**Предрасчет обрушения покрывающих пород на поземных рудниках КФ АО «Апатит» ФосАгро**

**Введение**

Система разработки с обрушением, к которым относится подэтажная система, применяемая на подземных рудниках КФ АО «Апатит» ФосАгро при отработке апатит-нефелиновых месторождений, используется при разработке мощных месторождений в неустойчивых, склонных к обрушению, породах, когда возможно сдвижение и обрушение земной поверхности. Сущность этого способа разработки заключается в том, что вслед за выемкой полезного ископаемого сразу или с некоторым отставанием покрывающие породы обрушаются под действием собственного веса или принудительно. Деформация подработанной подземными работами земной поверхности влияет на безопасность разработки недр, поскольку возможно внезапное и неконтролируемое самообрушение подработанных пород. Особенно это становится актуальным в настоящее время в связи с углублением подземных горных работ и усложнением в связи с этим горнотехнических условий отработки. Поэтому для обеспечения безопасной отработки месторождений необходимо контролировать и прогнозировать процессы внезапного самообрушения.

1. **Общие положения**

При подземной разработке в массиве горных пород образуется выработанное пространство, изменяющее напряженное состояние массива вмещающих пород. При достижении выработанным пространством критических размеров нарушается устойчивость вмещающих пород, и они приходят в движение. Процесс сдвижения развиваясь в толще горных пород, достигает земной поверхности и вызывает ее деформирование.

Часть массива, подвергшаяся деформациям под влиянием подземной разработки, называется областью сдвижения горных пород.

Участок земной поверхности, подвергшийся деформациям под влиянием подземной разработки, называется зоной сдвижения земной поверхности.

В общей области сдвижения горных пород и общей зоне сдвижения земной поверхности по характеру сдвижения массива выделяются следующие частные области и зоны (рис.1) [3]

1 – Область обрушения. Область, в которой породы в результате отрыва от массива превращены в несвязную массу с коэффициентом разрыхления более 1,3; в результате выпуска руды из эксплуатационных блоков в области обрушения образуются воронки и провалы.

2 – Область сдвигов. Область, в которой происходят сдвиги и оседания крупных блоков с образованием зоны террас на земной поверхности.

3 – Область трещин. Область, в которой деформации сопровождаются смещением пород с образованием трещин.

4 – Область плавного прогиба. Область, в которой породы оседают. Коэффициент разрыхления пород в этой области близок к 1,0.

*Общая зона сдвижения земной поверхности*

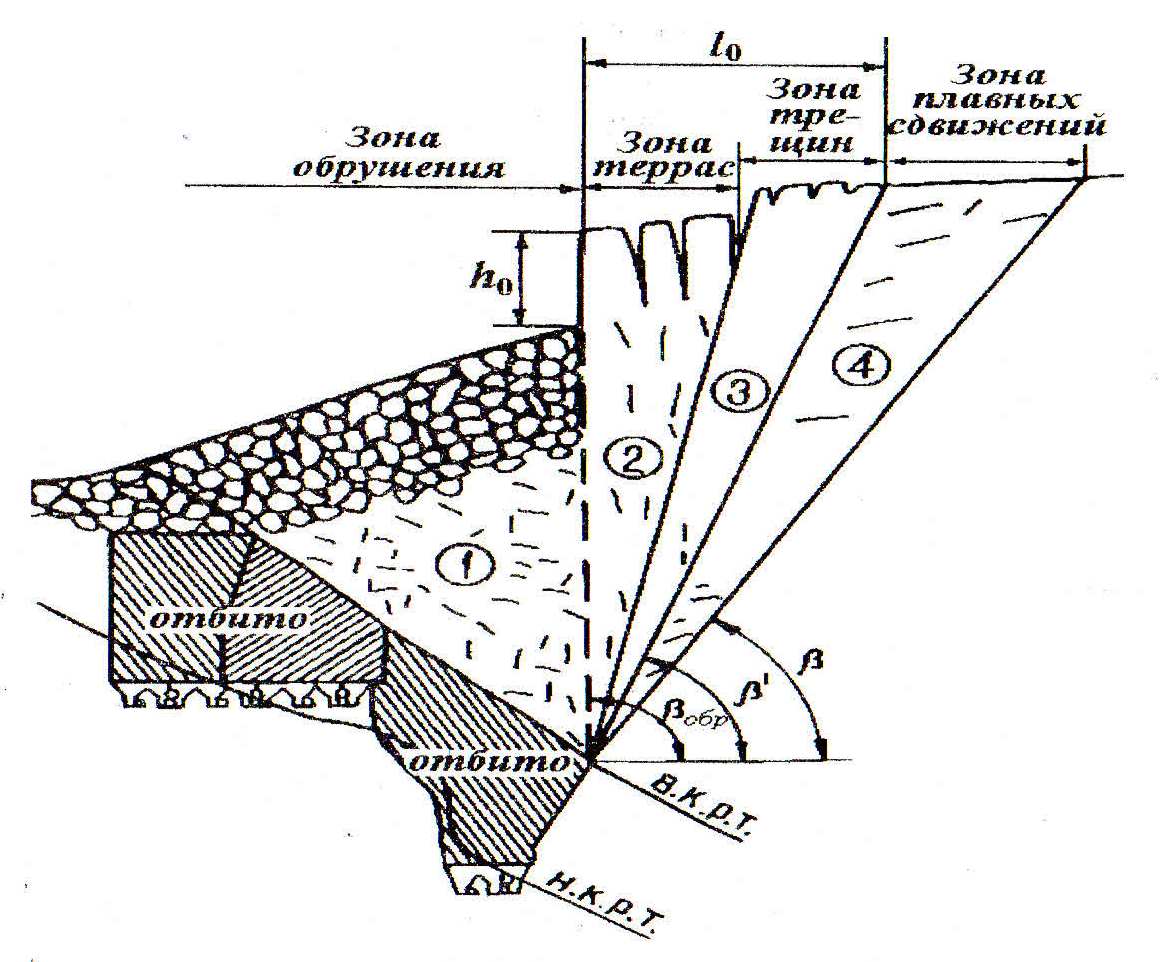


Рис.1 Частные области и зоны

1. **Определение границ областей сдвижения горных пород и зон сдвижения земной поверхности**

Границы областей сдвижения горных пород и зон сдвижения земной поверхности на подземных рудниках апатит-нефелиновых месторождений Хибин определяются относительно положения выработанного пространства с помощью угловых (угол сдвижения β, угол разрыва β', угол обрушения βобр.) и линейных (шаг обрушения lo, высота стенки обрушения ho, длина фронта подработки покрывающих пород по простиранию L) параметров (рис.1).

Границы зоны сдвижения и зоны трещин определяются со стороны висячего бока рудного тела от нижней границы выработанного пространства. Со стороны лежачего бока на подземных рудниках границы не определяются в виду отсутствия сдвижения пород лежачего бока.

При отсутствии естественных плоскостей ослабления большой протяженности в породах висячего бока, поверхность обрушения слагается из поверхности отрыва СД, имеющей наклон 80° и поверхности скольжения АД с углом наклона 30° (рис.2) [3]

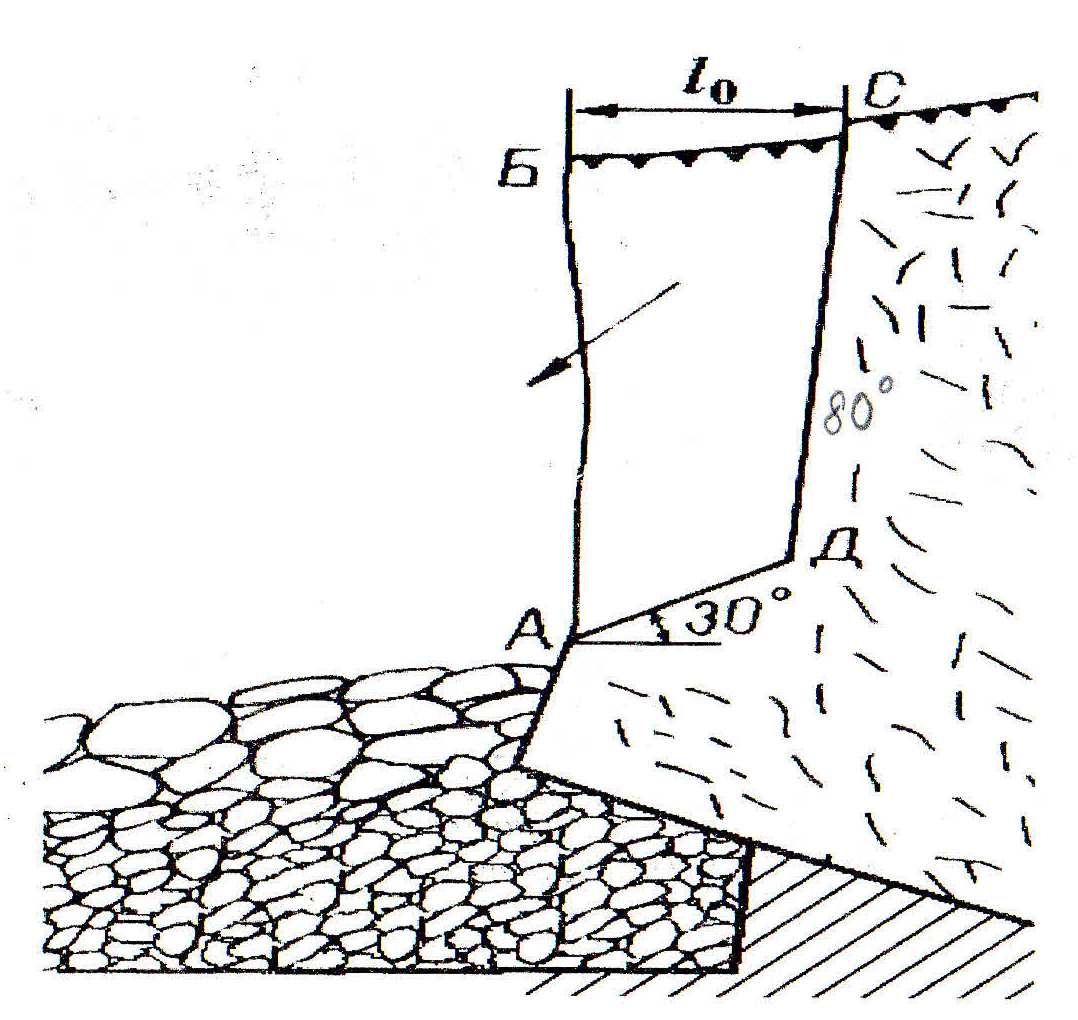


Рис.2 Параметры возможного обрушения

1. **Параметры самообрушения пород до поверхности**

Под самообрушением покрывающих пород понимают их внезапное обрушение в отработанное пространство или появление на дневной поверхности раскрытой трещины, концы которой замыкаются на существующую кромку обрушения. Для оценки влияния навалов определяются два параметра: ho – абсолютная высота свободной от подпора стенки обрушения и ho/Н1 – относительная высота свободной от подпора стенки обрушения. Обрушение возможно при минимальной высоте навалов (ho<0,5Н), где Н –средняя глубина между Н1 – глубиной в районе кромки обрушения и Н2 – глубиной границы подработки массива (рис.3) [3]

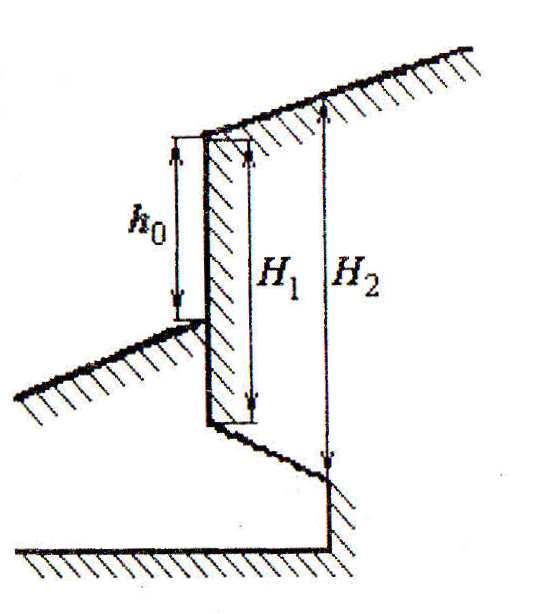


Рис.3 Высота навалов ранее обрушившихся покрывающих пород

Самообрушение пород до поверхности может происходить по двум схемам: по типу плиты (при трехстороннем опирании). Они характерны для начала отработки новых горизонтов (рис.4) [3]

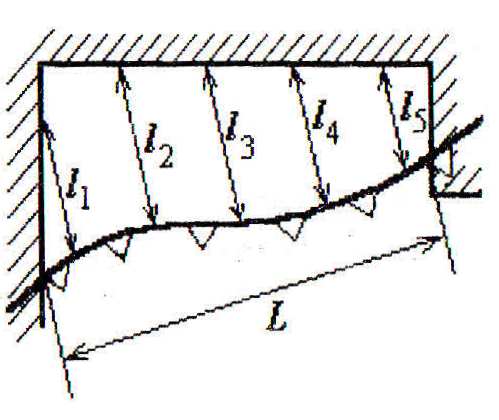


Рис.4 Трехстороннее опирание

и по типу консоли (при двухстороннем или одностороннем опирании). Они характерны для режима, установившегося самообрушения в процессе отработки горизонта (рис.5 и рис.6) [3]

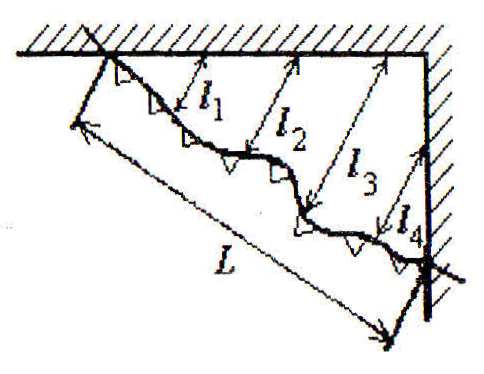
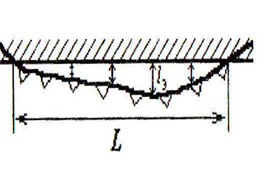
 

Рис.5 Двухстороннее опирание Рис.6 Одностороннее опирание

Шаг обрушения – это горизонтальное расстояние вдоль линии, перпендикулярной линии простирания кромки обрушения, между предыдущей и последующей кромками обрушения по дневной поверхности.

1. **Когда следует выполнять предрарасчет** **покрывающих пород**

Предрасчет объемов и площади возможного развала подработанных пород висячего бока необходимо производить на участках, где обрушение пород может угрожать безопасности работ на поверхности и для определения допустимых границ отбойки руды под висячим боком, чтобы определить возможность размещения обрушенных пород в выработанном пространстве.

Предрасчет на подземных рудниках АО «Апатит» выполняется маркшейдерской службой при годовом планировании горных работ. На участках, не связанных с угрозой безопасности работ на поверхности, предрасчет не производится.

В зависимости от уровня подпора ранее обрушившимися породами, развал вновь отделившихся от массива пород будет происходить по-разному, что необходимо учитывать при выполнении предрасчета.

1. При полном подпоре подрабатываемые породы, постепенно разрушаясь, заполняют выработанное пространство по мере его образования при выпуске руды. Угроза развала пород за пределы выработанного пространства при полном подпоре отсутствует, предрасчет в данном случае не производят.

2. При частичном подпоре развал породы может произойти на всей площади или на части ее одновременно с массовым взрывом или с задержкой после него. При соответствующих условиях могут образоваться заколы и консольные зависания. В любом из этих случаев часть подработанных пород, расположенных выше линии навалов, при обрушении размещается в выработанном пространстве, или, при недостаточном объеме последнего, может быть выброшена за его пределы. Предполагаемый объем обрушения и границы развала пород ожидаемого обрушения должны быть установлены предрасчетом.

3. При отсутствии подпора возможны все случаи, приведенные в предыдущем варианте. Объем обрушения и границы развала пород устанавливаются предрасчетом.

**5. Параметры возможных обрушений и обозначения**

На рудниках апатит- нефелиновых месторождений приняты следующие параметры и обозначения:

1. Угол развала пород ожидаемого обрушения βр = 30°

2. Угол обрушения βобр = 80°, но он может быть определен на разрезах по данным съемки. При наличии трещин отрыва угол обрушения принимают равным углу падения первой от необрушенного массива трещины отрыва, но при любых значениях угла падения трещин отрыва угол обрушения не должен выходить за пределы значений 57° < β обр. < 90°

3. Коэффициент разрыхления пород Кр = 1,5

4.Устойчивая высота вертикального обнажения hу в рудном массиве – 23 м, в покрывающих породах – 30 м.

5. Шаг обрушения на участках месторождений, где обрушение покрывающих пород происходит вместе с массовым взрывом или с незначительной задержкой по времени, особенно на участках сильно нарушенных пород, принимается равным размеру отбиваемой рудной секции вкрест простирания рудного тела

6. Шаг обрушения на участках консольных зависаний определяется как расстояние от кромки обрушения до границы подработки или если на земной поверхности обнаружены трещины отрыва,

то за шаг обрушения принимается расстояние от кромки обрушения до трещины.

7. Высота стенки обрушения, свободная от подпора обрушенными породами ho, определяется по результатам съемки.

**6. Построение границы развала обрушенных пород**

**без консольных зависаний**

На участках, где обрушение покрывающих пород происходит без консольных зависаний, предрасчет производится в следующем порядке (рис.7) [5]

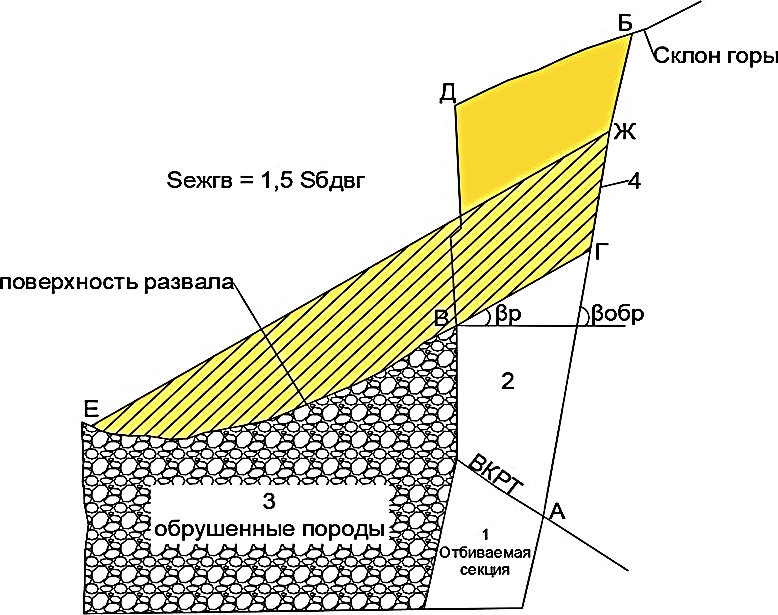


Рис.7 Схема обрушения без консольных зависаний

На разрезе показаны: нанесенные границы отбиваемой секции– 1, подрабатываемые покрывающие породы – 2, выработанное пространство, заполненное ранее обрушенными породами – 3, граница ожидаемого обрушения – 4, поверхность развала обрушенных пород, склон горы, стенка обрушения – ДВ.

Порядок выполнения работ: от границы отбиваемой секции под углом обрушения βобр. отстраивается граница возможного обрушения подрабатываемых пород линия АБ. От точки подпора В обрушенными породами под углом развала βр проводится линия ВГ, ограничивающая объем породы ВБГД, который должен разместиться в выработанном пространстве. Подбирается положение линии ЕЖ, проводимой под углом βр с таким расчетом, чтобы площадь ЕЖГВ была в 1,5 раза больше площади ВДБГ (за счет разрыхления). АБ – граница возможного обрушения подрабатываемых пород. БДВГ – объем породы, который должен разместиться в выработанном пространстве. Точки Е с разрезов переносятся на план, а линия соединяющая их между собой – граница возможного развала пород при обрушении.

**7. Построение границы развала обрушенных пород**

**при консольном зависании**

На участках консольных зависаний предрасчет производится в следующем порядке (рис.8) [5]. На разрезе показаны: выработанное пространство, заполненное ранее обрушенными породами – 1, подработанные покрывающие породы – 2, граница подработки – 3, граница ожидаемого обрушения – 4, поверхность развала ранее обрушенных пород, склон горы, стенка обрушения – 7.

Порядок выполнения работ: граница возможного обрушения отстраивается на расстоянии от существующей стенки обрушения, равном шагу обрушения определенному в соответствии с п.6 раздела 5.2. От точки подпора В в сторону массива по горизонтали откладывается шаг обрушения, в точке А под углом обрушения βобр. отстраивается граница возможного обрушения АБ. Дальнейший порядок действий такой же как при выполнении предрасчета в случае обрушения пород без консольных зависаний.

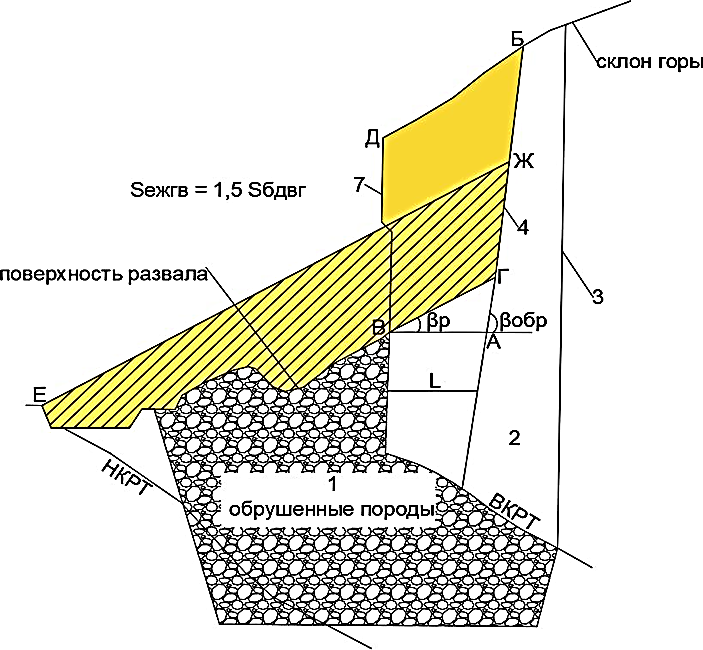


Рис.8 Схема обрушения при консольных зависаниях

В случае отсутствия в районе подработки трещин отрыва, т.е. в случае консольных зависаний необходимо предусматривать отбойку пустых пород вместе с отбойкой рудной секции для создания породной «подушки».

Предполагаемая зона обрушения покрывающих пород должна быть ограждена от допуска в нее людей. В случае выявления дефицита емкости для размещения обрушаемых пород, разрабатываются мероприятия, обеспечивающие безопасность горных работ.

**8. Результат выполненного предрасчета обрушения покрывающих пород поверхности на руднике**

Граница возможного обрушения пород отстроена на разрезах и перенесена на план поверхности. Угол возможного обрушения взят 80◦, угол развала - 30◦, коэффициент разрыхления покрывающих пород – 1,5.

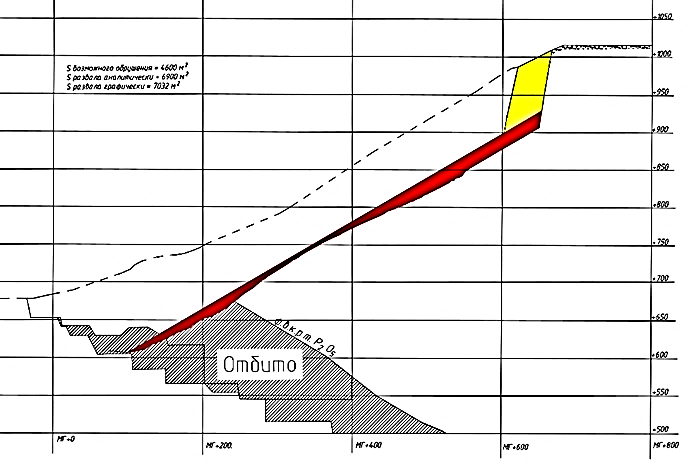


Рис. 9 без консольного зависания

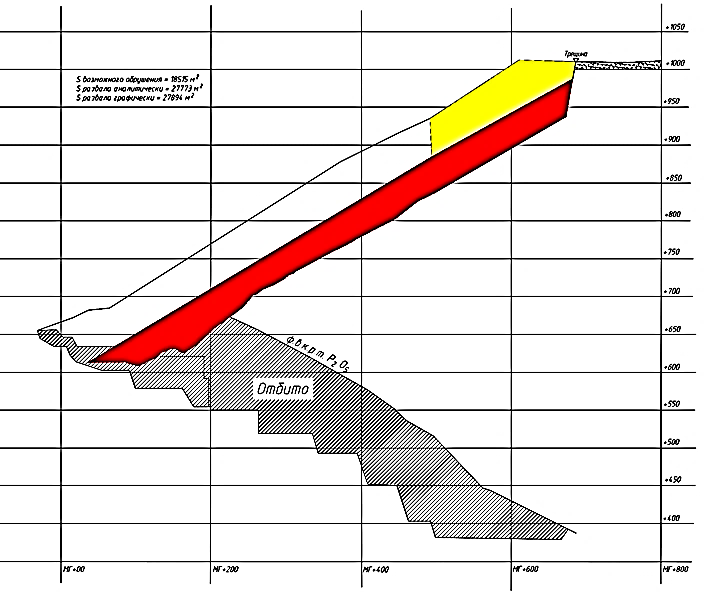


Рис. 10 при раскрывшейся трещине

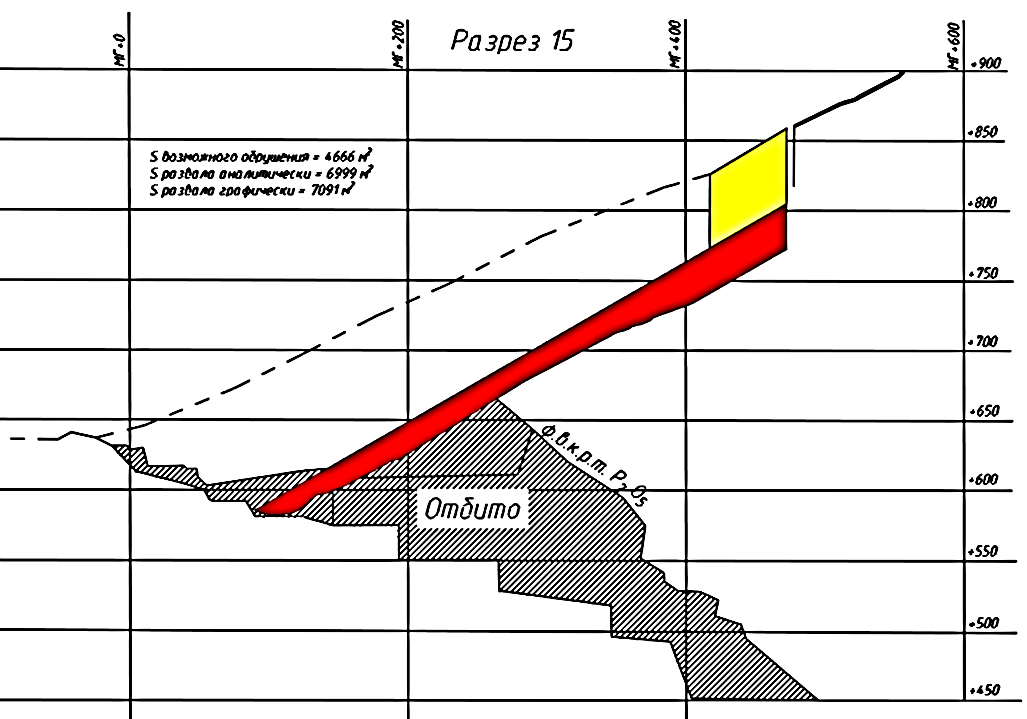


Рис.11 от закола

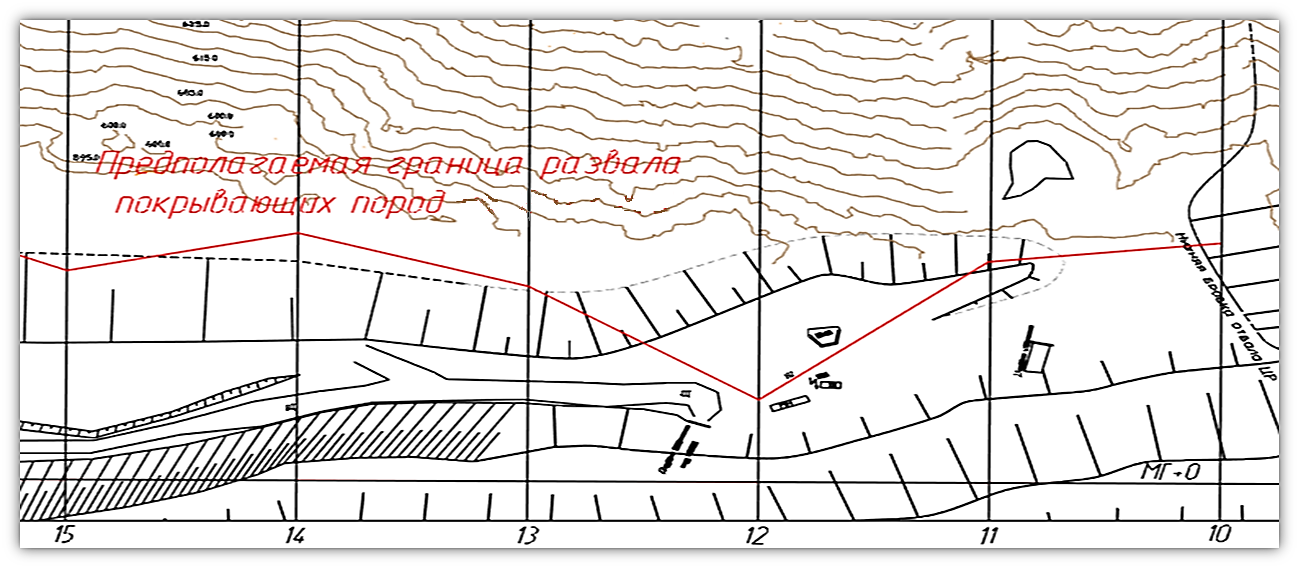


Рис.12 План поверхности с границей развала,

перенесенной с разрезов на план

**9. Вывод**

Для обеспечения безопасной отработки апатит-нефелиновых месторождений необходимо прогнозировать процесс обрушения пород земной поверхности–выполнять предрасчет покрывающих пород в случае их самообрушения

**10. Список литературы**

Баклашов И.В. Геомеханика : учебник для вузов (гриф МО РФ) : в 2-х т. Т.1 : Основы геомеханики; Т.2 :Геомеханические процессы / И.В. Баклашов. – М.: МГГУ, 2014. – (Высшее горное образование).

Казикаев Д.М. Геомеханика подземной разработки руд: учебник для ВУЗов (гриф МО РФ) / Д.М. Казикаев. - 2-е изд. - М.: Изд-во МГГУ, 2011. - (Горное образование).

Козырев А.А., Демидов Ю.В., Мальцев В.А., Енютин А.Н., Аминов В.Н., Семенова И.Э., Доставалов Р.Н. Указания по управлению обрушением покрывающих пород, охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудниках открытого акционерного общества «Апатит». Апатиты, изд. КНЦ РАН, 2002 г.-51с.

Протасов Ю.И. Разрушение горных пород / Ю.И. Протасов. - 4-е изд. - М.: Изд-во МГГУ, 2011. – (Физические процессы горного производства. 2.). + [Электронный ресурс: djvu; 15,4 МБ] // С: \ Библиотека \ Электронные учебники \ Техника.

«Указания по управлению обрушением покрывающих пород, охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудниках АО «Апатит», 2012