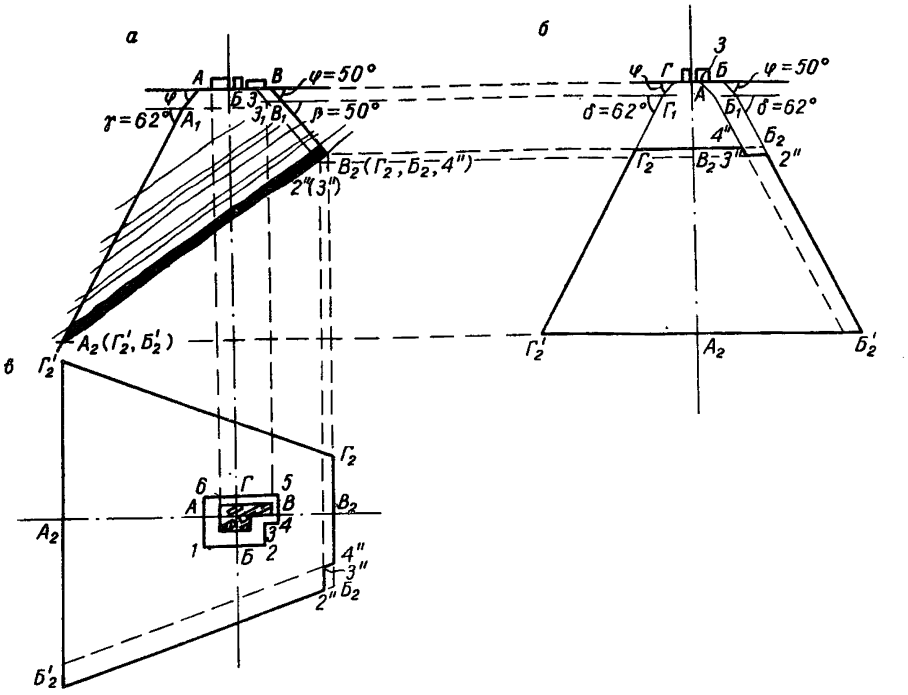


Рис. I3. Построение предохранительного целика для группы зданий, расположенных в висячем боку пластообразной залежи:
а - разрез вкрест простирания; б - вертикальная проекция; в - план поверхности; ▨ - объекты I категории охраны; ▭ - II категории

По характеру строения пород месторождение относится к I типу.

При отработке залежи системами со слоевым обрушением кровли, безопасная глубина разработки превышает среднюю глубину залегания рудного тела под охраняемыми объектами. Целик строят способом вертикальных разрезов следующим образом:

- на плане земной поверхности через угловые точки зданий проводят линии, параллельные и перпендикулярные ЛСП;

на расстоянии, равном ширине бермы (согласно п. 3 разд. УI - 20 м для I категории охраны и I0 м для II категории), параллельно этим

линиям проводят линии контура охраняемой площади (точки I, 2, 3, 4, 5, 6);

- через середину охраняемой площади проводят линии по простиранию и вкрест простирания, отмечая точки А, Б, В и Г пересечения этих линий с контуром охраняемой площади, и строят разрезы по этим линиям:

Согласно п. 2 разд. III и табл. 2 углы сдвижения определяют по формулам:

$$\delta = \gamma = \delta_p = 55^0 + I,5\, f_{ср};$$

$$\beta = \beta_p = \delta_p - (0,3 + 0,0I f_{ср}) \cdot \alpha,$$

где $$f_{ср} = \frac{\sum m_i \cdot f_i}{\sum m_i} = \frac{5 \cdot 30 + 6 \cdot 20 + \ldots + I \cdot 20}{30 + 20 + \ldots + 20} = 5$$

(В расчете учитываются мощность и крепость пород слоев, расположенных под охраняемой площадью).

После подстановки значений $f_{ср}$ и α в расчетные формулы получим $\delta = \gamma = 55 + I,5 \cdot 5 = 62^0$ и $\beta = 62 - (0,3 + 0,0I \cdot 5) \cdot 35 = 50^0$.

Угол сдвижения в наносах и выветрелых породах во всех направлениях принимают равным 50^0 (см. п. 6 разд. III).

От точек А, Б, В и Г проводят линии в наносах и выветрелых породах под углом 50^0, а затем в коренных породах от точек $А_1$, $Б_1$ и $Г_1$ - линии под углом 62^0 и от точки $В_1$ - под углом 50^0 до пересечения с почвой рудного тела и получают точки $А_2$ и $В_2$ на разрезе вкрест простирания, а также точки $Г_2$, $Б_2$ и $Г_2'$, $Б_2'$ на разрезе по простиранию залежи. Эти точки, а также точки $2''$, $3''$ и $4''$ переносят на план земной поверхности и получают границы предохранительного целика по залежи в плане.

6. Построение предохранительного целика для охраны ствола и сооружений промплощадки, расположенных в лежачем боку залежи (рис. I4)

Ствол для подъема-спуска людей, оборудования и вентиляции, надшахтное здание, здание подъемной машины и центральная компрессорная станция охраняются как сооружения I категории. Длина рудной залежи по простиранию II00 м, по падению 200 м. Угол падения 78^0, средняя мощность 8 м. Крепость массива, сложенного в основном сланцами, порфиритами и туфами, колеблется от 6 до I6, составляя в среднем I0. Мощность необводненных рыхлых отложений 25 м. Ствол расположен в центральной части месторождения. Залежь отрабатывается системой подэтажного обрушения.

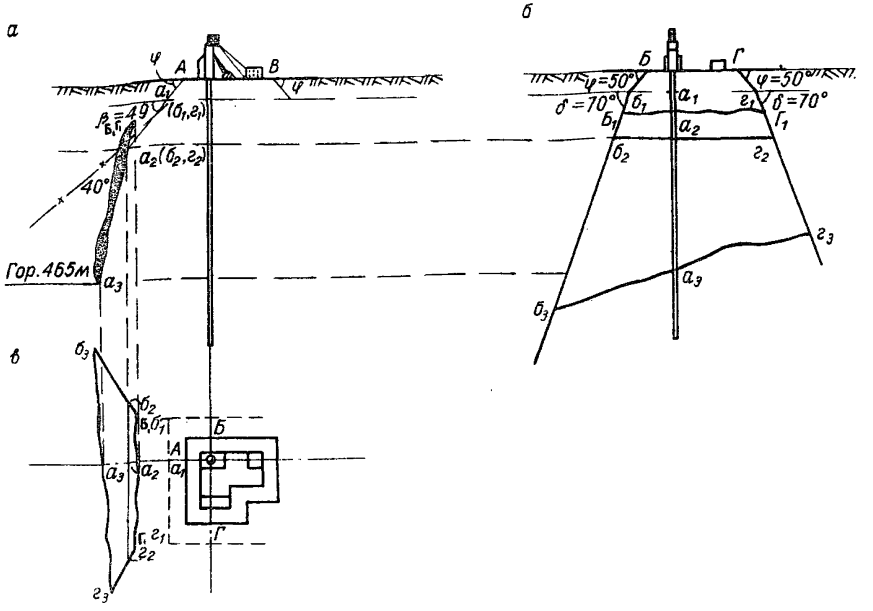


Рис. I4. Построение предохранительного целика для охраны ствола и сооружений промплощадки, расположенных в лежачем боку залежи: а – разрез вкрест простирания; б – вертикальная проекция; в – план поверхности; -х—х— дизъюнктивное нарушение

Согласно п. 2 разд. Ш угол $\beta_1 = \beta_р + 5^0$. В свою очередь $\beta_р = \delta_р - (0,30 + 0,10) \cdot 65$, где $\delta_р = 55^0 + 1,5\, f_{ср} = 70^0$. И тогда угол $\beta_р = 70 - 26 = 44^0$, а $\beta_1 = 49^0$. В соответствии с п. 3 разд. УI ширина предохранительной бермы 20 м. Значение угла сдвижения φ в необводненных рыхлых отложениях принимают равным 50^0. Предохранительный целик строят способом вертикальных разрезов. Поскольку под стволом отработке подлежит одно рудное тело, то можно ограничиться построением целика по углам β_1 и δ. Для этого на разрезе вкрест простирания, отложив берму шириной 20 м от надшахтного здания до точки А, под углом $\varphi = 50^0$ проводят в наносах линию $A a_1$ и затем под углом $\beta_1 = 49^0$ – линию $a_1 a_2$ до пересечения

с почвой залежи. Точка $а_2$ ($б_2$, $г_2$) определяет верхнюю границу предохранительного целика.

Нижняя граница целика определяется нижней выклинкой залежи. Чтобы установить границы целика по простиранию, проводят от охраняемого контура (точек Б и Г) линии $Бб_1$ и $Гг_1$ под углом $\varphi = 50^0$ и линии $б_1б_3$ и $г_1г_3$ под углом $\delta = 70^0$. На вертикальной проекции предохранительный целик ограничивают прямыми $б_1б_3$ и $г_1г_3$. Точки $а_2$, $а_3$, $б_2$, $г_2$, $б_3$ и $г_3$ переносят на план и строят границы целика по рудному телу в плане. В данном случае в целик попадает и верхняя часть залежи над точками $б_2$, $а_2$, $г_2$, так как вблизи разрывного нарушения необходимо оставлять целики размером не менее 0,2Н (см. п. 6 разд. УI).

7. Построение предохранительного целика под железную дорогу МПС местного значения (рис. I5)

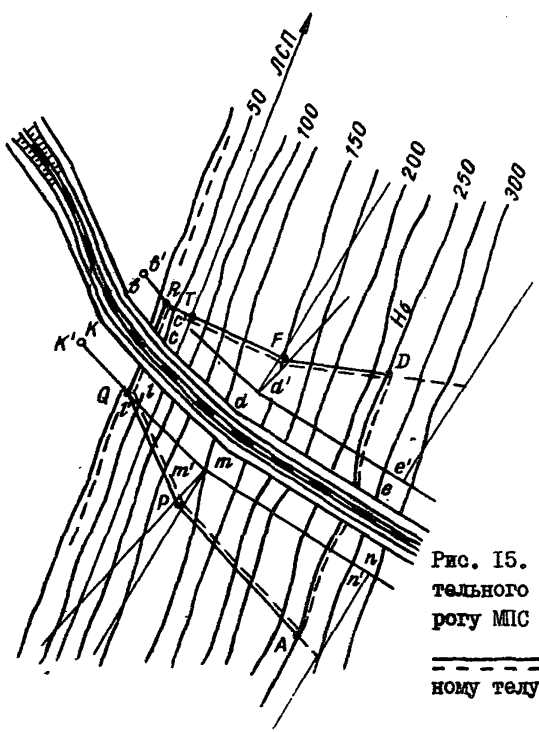


Рис. I5. Построение предохранительного целика под железную дорогу МПС местного значения:

———— граница целика по рудному телу до безопасной глубины разработки

Железная дорога МПС местного значения расположена диагонально к простиранию рудной залежи. Угол падения залежи 40^0, средняя мощность 2,5 м. Залежь отрабатывается системой с открытым выработанным пространством, со сплошной выемкой по простиранию. Породы висячего и лежачего боков представлены хлорито-серицитовыми, углистыми и кремнистыми сланцами. Среднее значение коэффициента крепости пород $f_{ср} = 8$. Суммарная мощность необводненных рыхлых отложений и выветрелых пород (М) равна 35 м. Согласно п. 2 разд. Ш и табл. 2 углы сдвижения определяют по формулам:

$$\delta = \delta_p = 55^0 + 1{,}5^0 f_{ср} = 55^0 + 12^0 = 67^0;$$

$$\beta = \beta_p = \delta_p - (0{,}30+0{,}01 f_{ср}) \cdot \alpha = 67^0 - (0{,}30+0{,}01 \cdot 8) \cdot 40 = 52^0;$$

$$\gamma = \delta_p = 67^0 \text{ и } \varphi = 50^0.$$

Как следует из табл. 10, подлежащая охране железная дорога относится ко II категории охраны. Для объектов II категории охраны коэффициент безопасности $K_б = 100$ и ширина бермы равна 10 м. Безопасная глубина разработки $H_б = 100 \times 2{,}5 = 250$ м.

Построению предохранительного целика предшествуют построения охраняемой площади. Для этого от границ бермы, обозначенных буквами k, l, m, n, e, d, c и b, по нормали к контуру охраняемой площади откладывают отрезки $M \cdot ctg\,\varphi = 35 \cdot ctg\,50^0 = 29{,}5$ м. Соединяя концы отрезков между собой, получают контур охраняемой площади на контакте выветрелых пород с коренными невыветрелыми породами (точки k', l', m', n', e', d', c' и b').

Границы предохранительного целика по рудному телу строят способом перпендикуляров. Для вычислений используют формулы и диаграммы п. 12 разд. УІ. Результаты расчетов приведены в табл. 12, в которой Н – глубина залегания рудного тела под данной точкой, определяемая по плану изоглубин; θ – острый угол между направлением простирания и границей охраняемой площади; углы β' и γ' определяют по диаграмме, приведенной на рис.10, причем угол β' – только для точек c', d' и e', а γ' – для точек n', m' и l'; q', l' – длина перпендикуляров на 1 м глубины (Н–М).

При проведении границы целиков по восстанию и падению значения перпендикуляров в точках l', m' и n' усредняются. Верхняя граница целика совпадает с прямой QR, проходящей через точки пересечения прямых $l'k'$ и $c'b'$ с почвой залежи. Нижнюю границу целика проводят с учетом безопасной глубины разработки.

Целик по рудному телу ограничен многоугольником APQRTFD.

Таблица 12

Обозначение точек	Н-М, м	Углы, градус				q'	t'	q	t
		θ	α	β'	γ'				
c'	25	6I	40	-	67	-	0,52	-	I2,6
c'	25	68	40	-	67	-	0,48	-	I2,0
d'	I00	68	40	-	67	-	0,48	-	48,0
d'	I00	79	40	-	67	-	0,44	-	44,0
e'	258	79	40	-	67	-	0,44	-	I20,0
e'	258	8I	40	-	67	-	0,44	-	I20,0
n'	260	8I	40	66	-	0,4I	-	I06	-
n'	260	79	40	66	-	0,4I	-	I06	-
m'	90	79	40	66	-	0,4I	-	37	-
m'	90	68	40	64	-	0,43	-	39	-
l'	5	68	40	64	-	0,43	-	2,0	-
l'	5	63	40	62,5	-	0,44	-	2,0	-

8. Построение предохранительного целика при разработке месторождения жильного типа

I) При полной подработке земной поверхности (рис. I6).

Охране подлежат три двухэтажных жилых здания, расположенных над жилой, залегающей в крепких неслоистых породах ($f_{ср}$ = I2). Мощность жилы m = 2,5 м, угол падения α = 70°. Размеры по простиранию 780 м и по падению 340 м. *Глубина залегания* верхней границы 65 м и нижней 380 м. Суммарная площадь безрудных участков не превышает 5%. Жила отрабатывается системой с магазинированием руды.

Согласно табл. I0 здания относятся ко II категории охраны.

Безопасная глубина разработки $H_б = I00m = I00 \cdot 2,5 = 250$ м. В соответствии с п. 5 разд. III углы сдвижения $\beta = \beta' = 70°$, $\delta = 75°$ и $\varphi = 50°$.

Размеры охраняемой площади определяются на плане точками А, Б, В и Г. Целики строят способом вертикальных разрезов. Его границы по рудному телу в плане и на разрезах обозначены цифрами I, 2, 3 и 4. Нижняя граница целика определяется по $H_б$.

2) При неполной подработке земной поверхности (рис. I7).

Охране подлежит трехэтажное жилое здание. Месторождение представлено жилой протяженностью по простиранию I600 м и по падению 550 м. Угол падения жилы 55°, мощность m = 3 м. Общая площадь безрудных целиков в районе подрабатываемого здания составляет не менее 25%.

Вмещающие породы неслоистые, средней трещиноватости, коэффициент крепости f = I2. Тектонической нарушенности массива не выявлено.

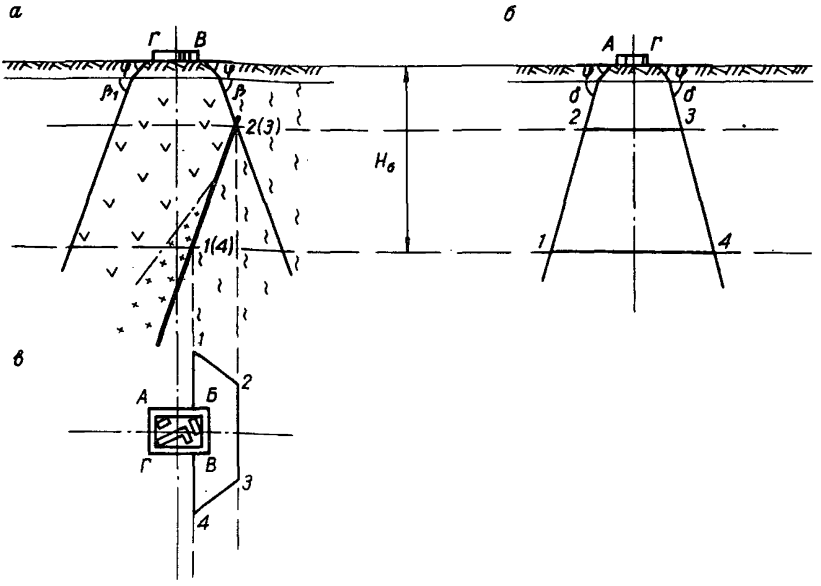


Рис. I6. Построение предохранительного целика для месторождения, представленного жилой:
а – разрез вкрест простирания; б – вертикальная проекция; в – план поверхности

Наносы представлены в основном суглинками нормальной влажности. Суммарная мощность наносов и выветрелых пород составляет в среднем 90 м. Залежь отрабатывается системой с магазинированием руды. Построение целика выполняется способом вертикальных разрезов. Согласно п. I3 разд. УI при выемке отдельных жил в условиях неполной подработки земной поверхности целик строится только в наносах и зоне выветрелых пород под углом $\varphi = 50^0$. Ширина бермы I0 м. На плане целик ограничен прямоугольником 3-5-6-4. В невыветрелых коренных породах оставляется потолочина высотой 5м(I5 м), ограниченная в плане трапецией $I' - 2' - 2'' - I''$.

9. Построение предохранительного целика при сложной гипсометрии залежи (рис. I8)

Трехэтажное здание Дома культуры расположено в висячем боку пластообразной залежи. Угол падения залежи $\alpha = 45^0$, средняя мощ-

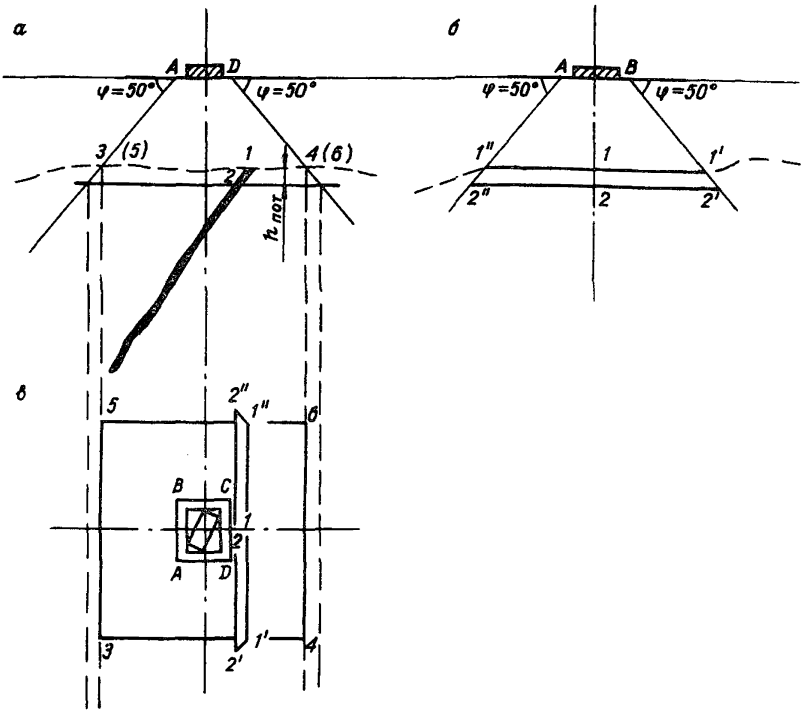


Рис. 17. Построение предохранительного целика для месторождения, представленного тонкой жилой:

а – разрез вкрест простирания; б – вертикальная проекция; в – план поверхности; граница выветрелых и невыветрелых коренных пород

ность 11 м. Средняя крепость пород висячего бока под охраняемым сооружением $f_{ср}$ = 8. Мощность наносов не превышает 2 м. Строение пород слоистое. Залежь отрабатывается системой подэтажных штреков.

Здание относится ко II категории охраны. Согласно п. 3 разд. VI ширина бермы 10 м. Целик строят методом проекций с числовыми отметками. Рассчитанные по формулам (1) и (2) углы сдвижения равны:

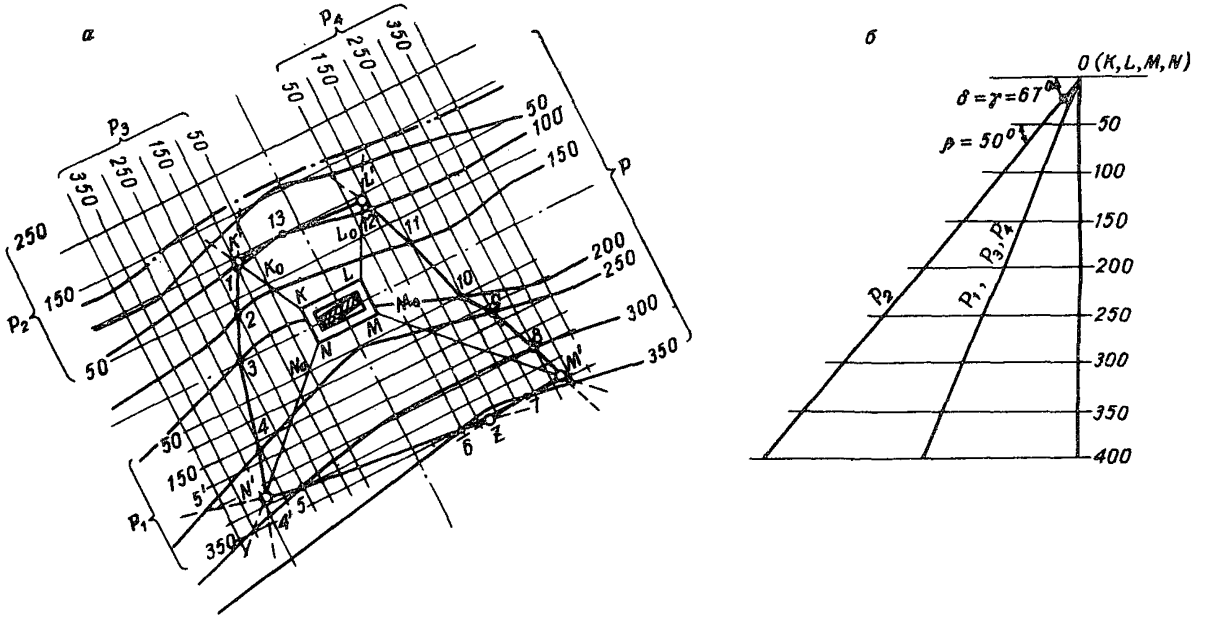


Рис. I8. Построение предохранительного целика при сложной гипсометрии залежи:
а – план поверхности; б – масштаб заложения, —·— верхняя выклинка залежи

$\gamma = \delta = 55^0 + 1^0$, $5 \cdot 8 = 67^0$ и $\beta = 67^0 - (0{,}30 + 0{,}01 \cdot 8) \cdot 45^0 = 50^0$

Сначала на плане земной поверхности строят изогипсы почвы рудной залежи через 50 м (поверхность P, см. рис. 18, а). Затем от границ охраняемой площади MNKL, ориентированной по простиранию и падению залежи, строят плоскости P_1, P_3 и P_4 под углом 67^0, а также плоскость P_2 под углом 50^0 (расстояние между горизонтами, проведенными через 50 м по высоте, определяют с помощью масштаба заложения (см. рис. 18, б).

Точки 1, 2, 3 ..., 13 контура предохранительного целика по залежи получаются в результате пересечения или касания (например, точка 13) горизонталей, имеющих одинаковые отметки и принадлежащих, с одной стороны, поверхности почвы рудной залежи, а с другой - какой-либо из плоскостей, ограничивающих целик.

Точки M', N', K' и L' определяются как пересечение горизонтальных проекций линий пересечения с поверхностью P соседних ограничивающих плоскостей. Так, точка N' появляется при пересечении горизонтальной проекции линии пересечения плоскостей P_1 и P_3 (линии NN_0) с одной из этих линий.

Границы целика по падению и восстанию строят после границ целика по простиранию залежи, когда на план нанесены точки M', N', K' и L'. Положение точки Z определяется в последнюю очередь. Она получена на пересечении продолжения линий 5-6 и M-7.

10. Построение границ зоны опасных сдвижений на земной поверхности

Границы зоны опасных сдвижений построены для следующих горно-геологических и горно-технических условий разработки рудной залежи.

Размеры залежи по простиранию 1520 м и по падению 500 м. Азимут средней линии простирания залежи составляет $A = 130^0$. Угол падения залежи изменяется от 50 до 70^0. Залежь имеет склонение в северо-западном направлении. Мощность рудного тела колеблется от 10 до 15 м. Глубина до верхней границы залежи 100 м. Суммарная мощность наносов и выветрелых пород 30 м. Наносы и выветрелые породы неводонасыщенные. Вмещающие породы - слоистые, с согласным залеганием. Среднее значение коэффициента крепости пород висячего бока $f=7$ и лежачего $f=5$. По степени трещиноватости породы изменяются в широком диапазоне, от сильно- (до глубины 300 м) до слаботрещиноватых (ниже горизонта 300 м).

Залежь будет отработана сплошной системой с обрушением пород налегающей толщи.

Согласно пп. 2, 6 разд. III и табл. 2 для данных условий значения углов сдвижения $\delta_p = 66^0$, $\beta_p = 44\text{-}48^0$, $\beta_p = 52^0$ и $\varphi = 50^0$.

Построение границ зоны опасных сдвижений на земной поверхности показано на рис. I9 и 20 и произведено в соответствии с указаниями п. 9 разд. Ш.

На план поверхности наносятся контур рудного тела и положение линий геолого-разведочного бурения. На рис. 20 приведено три разреза. Практически для построения зоны следует использовать все имеющиеся линии.

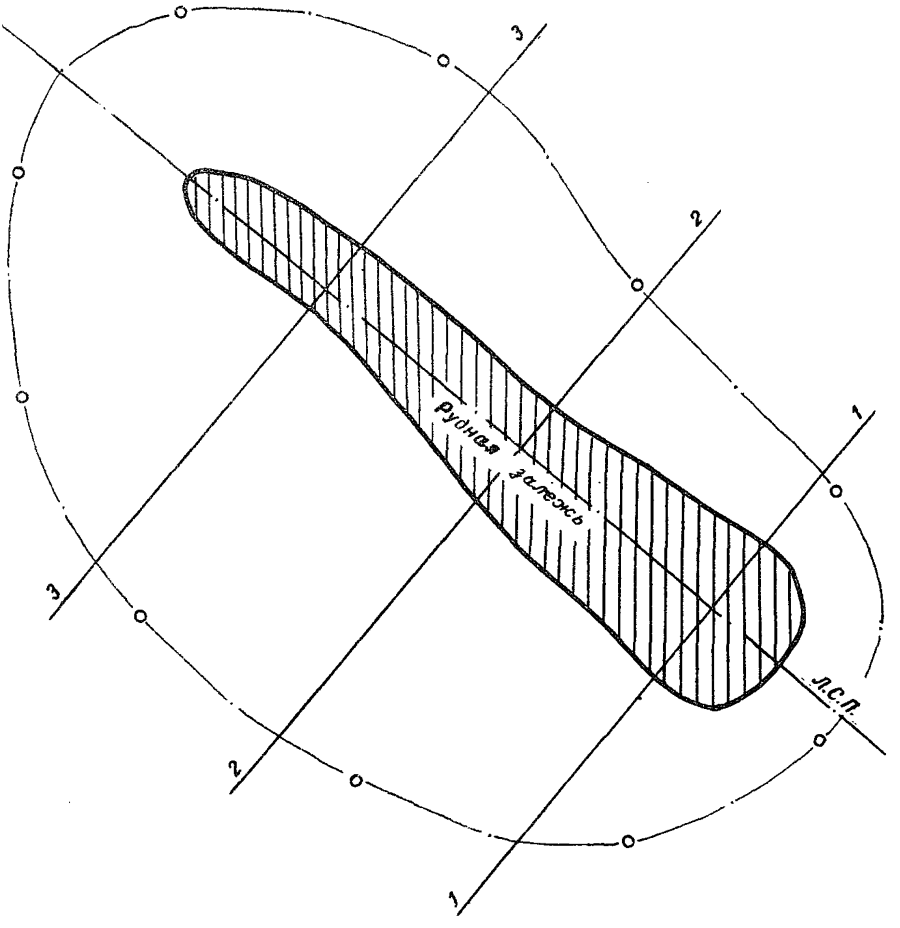


Рис. I9. Построение границ зоны опасных сдвижений на земной поверхности (план поверхности):
Л. С. П. - линия среднего простирания

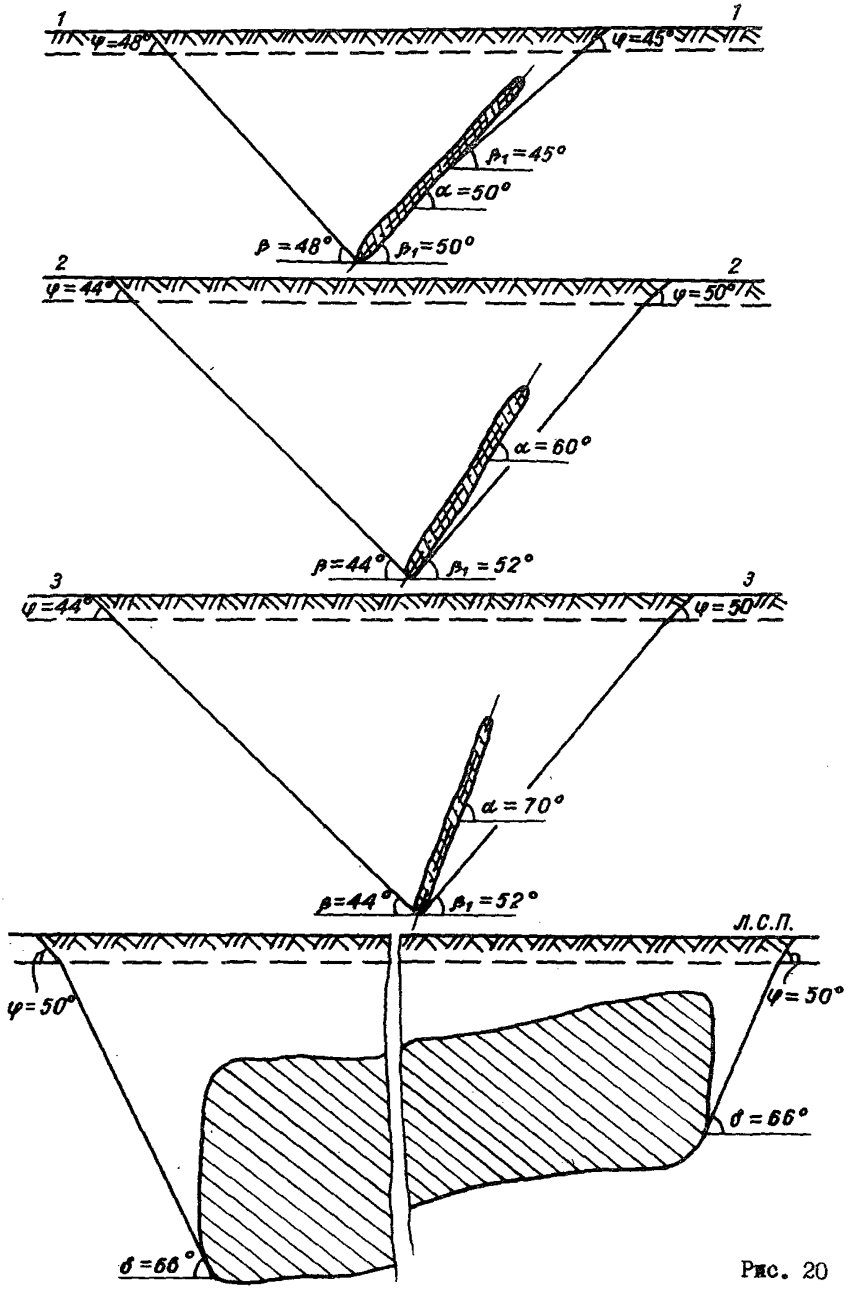

1
1
φ=48°
φ=45°
β₁=45°
α=50°
β=48°
β₁=50°
2
2
φ=44°
φ=50°
α=60°
β=44°
β₁=52°
3
3
φ=44°
φ=50°
α=70°
β=44°
β₁=52°
Л.С.П.
φ=50°
φ=50°
δ=66°
δ=66°

Рис. 20

Так как падение рудного тела непостоянно, то для сечения I-I принимают угол $\beta_1 = 48^0$. Поскольку расчетное значение угла превышает величину угла падения α, то до глубины 300 м принимают угол $\beta = \alpha = 50^0$, а ниже этого горизонта (см. прим. I к табл. 2 - угол $\beta_1 = 45^0$. Углы сдвижения в наносах принимают равными соответствующим углам в коренных породах (см. п. 6 разд. Ш).

Для разрезов по линиям 2-2 и 3-3 углы β и ψ принимают равными 44^0, так как при крепости пород $f < 8$ угол падения не должен превышать 60^0 (см. п. 2 разд. Ш).

Рис. 20. Построение границ зоны опасных сдвижений на земной поверхности:

I-I, 2-2, 3-3 - разрезы вкрест простирания

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ РУДНЫХ ТЕЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАКЛАДКИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

I. При отработке пологих пластообразных залежей с применением закладки выработанного пространства в расчетах безопасной глубины подработки и величины сдвижения земной поверхности используется эффективная мощность $m_э$, определяемая по формуле:

$$m_э = (h_к + h_н) \cdot (1 - B) + B \cdot m , \qquad (23)$$

где m - нормальная вынимаемая мощность залежи, м; $h_к$ - средняя величина сближения кровли с почвой очистной выработки (конвергенция) до возведения закладки, определяемая по результатам наблюдений, м; $h_н$ - средняя неполнота закладки (среднее расстояние от верха закладочного массива до кровли выработки), устанавливаемая по опыту, м; B - коэффициент усадки закладки под давлением, определяемый по результатам натурных или лабораторных испытаний закладочного материала.

При отсутствии экспериментальных данных значения коэффициента усадки закладки при глубинах разработки до 300 м можно принимать следующими.

Вид закладки	Коэффициент B
Твердеющие смеси	0,005-0,03
Гидравлическая:	
из песка	0,05-0,15
из дробленой породы	0,15-0,30
Самотечная:	
из дробленой породы	0,20-0,40
из рядовой породы	0,20-0,40

При глубине разработки более 300 м (до 700-800 м) коэффициент B для твердеющих материалов составляет 0,05-0,08; для гидравлической закладки из песка 0,25 и из дробленой породы 0,45.

2. При отработке крутопадающих рудных тел камерными, камерно-целиковыми системами, а также горизонтальными слоями с восходящим порядком выемки слоев при полной закладке выработанного пространства твердеющими смесями эффективную мощность можно определять из выражения:

$$m_э = B \cdot m , \qquad (24$$

Приложение 2

ДОПУСТИМЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ОХРАНЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

I. Для гражданских зданий

Таблица I3

Назначение здания	Этажность	Длина здания, м	Допустимые горизонтальные деформации, $I \cdot I0^{-3}$
Дошкольные детские учреждения, больницы, поликлиники, школы, бани, театры, дворцы культуры	I - 3	Менее I5	5
		I5-30	3,5
		3I-60	2,5
		60	2
	4 - 5	I5	6
		I5-30	4
		3I-60	3
		60	2,5
Жилые здания, гостиницы	I - 3	Менее I5	5,5
		I5-30	3,5
		3I-60	2,5
		60	2
	4 - 5	Менее I5	6,5
		I5-30	4,5
		3I-60	3
		60	2,5
Учреждения бытового обслуживания, вспомогательные здания	I - 3	Менее I5	6
		I5-30	4
		3I-60	3
		60	2,5
	4 - 5	Менее I5	6,5
		I5-30	4,5
		3I-60	3
		60	2,5

2. Для промышленных зданий

Таблица I4

Назначение зданий	Длина здания или отсека, м	Растяжение или сжатие, $I \cdot I0^{-3}$	
		для каркасных зданий	для бескаркасных или с неполным каркасом
Центральные и групповые обогатительные фабрики	Менее I5	5,5	4,5
	I5-30	3	2,5
	3I-45	2,5	2
	46-72	2	2
Производственные помещения Адмбыткомбинаты, заводские лаборатории Центральные электромеханические мастерские Шахтные и заводские котельные	Менее I5	8	5,5
	I5-30	4,5	3
	3I-45	4	2,5
	46-72	3,5	2
Административно-хозяйственные и складские помещения Компрессорные станции Шахтные электровозные депо Здания электроподстанций Здания рудничных вентиляторов	Менее I5	I0	8
	I5-30	6	4,5
	3I-45	5	4
	46-72	4,5	3,5

3. Для различных объектов и сооружений

Таблица 15

Наименование сооружения (объекта)	Допустимые деформации земной поверхности, $I \cdot I0^{-3}$	
	Растяжение или сжатие	Наклон
I. Технологическое оборудование		
Поршневые компрессоры	-	4
Шахтные подъемные машины с диаметром барабана:		
до 5 м	-	6
более 5 м	-	4
Шахтные вентиляторы:		
осевые	3	5
центробежные	5	7
Котлы:		
вертикальные водотрубные	-	5
горизонтальные жаротрубные	4	8
Подкрановые пути козловых кранов	-	6
Подкрановые пути мостовых перегружателей	-	3
II. Инженерные сооружения		
Башенные сооружения		
Водонапорные башни на бетонном и бутобетонном фундаментах	3	8
Дымовые трубы кирпичные и железобетонные:		
до 50 м	-	6
60-80 м	-	4
Стальные копры	-	6
Плотины и дамбы		
Каменные и бетонные	2	-
Земляные с водосливным устройством	9	-
Земляные без водосливного устройства	6	-

Продолж.табл. I5

Наименование сооружения (объекта)	Допустимые деформации земной поверхности, $I \cdot IO^{-3}$	
	Растяжение или сжатие	Наклон
Бункеры		
Погрузочные железобетонные	3	-
Погрузочные стальные	4	-
III. Транспортные сооружения		
Участки железных дорог, на которых скорость движения поездов более I00 км/ч и участки с бесстыковым путем	2	4
Мосты, путепроводы (виадуки) всех конструкций общей длиной более 20 м	3	5
Линии железных дорог общего пользования, железнодорожные депо МПС, мосты, путепроводы и виадуки длиной менее 20 м	5	8
Линии железных дорог МПС, грузооборот которых не превышает 3 млн.т/км в год и по которым в течение суток проходит не более трех пар пассажирских поездов; подъездные пути МПС	7	I0
IУ. Линии электропередач (ЛЭП) и открытые понизительные подстанции		
Анкерные опоры ЛЭП напряжением		
220 - 400 кВ	5	8
6-II0 кВ	7	I2
Промежуточные опоры ЛЭП напряжением		
220-400 кВ	7	I2
6-II0 кВ	I0	-
Открытые понизительные подстанции напряжением		
220-400 кВ	4	5
II0 кВ и менее	5	7
У. Санитарно-технические сети		
Газопроводы со стыками, равнопрочными телу труб:		
а) наземные магистральные	8	-

Наименование сооружения (объекта)	Допустимые деформации земной поверхности, $I \cdot I0^{-3}$	
	Растяжение или сжатие	Наклон
б) подземные магистральные		
из труб стали 2 и стали 3	I-2	-
из труб стали I4Г2, I5ГС, I0Г2СД, I5хСНД, I0хСНД	I,5-3,5	
Теплопроводы:		
наземные магистральные	I0	-
подземные в каналах	6	6
подземные бесканальные магистральные разводящие	3-5	4-5
Водопроводы:		
наземные магистральные	I0	-
подземные, стальные магистральные, разводящие	4-5	-
магистральные каналы с монолитной бетонной или железобетонной облицовкой	I	-
Канализационные сети:		
стальные напорные подземные	3-4	-
стальные напорные наземные	8	-

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ 3

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 4

II. ФОРМА ПРОЯВЛЕНИЯ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ 7

III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОНЫ ОПАСНОГО ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ РАЗРАБОТОК 17

IУ. УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОСТИ, ДЕФОРМИРОВАНИЯ И ОБРУШЕНИЯ ПОДРАБОТАННОЙ ТОЛЩИ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ 22

У. МЕРЫ ОХРАНЫ И УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОЙ ПОДРАБОТКИ СООРУЖЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ 34

УI. ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ 40

УП. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗОНЫ ОПАСНЫХ СДВИЖЕНИЙ В ТОЛЩЕ ПОРОД И НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ 49

1. Оценка устойчивости земной поверхности над подлежащей отработке рудной залежью. 49

2. Определение формы проявления процесса сдвижения земной поверхности при разработке слепой залежи. 49

3. Построение границ зоны возможного образования воронок обрушения и провалов на земной поверхности 51

4. Построение границ области опасных сдвижений в толще пород 52

5. Построение предохранительного целика для группы зданий, расположенных в висячем боку пластообразной залежи 54

6. Построение предохранительного целика для охраны ствола и сооружений промплощадки, расположенных в лежачем боку залежи 56

7. Построение предохранительного целика под железную дорогу МПС местного значения 58

8. Построение предохранительного целика при разработке месторождения жильного типа 59

9. Построение предохранительного целика при сложной гипсометрии залежи 61

10. Построение границ зоны опасных сдвижений на земной поверхности 64

Приложение 1. Определение эффективной мощности при отработке рудных тел с применением закладки выработанного пространства 68

Приложение 2. Допустимые деформации земной поверхности для охраняемых объектов 69

С о с т а в и т е л и

М. А. Кузнецов, В. В. Громов, Е. И. Кузнецова,
С. Н. Зеленцов, Г. П. Лукин

Редактор Е. М. Платонова
Художественный редактор Н. С. Чистякова
Технический редактор М. А. Тарасенко
Корректор Ю. Б. Есельсон

Подписано к печати 18.12.86 г. М28770.
Формат бумаги 60х90/16. Печ. л. 4,75. Уч.-изд.л. 4.
Заказ 40. Тираж 500. Цена 30 к.
Печатный цех ВНИМИ

УДК 622.838.53

Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок месторождений руд цветных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород. Л., 1986. 76 с. (М-во угольной пром-сти СССР. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени науч.-исслед. ин-т горн. геомех. и маркшейд. дела).

ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ, ОБЛАСТЬ ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК, ЗОНА ОПАСНЫХ СДВИЖЕНИЙ, ЗОНА ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ, УСТОЙЧИВОСТЬ И ДЕФОРМИРОВАНИЕ ТОЛЩИ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, МЕРЫ ОХРАНЫ, ПОДРАБАТЫВАЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИКИ.

Во Временных правилах даны указания по определению границ зоны вредного влияния подземных разработок на земной поверхности, установлены условия устойчивости, деформирования и обрушения подработанной толщи пород и земной поверхности при разработке слепых залежей ограниченных размеров, приведены формы проявления и продолжительность процесса сдвижения, указаны меры охраны и допустимые деформации для различных зданий, объектов и сооружений, а также способы построения предохранительных целиков и примеры их построения.

Ил. 20, табл. 15.

gost.e-ecolog.ru