Нормативные документы в сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору



Серия 06
Документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в горнорудной промышленности

Выпуск 8

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ СКЛОННОСТИ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ К ГОРНЫМ УДАРАМ

2016

gost.e-ecolog.ru

Нормативные документы в сфере деятельности
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору

Серия 06
Документы по безопасности,
надзорной и разрешительной деятельности
в горнорудной промышленности

Выпуск 8

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ СКЛОННОСТИ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ К ГОРНЫМ УДАРАМ

Москва
ЗАО НТЦ ПБ
2016

ББК 33.15
М54

М54 **Методические рекомендации по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам.** — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2016. — 52 с.

ISBN 978-5-9687-0733-8.

Методические рекомендации по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам содержат рекомендации по оценке удароопасности месторождений полезных ископаемых специализированными организациями, имеющими опыт ведения подобных работ.

Применяются на вновь разрабатываемых месторождениях или при проведении глубокой реконструкции существующих рудников, связанной с освоением новых участков месторождений или более глубоких залежей полезных ископаемых.

ББК 33.15

ISBN 978-5-9687-0733-8



© Оформление. Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 23 мая 2013 г. № 216 «Об утверждении Методических рекомендаций по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам» 4
Методические рекомендации по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам 5
I. Общие положения 5
II. Основные положения по геодинамическому районированию 7
III. Выявление блочной структуры горного массива 9
IV. Установление естественного напряженного состояния блочного массива горных пород 25
V. Оценка удароопасности по дискованию кернов 35
VI. Оценка удароопасности по хрупкости пород с помощью запредельного деформирования 39
VII. Перечень месторождений и объектов подземного строительства, склонных и опасных по горным ударам 43
Приложение № 1. Классификация по характеру нарушения сплошности массива 44
Приложение № 2. Применение морфометрических методов 45
Приложение № 3. Перечень месторождений и объектов подземного строительства, склонных и опасных по горным ударам 46

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ
И АТОМНОМУ НАДЗОРУ
(РОСТЕХНАДЗОР)**

ПРИКАЗ

23 мая 2013 г. № 216

Москва

Об утверждении Методических рекомендаций по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам

В соответствии с требованиями Федерального закона от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» п р и к а з ы в а ю:

Утвердить прилагаемые Методические рекомендации по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам.

Врио руководителя **А.В. Ферапонтов**

Утверждены
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от 23 мая 2013 г. № 216

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Настоящие методические рекомендации по оценке склонности и опасности рудных, нерудных месторождений к горным ударам* (далее — Методические рекомендации) разработаны в соответствии с требованиями Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» с целью выполнения следующих задач:

выявления тектонического строения и напряженного деформированного состояния горного массива, подлежащего отработке, и установления тектонически наиболее напряженных зон (далее — ТНЗ);

установления наличия разновидностей пород и руд, в пределах которых будут проводиться горные выработки, обладающих достаточно высокими упругими характеристиками, способствующими накоплению потенциальной энергии упругого деформирования пород, и способностью пород к хрупкому разрушению под нагрузкой**.

2. Методические рекомендации предназначены для вновь разрабатываемых месторождений или проведения глубокой реконструкции существующих рудников, связанной с освоением новых участков месторождения или более глубоких залежей. Методические рекомендации содержат рекомендации по оценке удароопасности и действуют в отношении специализированных организаций, имеющих опыт ведения подобных работ.

* Не соответствует наименованию документа в приказе об утверждении. (*Примеч. изд.*)

** Указанный Федеральный закон не требует выполнения перечисленных задач. (*Примеч. изд.*)

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

3. Основными рекомендуемыми методами определения склонности месторождения к горным ударам являются:

метод дискования кернов на участках наибольшей напряженности, выявленных с помощью геодинамического районирования месторождения;

метод отношения модуля спада к модулю упругости для типовых пород, представленных на месторождении.

4. Месторождение рекомендуется считать удароопасным с глубины H_1, если в горных породах, составляющих не менее 10 процентов планируемого к отработке объема, отношение модуля спада к модулю упругости больше 1 и измеренное или расчетное главное напряжение превышает предел прочности породы при одноосном сжатии.

5. Месторождение считается потенциально удароопасным с глубины H_2, если:

в горных породах, составляющих не менее 10 процентов планируемого к отработке объема, отношение модуля спада к модулю упругости больше 1;

наибольшее горизонтальное напряжение на наиболее напряженных участках месторождения превышает 80 процентов предела прочности на одноосное сжатие.

6. Все остальные методы определения и оценки удароопасности рекомендуется тарировать по вышеизложенным методам, приведенным в пункте 1 настоящих Методических рекомендаций.

7. Для определения удароопасности дополнительно могут использоваться геомеханические, геологические и геофизические методы, в том числе:

методы, основанные на вдавливании штампов в торец или в стенки скважин;

методы, основанные на измерении напряжений в скважинах, прежде всего метод разгрузки, базирующийся на использовании характеристик упругого восстановления деформаций элементов массива при искусственном нарушении его связи с основным массивом (например, выбуривание керна);

методы, основанные на оценке хрупкости по соотношениям модулей прочности при сжатии и растяжении, величины остаточной деформации и т. д. ;

методы, основанные на измерении интенсивности акустической эмиссии при бурении;

методы, основанные на определении показателя амплитудного распределения акустической эмиссии;

методы, основанные на измерении интенсивности электромагнитной эмиссии;

методы, основанные на измерении амплитуды сигналов электромагнитной эмиссии;

методы, основанные на определении скорости распространения упругих колебаний искусственного возбуждения;

методы, основанные на определении эффективного электрического сопротивления;

методы, основанные на измерении интенсивности акустических сигналов, возникающих при бурении;

другие методы, показавшие значимую и высокую корреляцию оценки удароопасноости с основными методами для пород отрабатываемых рудных и нерудных месторождений.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ГЕОДИНАМИЧЕСКОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ

8. В соответствии с пунктом 221 Единых правил безопасности при разработке рудных, нерудных и рассыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ 03-553–03), утвержденных постановлением Госгортехнадзора России от 13 мая 2003 г. № 30* (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Фе-

* Утратило силу на основании приказа Ростехнадзора от 11. 12. 2013 № 599. Действуют Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», утвержденные этим приказом. Согласно пункту 261 указанного документа на месторождениях, склонных к горным ударам, должно быть выполнено геодинамическое районирование. (*Примеч. изд.*)

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

дерации 28 мая 2003 г. , регистрационный № 4600; Российская газета, 2003, № 120/1), для каждого месторождения осуществляется геодинамическое районирование, результаты которого используются как при проектировании отработки, так и при ведении горных работ на месторождении.

9. Работы по геодинамическому районированию рекомендуется проводить в следующей последовательности:

сбор и изучение фондовых геологических, геофизических, геохимических и картографических материалов по району работ;

предварительное построение карты тектонических нарушений по результатам геодинамического районирования;

структурное (геодинамическое) районирование территории и выделение блочной структуры на основе линеаментного и морфоструктурного анализа земной поверхности по космоснимкам и топографическим картам различного масштаба;

выделение потенциально активных разломов и ТНЗ;

разработка физической модели блочной структуры массива как основы для методического обеспечения основных этапов геодинамического моделирования;

оценка динамики взаимодействия блоков на основе результатов математического моделирования напряженно-деформированного состояния блочного массива;

построение карт разломов с учетом данных инженерно-изыскательных работ, сейсморайонирования, а также других геологических, геофизических и геохимических исследований;

проведение дополнительных геолого-геофизических работ:

а) для уточнения местоположения и ширины разломов и ТНЗ на территории горного отвода;

б) для определения степени их активности;

в) для обоснования и выбора мест бурения дополнительных разведочных скважин.

10. Работы по геодинамическому районированию проводятся специализированной организацией, имеющей опыт ведения подобных работ.

III. ВЫЯВЛЕНИЕ БЛОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ГОРНОГО МАССИВА

11. Земная кора представляет собой блочно-иерархическую структуру, в которой разломы различных рангов, ограничивающие блоки, являются как генераторами, так и проводниками интенсивного энергомассопереноса.

Энергообменные процессы приводят к изменению напряженно-деформированного состояния блочного массива и проявлению на тех или иных участках тектонически-напряженных или разгруженных зон, деформаций массива горных пород и земной поверхности, повышенной сейсмичности.

Классификация по характеру нарушения сплошности массива представлена в приложении № 1 к настоящим Методическим рекомендациям.

Выявление границ тектонических блоков по космо- и аэрофотоснимкам

12. Различают космические снимки (далее — КС) глобального, континентального, регионального, локального и детального уровней генерализации. На всех КС независимо от геологического, геоморфологического строения региона, истории его развития и климата выделяются линейные, кольцевые и площадные объекты.

При дешифрировании космофотоснимков разного масштаба выделяются линеаменты (линейные элементы) фотоизображения местности, имеющие естественную (не техногенную) природу.

13. Под линеаментами понимают линейные неоднородности земной коры и литосферы разного ранга, протяженности, глубины и возраста заложения, которые проявлены на земной поверхности прямо (разрывами) или опосредованно, геологическими и ландшафтными аномалиями. Такие линейные аномалии могут быть обусловлены скрытыми разломами фундамента, флексурными (коленообразными изгибами) слоев и трещинными зонами (зо-

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

нами повышенной проницаемости) в перекрывающих осадочных отложениях плитного чехла и фундамента.

14. Рекомендуется следующая технологическая схема линеаментного анализа:

а — получение космической информации из различных источников;

б — визуализация исходных космических изображений;

в — архивация, конвертирование в формат GeoTIFF с географической привязкой в проекции UTM;

г — сканирование исследуемой территории фрагментами;

д — выбор фрагментов;

е — построение схем линеаментов;

ж — построение роз-диаграмм направленностей линеаментов;

з — построение полей плотностей линеаментов.

15. Программы, реализующие LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis), выявляют линейные элементы рисунка и описывают их свойства так, как это принято в геологических исследованиях: розы-диаграммы, плотности линейных элементов, протяженные линеаменты. LESSA автоматически выявляет линейные элементы изображения (штрихи) и определяет направление (8 направлений). В полутоновом изображении штрихи — это границы однородных областей и/или линии, которые достаточно длинные и прямые.

16. Для анализа штрихов используется метод статистического анализа. В этом случае оценивается расположение штрихов каждого направления на изучаемой площади. Соотношение штрихов разного направления (их плотность) в заданной окрестности (скользящем окне) отображается розой-диаграммой. Можно получить розы-диаграммы и для областей произвольной формы. Фактически, розы-диаграммы отражают ориентационные характеристики рисунка (текстуры).

По результатам измерений в скользящем окне строятся псевдоцветные изображения «поля», которые показывают плотность штрихов различного направления и такие характеристики роз-

диаграмм, как вытянутость, крестообразность, отличие от окружающих и др. Эти изображения изучаются и интерпретируются интерактивно. Информативны, например, линии резких перепадов, аномальные зоны, нарушение монотонных изменений.

Результаты статистического анализа штрихов представляются и в графическом виде, например, на рис. 1, 2, 3 настоящих Методических рекомендаций.

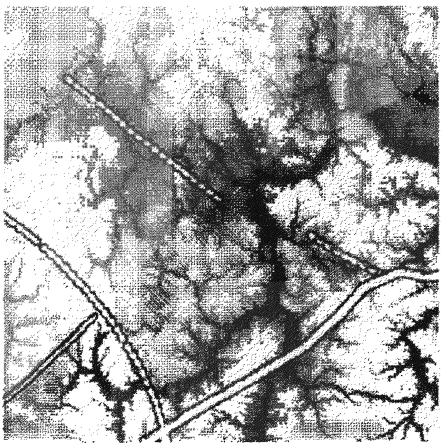

Рис. 1. Изображение ЦМР. Белым наложены линии разломов

Можно получить рисунок всех роз-диаграмм, поле векторов, которые указывают направление и степень вытянутости роз-диаграмм, поле векторов максимального направления и др. Данные о преобладающих направлениях текстуры LESSA представляются в виде сети линий вытянутости (линии одного цвета идут вдоль вытянутости, а другого — поперек). Несколько графических характеристик можно наблюдать одновременно, накладывая их на исходное изображение или на рассчитанное псевдоцветное поле.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

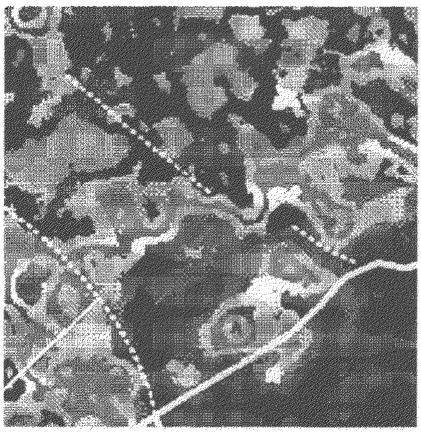

Рис. 2. Плотность штрихов в рисунке ЦМР при разрешении 90 м/пикс

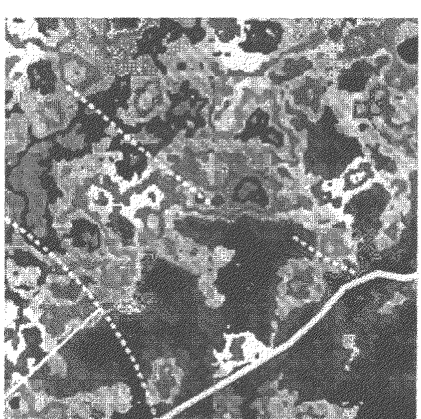

Рис. 3. Плотность штрихов в рисунке ЦМР при разрешении 270 м/пикс

17. При анализе протяженных линеаментов полученные на первом этапе штрихи объединяются в прямые линии. В линии могут быть разрывы, но она достаточно прямая и длинная. Полученные таким образом линии просматривают, задавая интересующее его направление и степень заполненности линии штрихами (степень выраженности). Отобранные линии собираются в результирующую схему линеаментов. Длину искомых линеаментов рекомендуется задавать, при этом принимать во внимание соотношение между размером исходных штрихов и протяженностью линеамента, а также рассматривать структуры полученной картины. О корректности полученной картины говорит системность блоковой структуры, сходство с соседними участками, наоборот, хаотическое расположение линий, большое количество треугольных блоков свидетельствуют о сомнительности построений. При отборе присутствует произвол пользователя, но сам выбор происходит среди линий, объективно обнаруженных по формальным критериям.

Рекомендуется анализировать более короткие линеаменты, не пересекающие все изображение. Уменьшая размер искомых линеаментов (в 3 и 6 раз), можно получить и иные акценты для одного и того же изображения.

18. Выделенные при анализе КС линеаменты, как правило, обусловлены наличием соответствующих зон дробления коренных пород. В современный ландшафт такие зоны дробления телескопируются даже сквозь мощный чехол рыхлых кайнозойских образований из-за своей аномальной гидрогеологической и нередко геохимической активности.

В случае подпитки подземными, возможно, минерализованными и газонасыщенными, а также грунтовыми водами они обусловливают появление темноокрашенных полос относительно пышной растительности. Реже, когда такие зоны дробления дренируют поверхностные воды, они выглядят светлоокрашенными. Когда эти зоны дробления разграничивают участки с разным типом растительности, что выражается на снимках отличиями то-

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

нальности изображения, они разделяют смежные геодинамические блоки разной активности.

19. Резкие границы облачных полей, безоблачные зоны внутри облачных массивов, гряды облаков в безоблачном пространстве отмечены на КС над крупными глубинными разломами. Указанные природные процессы являются дополнительными индикаторами, свидетельствующими об активности разломов, и поэтому могут быть использованы для подтверждения разломов, выделенных по геоморфологии.

20. Количество проявленных в современном ландшафте и дешифрирующихся на космо- и аэрофотоснимках геодинамически активных разломов всегда существенно, на 1–2 порядка и даже более превосходит число тектонических нарушений, показанных на геологических картах соответствующего масштаба геодинамически активных разломов, всегда несравненно более значительно.

21. Отдешифрированные на космофотоплане линеаменты привязывают и закрепляют на топографических картах, и дальнейший анализ проводится с учетом рельефа земной поверхности.

Обнаружение пороговых значений высотных отметок гипсометрически разноуровневых геодинамических блоков и определение числа таких уровней, а также выявление аномальных абсолютных отметок, не подлежащих учету при геодинамическом районировании территории, производится эмпирически при ее незначительных размерах (площадью — до одного планшета топографической карты заданного масштаба). В общем случае указанные задачи решаются с помощью гистограммы достаточно представительного числа абсолютных отметок вершин района.

Составление такой гистограммы выполняется с шагом, соответствующим сечению дополнительных или основных горизонталей используемой топографической карты. Из геодинамического анализа, прежде всего, исключаются наибольшие высоты района, если они выражаются на гистограмме в виде обособленных максимумов, представленных единичными абсолютными отметками.

Пороговые уровни между разновысотными геодинамическими блоками выбираются по значениям минимумов на остальной части гистограммы.

Геодинамически активные разломы, дешифрирующиеся на космо- и аэрофотоснимках любого определенного масштаба, обычно относятся к 3–4 порядкам — разным рангам. Принадлежность таких разломов к разным масштабным рангам определяется, в первую очередь, шириной, а также длиной соответствующих им тектоногенных линеаментов на снимках. Достаточно уверенно дешифрируются тектоногенные линеаменты от неразличимой ширины (до 0,1 мм) и до ширины в 2 мм, а иногда и более.

22. При картировании рекомендуется учитывать, что при уменьшении масштаба снимков крупные структуры фундамента могут «просвечиваться» сквозь толщу отложений, мощность которых достигает сотни метров, а качественные изменения информативности снимков происходят при уменьшении их масштаба в 3–5 раз.

Выявление границ тектонических блоков рекомендуемым методом структурной морфометрии

23. Геологическая интерпретация морфометрических карт позволяет выявить связь между геоморфологическими и неотектоническими процессами, между формами поверхности и тектоническими структурами, между высотами рельефа, движениями и мощностью земной коры.

Сама зона разлома, иногда шириной до нескольких километров, может находиться в условиях сжатия, растяжения или сдвига.

Наиболее чувствительна к относительному смещению блоков гидросеть, что позволяет широко привлекать геоморфологические данные для оценки геомеханических условий блоков.

Выделение блоков основано на представлении о различной интенсивности вертикальных движений по системе разновозрастных граничных разломов. При этом имеется в виду, что горизонтальные перемещения блоков находят отражение и в их вертикальных перемещениях.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

24. Для установления соответствия градиентных и аномальных зон различных показателей с элементами каркаса тектонических структур различных порядков, образованного линеаментными зонами и системами, рекомендуется сопоставлять элементы каркаса с материалами морфодинамического дешифрирования, морфографических, морфометрических и структурно-геологических построений и определять элементы, активизированные на новейшем этапе геологического развития.

25. Масштаб карт для морфоструктурного метода анализа рельефа земной поверхности выбирается в каждом конкретном случае в зависимости от площади территории, своеобразия решаемых практических задач, особенностей промышленного объекта.

26. Исходные модели рельефа и палеорельефа рекомендуется составлять с использованием картографических методов, в том числе морфографических и морфометрических, для описания морфологии неотектонических форм, положения их границ, разделения неотектонических форм на области поднятия и опускания и оценки степени их геодинамической активности.

27. Построение блоковых структур по эрозионной сети рек, ручьев, оврагов, балок, выявление разрывных тектонических нарушений, разделение неоструктурных форм на поднятия и опускания и оценку вертикальных амплитуд новейших движений рекомендуется осуществлять на основе морфоструктурных методов анализа, выполняемых по топографическим картам различных масштабов (1:100 000 и крупнее) в соответствии с приложением № 2 к настоящим Методическим рекомендациям.

28. Разделение неоструктурных форм на поднятия и опускания и оценку вертикальных амплитуд новейших движений рекомендуется также осуществлять на основе анализа отложений, деформаций циклических поверхностей и древних уровней поверхности Земли, денудационного среза и эрозионных врезов.

29. Для выявления разломов и тектонически напряженных зон используют один из вариантов метода структурной морфоме-

трии — метод гониобазит, разработанный В. П. Философовым и Ю. В. Черняевым.

Для выявления тектонических блоков и разделяющих их разломов на рассматриваемой территории строятся карты гониобазит разных порядков.

За речную долину первого порядка рекомендуется принимать долину, в которой имеется постоянный водоток, но в которую не впадает другая речная долина. Речная долина второго порядка возникает от слияния двух речных долин первого порядка.

Границы между структурными элементами рекомендуется принимать четкими, когда наблюдается резкий переход от впадины к поднятию с большим углом падения, но возможны и нечеткие границы, которые объясняются плавным переходом впадин в поднятия.

При составлении схемы блоковой тектоники с указанием направления и интенсивности движения отдельных блоков рекомендуется учитывать рисунок гониобазит согласно нижеследующему:

а) участки тектонических поднятий выделяются по относительному сгущению гониобазит, а участки тектонических впадин — по их разреженному рисунку;

б) границы проводятся с учетом высот рельефа и денудационных останцов;

в) наличие тупых и отдельных острых углов и почти полное отсутствие параллельных отрезков гониобазит, а также большие заложения между ними и отсутствие замкнутых контуров указывает на опускание данного участка или относительно малую скорость движения;

г) наличие тупых и отдельных острых углов между прямолинейными отрезками гониобазит, относительно большие высоты гониобазит и, что особенно характерно, наличие замкнутых гониобазит может указывать на поднимающиеся или имеющие относительно повышенную скорость движения блоки;

д) сложный рисунок пересекающихся гониобазит, их остроугольная, асимметричная форма указывает на присутствие сдвиговых и надвиговых нарушений.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

Поскольку карты гониобазит позволяют проследить развитие разрывных нарушений и движение тектонических блоков не только в пространстве, но и во времени, то нарушения, фиксирующиеся на картах высших порядков, более древние и распространены на большую глубину, чем нарушения, установленные по картам низших порядков, которые приурочены к верхним структурным ярусам.

30. Морфоструктурным анализом также устанавливаются области (участки) скрытого остаточного рельефа и несогласного залегания пород, «перегибов» в пределах одного блока, образующихся при неравномерном движении блока или из-за действия сжимающих (растягивающих) напряжений.

31. При проведении морфоструктурного анализа определяются амплитуды вертикальных движений блоков по разломам относительно древней поверхности выравнивания. По результатам дешифрирования аэрофотоснимков и топографических карт устанавливаются закономерные (тренд) и случайные составляющие рельефа. По трендовой составляющей выделяют блоковые структуры, определяют знак и амплитуды подвижек блоков.

32. Амплитуды неотектонических движений рекомендуется вычислять как разницу между современным положением поверхности выравнивания и тальвегами современной базисной поверхности гидросети с учетом колебаний уровня базиса эрозии.

При малом перепаде высот (1–1,5 м и менее) и техногенном нарушении рельефа используют погребенные кровли коренных пород, разрывы и трещины, проявляющиеся на аэрофотоснимках ландшафта.

33. Динамику современных движений (поднятие, опускание, кручение) рекомендуется устанавливать по результатам анализа речной сети и использовать при построении морфоструктурных карт.

34. Составление предварительной геодинамической схемы района месторождения осуществляется на топографической карте масштаба 1:100 000 (иногда 1:200 000).

Последующая детализация и уточнение положения разломов на картах более крупных масштабов (1:50 000, 1:25 000, 1:10 000) осуществляется с указанием зон растяжения и сжатия, а также с выделением блоков, испытывающих опускание и поднятие.

Сопоставление границ тектонических блоков с геологическими, геофизическими и геохимическими данными района

35. Сопоставление между собой и подтверждение результатов линеаментного и морфоструктурного анализа проводится с привлечением геологической, геофизической и геохимической документации.

36. Сопоставление границ тектонических блоков с геологическими, геофизическими и геохимическими данными района месторождения выполняется на стадии проектирования для решения следующих задач:

контроля и корректировки построенной с помощью линеаментного и морфоструктурного анализа блочной структуры массива;

уточнения внутренней структуры выделенных разломов и определения прогнозной ширины зоны их влияния;

оценки положения основных, субпараллельных и оперяющих швов разлома, сопутствующей трещиноватости;

проверки сравнительной оценки современной геодинамической активности разломов по характеру проявленности их на космоснимках;

уточнения типов разломов (сбросы, взбросы, надвиги, сдвиги);

оценки амплитуды смещения, разделяемых разломом блоков;

уточнения данных о сейсмоактивности (по базовой классификации, основанной на оценке частоты и магнитуды сейсмических событий).

37. При сопоставлении границ тектонических блоков рекомендуется учитывать следующие тектонические, магматические и гидрогеологические признаки разломов:

смещения пород по разломам;

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

зоны дробления и интенсивной трещиноватости, которые пересекают, смещают и брекчируют все комплексы пород;

глинка трения, зеркала скольжения и зоны милотинизации;

минеральные жилы, заполняющие трещины;

родники, дающие начало ручьям и речкам;

фонтанирование воды из геолого-разведочных скважин;

термальные воды.

38. Геофизическими методами уточняется тектоническое строение изучаемой площади, рекомендуется выявить вещественный состав пород и границы их распространения. Исследования проводят с помощью гравие-, магнито- и электроразведки, радиометрии. Проводят геофизические исследования в скважинах (каротаж, межскважинное просвечивание), отбор и испытание в лабораторных условиях проб пород (кернового материала, проб из шпуров, траншей), осуществляют эталонировку геофизических методов применительно к изучаемому региону на участках с известным геологическим строением.

39. Выбор комплекса геофизических методов для выделения геологических нарушений зависит от конкретных физических свойств исследуемого района: магнитной проницаемости пород, их электрической проводимости, плотности, радиоактивности.

40. По сейсмическим данным критериями для выделения разломов являются:

вертикальное смещение или крутой уступ по горизонту, непрерывно коррелируемому по профилю;

участки флексур, резкие изгибы осей складок, цепочки линейно вытянутых локальных складок и ограничения зон однотипных складок при анализе структурных карт по опорным и условным сейсмическим горизонтам;

зоны отсутствия отражений или резкого ухудшения их качества, зоны аномального затухания преломленных волн;

появление многочисленных дифрагированных волн на сейсмограммах, фиксируемых на нескольких горизонтах, либо в самой глубокой части сейсмического разреза;

зоны резкого изменения характера сейсмического разреза (прекращение прослеживания или проявления новых маркирующих горизонтов, значительные различия граничных скоростей, резкое изменение динамических особенностей записи);

большое число смен волн.

41. По гравиметрическим и геомагнитным данным рекомендуемыми критериями являются:

протяженные линейно вытянутые зоны повышенных горизонтальных градиентов или зоны максимумов и их величины;

крутое или резкое ограничение аномалий, «торцевое» сочленение одноименных различно ориентированных аномалий, рассечения аномалиями одного простирания одноименных аномалий другого простирания;

цепочка узких линейных аномалий, смещение линейно вытянутых аномалий в плане;

систематические, вытягивающиеся вдоль прямых участков изоаномалии;

границы участков со специфической гравиметрической характеристикой;

границы участков с различной взаимосвязью магнитных и гравитационных аномалий;

линейно вытянутые зоны пониженного магнитного поля среди положительных аномалий;

степень изрезанности изолиний;

знак аномалий и их интенсивность.

42. По электроразведочным данным критериями являются:

зоны повышенных (пониженных) градиентов на картах и разрезах;

линейно вытянутые зоны изменения различных типов кривых;

участки разного расхождения ветвей кривых данных электромагнитного зондирования.

43. В некоторых случаях, когда месторождения расположены в районах с достаточно густой сетью сейсмических станций, для целей геолого-картировочного плана могут быть привлечены данные

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

сейсмологических наблюдений. В качестве критериев для выделения границ блоковых структур используют:

уровень сейсмической активности, характеризующий сейсмический режим данного района, флуктуации уровня во времени и в пространстве;

нарушение формы проходящих волн, определенного диапазона их спектра означает наличие в районе станции неоднородностей размерами, сравнимыми с длиной волн, которыми могут быть отдельные блоки и разделяющие их зоны разломов;

анализ пространственной структуры полей флуктуации времен пробега телесейсмической волны и исследование аномалий времен пробега волны регионального и локального характера, которые могут быть непосредственно связаны с геологическими неоднородностями строения горного массива в районе наблюдений;

применение метода просвечивания с использованием площадных систем регистрации позволяет детально исследовать структуру земной коры под группой сейсмической станцией по результатам наблюдений промышленных взрывов, удаленных и местных землетрясений;

спектральный анализ волнового поля позволяет точнее и детальнее изучить строение массива по его анализу в различных точках среды;

анализ поляризационных характеристик сейсмических волн.

44. Пространственное распределение геофизических полей дает возможность осуществлять районирование данного региона и района месторождения, устанавливать и подтверждать основные блоковые структуры, особенно на межфрагментарных участках, а также разделяемых геологическими нарушениями пликативного и дизъюнктивного характера, уточнять ширину разломов (рис. 4 настоящих Методических рекомендаций).

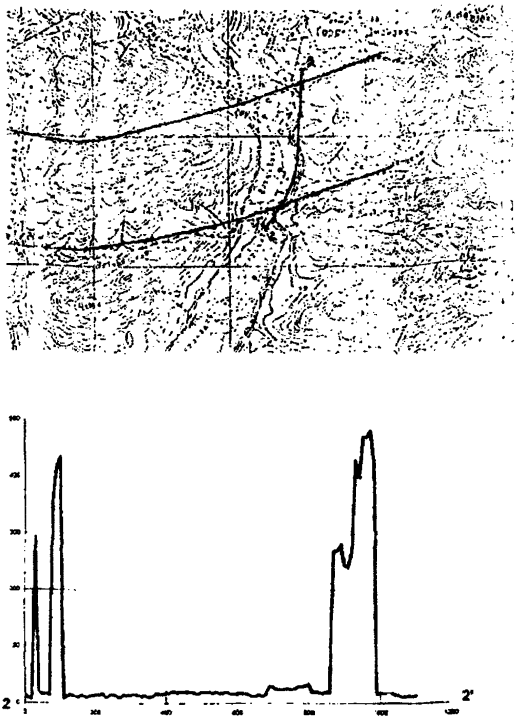

Рис. 4. Результаты выявления активных нарушений по ЕЭМИ на профиле 2-2:
а — схема расположения профиля 2-2 и расположение тектонических нарушений по геологическим данным;
б — график суммарной амплитуды измеренного ЕЭМИ по профилю 2-2, по результатам измерений аппаратурой «АНГЕЛ»

45. Выполняются геохимические исследования района месторождения. В качестве исходного материала для построения схем разрывных нарушений, классифицированных по степени прони-

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

цаемости, используются карты приповерхностного поля гелия и схемы проницаемости земной коры.

46. Для выделения геодинамически активных разломов используется метод мониторинга выделения природного радона (при сжатии трещиновато-пористой среды, находящейся в режиме упругих деформаций, выделение радона уменьшается, а при растяжении увеличивается) и электромагнитных полей. Характеристики эманационного поля и анизотропии электромагнитных свойств зависят от уровня напряженно-деформированного состояния среды не только количественно, но и качественно, что позволяет дифференцировать геодинамические процессы во времени.

Пример результатов радоновой съемки показан на рис. 5 настоящих Методических рекомендаций.

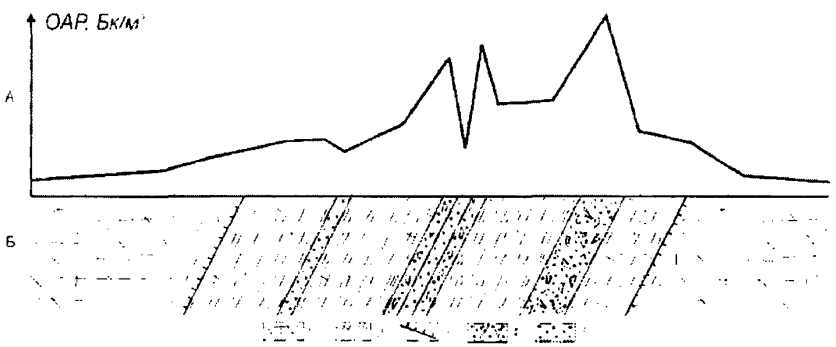

Рис. 5. Модель распределения поля объемной активности радона (ОАР) над условной разломной зоной, где:
А. Концентрация ОАР в подпочвенном воздухе над разломной зоной;
Б. Геологический разрез, отражающий структуру разломной зоны:
1 — хаотическая трещиноватость вмещающих пород;
2 — зона сопутствующей трещиноватости и разрывов второго порядка;
3 — границы разломной зоны; *4* — тектонит, представленный брекчией дробления; *5* — тектонит, представленный глинкой трения

47. На территории месторождения проводят съемку по профилям, расположенным на расстоянии 200–250 м друг от друга. Шаг наблюдений на профилях принимают равным 5–10 (20) м.

Для региональных целей можно использовать сеть профилей с расстоянием 1–1,5 км и шагом между точками опробования равным 10–15 м при среднем расстоянии от границ блоков 2–2,5 м.

48. Полученные замеры заносят в специальные полевые журналы, а далее в базу данных. Затем строят карты эманационного и электромагнитного полей для территории месторождения.

Выполняют сопоставление карт микрогеодинамического картирования с картами тектонических блоков, выявленных другими методами.

49. Процесс формирования геодинамических карт состоит из нескольких этапов:

получение фактического геофизического, геологического и геохимического материала;

геофизическое, геологическое и геохимическое картографирование;

выделение из фактического материала признаковых характеристик и построение карт признаковых полей;

комплексная сопоставительная интерпретация данных;

построение уточненных карт разломов, геодинамических зон и блоков;

тектонофизическая и структурно-геодинамическая интерпретация геодинамических карт.

IV. УСТАНОВЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ БЛОЧНОГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

50. Естественное поле напряжений в области рассматриваемого объекта является результатом взаимодействия всех элементов блочной структуры. В реальных условиях невозможно учесть все блоки различного ранга и для конкретной ситуации достаточно

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

принять во внимание лишь блоки, сопоставимые с характерными размерами решаемой задачи (линейные размеры которых отличаются в 3–4 раза и менее). Это могут быть, например, размеры шахтного поля и т. п. Блоки, размеры которых значительно превышают характерные размеры рассматриваемой области, учитываются граничными условиями на внешней границе области или на бесконечности. Блоки же, размеры которых значительно меньше рассматриваемых в задаче, могут быть учтены интегрально, через свойства пород.

51. Напряженное состояние нетронутого массива пород в каждом блоке можно оценить на основе тектонофизического анализа, посредством изучения выявленных разрывных нарушений, или методами математического моделирования. Сначала определяют ориентировку главных напряжений, а затем оценивают их величины. Для оценки напряженного состояния блока при тектонофизическом анализе рассматривают разрывные нарушения, соизмеримые с размерами блока.

Определение ориентировки главных напряжений по геологическим данным

52. Для реконструкции напряженного состояния породного массива на локальных участках блоков используют данные о тектонической нарушенности (элементы залегания сместителей, направление смещения и знак смещения), развитой на данном участке, и полученные сведения о направлении действия региональных напряжений. Использование направления подвижки по дизъюнктиву позволяет реконструировать наиболее молодое поле напряжений, вызвавшее наблюдаемые смещения, так как следы прежних движений обычно уничтожаются или выражены нечетко. Реконструированное поле напряжений соответствует современному, если направление осей главных напряжений локального уровня подчинено направлению осей регионального уровня.

53. Для контроля производят инструментальные наблюдения вне зоны влияния границ блоков.

Исходные данные для определения ориентировки на локальных участках получают по материалам геологической разведки. К ним относятся: азимуты линии простирания и падения сместителя, знак подвижки, амплитуда смещения, ширина и мощность зоны дробления, заполнитель шва, степень обводненности шва, оперяющая трещиноватость.

54. Рекомендуются следующие тектонофизические методы.

Метод Е. М. Андерсона. Исходные данные — азимут простирания и кинематический тип разломов.

Метод М. В. Гзовского. Исходные данные — элементы залегания сопряженных разломов.

Метод А. С. Забродина. Исходные данные — элементы залегания сместителя, ориентировка штрихов скольжения на нем, знак подвижки.

Метод О. И. Гущенко. Исходные данные — элементы залегания сопряженных разломов, ориентировка векторов смещений на них, знак подвижки. Рекомендуется не менее 5 — 10 различно ориентированных разломов.

Метод В. А. Кочемагина. Исходные данные — элементы залегания сопряженных разломов, элементы залегания смещаемых ими слоев, тип смещения.

Метод Л. М. Расцветаева. Исходные данные — элементы залегания сопряженных разломов, ориентировка векторов смещений на них, кинематический тип разломов. Как правило, рекомендуется получить данные о нескольких десятках разломов.

Предложенные методы не являются универсальными, и поэтому рекомендуется выбирать тот из них, который позволяет максимально использовать исходные данные.

55. Ориентировку тектонических полей напряжений можно также реконструировать по ориентировке зерен минералов. Метод микроструктурного анализа основан на том, что любая деформация горной породы определенным образом отражается на ориентировке оптических и кристаллографических элементов. Неравноосные зерна минералов ориентируются вдоль плоскостей сколь-

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

жения. Ориентировку зерен определяют на шлифах. Для анализа пригодны большинство разновидностей гнейсов, кристаллических сланцев, гранитоидов, метаморфизированные карбонатные породы, жильные выполнения рудоносных трещин, гидротермально измененные породы и руды метасоматического происхождения. Измерения производят на федоровском столике.

Определение поля напряжений блочного массива горных пород численными методами

56. При математическом моделировании нетронутого напряженного состояния массив горных пород рассматривается как блочная структура, образованная разрывными нарушениями. Часто сами блоки рассматривают как упругие и считают, что все необратимые пластические процессы сконцентрированы на контактах блоков. В зависимости от типа нарушения (сдвиг, сброс, взброс, разрыв и т. п.) на контактах блоков задаются различные условия взаимодействия — от полного сцепления до полного проскальзывания.

57. Существенное влияние на напряженное состояние блочного массива горных пород оказывают граничные условия на контактах блоков. Поэтому при задании граничных условий необходимо привлекать данные натурных наблюдений за подвижками по разломам и нарушениям. Исходя из выполненного анализа степени подвижности разломов между блоками различного ранга на всех контактах, выделены следующие участки: полного проскальзывания, частичного проскальзывания и полного сцепления. Однако при недостатке информации целесообразно проведение прогнозной оценки напряженного состояния при максимальных условиях взаимодействия по контактам блоковых структур.

58. Для проведения расчетов используются данные о прочности на сжатие, модуля упругости, модуля спада несущей способности, коэффициента объемной деформации блочного квазиоднородного массива горных пород. В условиях одноосного и трехосного сжатия по результатам испытаний монолитных образцов осуществляется

в соответствии с известными методами, которые базируются на обобщенных результатах сопоставительных испытаний монолитных и структурно-нарушенных образцов горных пород в режиме заданной деформации при трехосном сжатии*.

59. Методика механических испытаний позволяет также проводить исследования объемных прочностных и деформационных свойств анизотропных пород. Согласно проведенным по этой методике испытаниям модуль упругости трещиноватых горных пород может отличаться от однородных пород в 3–4 раза. А для некоторых типов пород и до 7 раз. Поэтому для оценки напряженного состояния на вертикальных разрезах модуль упругости пород в зоне разрывных нарушений принимается в три раза ниже, чем в окружающем массиве.

60. Для решения задач о напряженно-деформированном состоянии блочных структур:

метод граничных элементов (программы Blocks2d и Fault3d);

метод отдельных элементов (программа 3DEC);

метод конечных элементов (программы Зенит, Ansys, Abaqus).

61. Из примеров, иллюстрирующих возможности вышеизложенных методов, можно увидеть область их применения для оценки напряженного состояния блочного массива горных пород. Отдавая должное важности, оригинальности и перспективности этих подходов, а также их практической направленности, рекомендуется отметить, что по самой их природе эти методы сложны в использовании на рудниках. Поэтому моделирование напряженного состояния блочных структур рекомендуется выполнять специализированными группами в научно-исследовательских институтах и научных центрах.

На рис. 6 настоящих Методических рекомендаций приведены в качестве примера результаты расчета напряжений σ_x в пределах выделенной системы блоков I–IV рангов, вызванных наличием активных участков разломов. Зоны повышенных напряжений $\sigma_x > 1{,}8$ отмечены линиями черного цвета.

* Текст соответствует оригиналу. (*Примеч. изд.*)

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

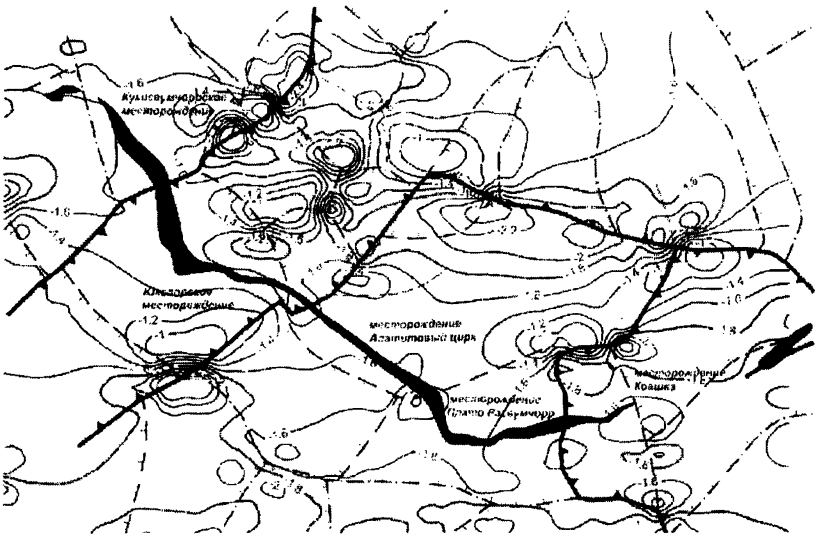

Рис. 6. Прогнозная карта напряжений σ_x блоковой структуры месторождений апатито-нефелиновых руд

62. Областями активной динамики являются разрывные нарушения. Именно на таких участках происходит резкое изменение однородности геофизических полей и напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Поскольку основной задачей геодинамического районирования является выделение участков, потенциально опасных по проявлению геодинамических явлений, после выделения активных разрывов требуется построить области локализации ТНЗ. Выделение ТНЗ рекомендуется производить численным методом расчета напряженного состояния породного массива в зоне влияния разрывных нарушений. При проведении расчетов строится по критерию $\sigma_y/\gamma H > k_t$.

63. Размеры и конфигурации ТНЗ зависят от угла падения и ориентации нарушений по отношению к действию главных напряжений и, следовательно, для каждого конкретного нарушения рекомендуется рассчитывать с учетом особенностей его залегания.

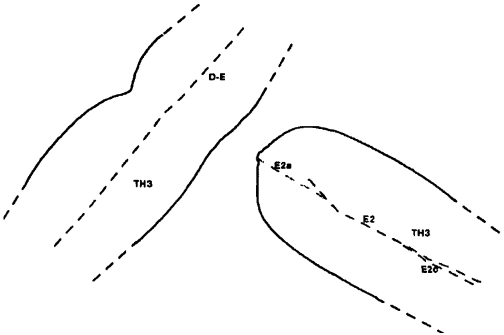

Рис. 7. Граница ТНЗ в массиве горных пород, создаваемая разрывными нарушениями D-E и E2

Контроль границы ТНЗ может быть осуществлен по данным натурных измерений напряжений по методике, приведенной в главе V настоящих Методических рекомендаций или по результатам анализа данных сейсмических наблюдений.

Характеристики тектонически нагруженных и разгруженных зон

64. Деформирование блочного массива идет по существующим в нем или по вновь образующимся разломам. Возникновению крупных разломов предшествует длительная подготовка: образование многочисленных самостоятельных мелких разрывов, которые разрастаются, объединяются в крупные магистральные разломы. В перемычках между соединяющимися разрывами возникают повышенные напряжения, т. е. создаются тектонически напряженные зоны. Это подтверждается данными геоморфологической, геологической, геофизической и других съемок, а также результатами моделирования.

65. Швы тектонических нарушений имеют разную форму и меняющуюся мощность. Наблюдаются сомкнутые борта трещин, переходящие в открытые, полузаполненные или заполненные ма-

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

териалом. Вследствие неровностей плоскостей контактов при взаимодействии отдельных блоков в местах схождения выпуклостей появляются зоны повышенных напряжений. За пределами этих зон возникают участки пониженных к контакту (сместителю) напряжений.

66. В разгруженных зонах в процессе подвижек вдоль сместителя могут появиться открытые трещины как по самому сместителю, так и на некотором расстоянии от него. Позднее они могут быть заполнены отложениями из проникающих в них растворов. Таким образом, при движении вдоль неровных поверхностей формирующихся тектонических нарушений участки с повышенным уровнем напряженного состояния (и как следствие — повышенной удароопасностью) и разгруженные участки могут чередоваться вдоль одного и того же нарушения.

67. При наличии осадочного чехла, деформируемого при движении блоков фундамента, тектонически напряженная зона может возникнуть над активным разломом. В этом случае разлом находит свое отражение в рельефе, но геологически в чехле он определяется зоной трещиноватости и пластического деформирования пород. Тектонически напряженная зона может быть образована также при смещении части разлома более молодыми разломами. При возобновлении движений по смещенному разлому в приконцевых участках его фрагментов будут наблюдаться повышенные напряжения, стремящиеся «разорвать» возникшую преграду.

68. Образование разломов в земной коре, появление всякого рода дизъюнктивных нарушений сопровождается крайне неравномерным распределением напряжений в массиве горных пород. При этом наблюдаются два случая образования тектонически напряженных зон — за концевыми участками проявившихся разломов (нарушений) и на участках возникших разломов за счет взаимных подвижек массивов пород по неровным поверхностям бортов разломов. Таким образом, тектонически напряженные зоны в блочном массиве горных пород возникают как в период образования разломов (в первую очередь за пределами проявившихся

участков разломов, нарушений), так и в процессе деформирования блочного массива пород по неровным поверхностям разломов (нарушений), слоистости и др.

Выделение тектонически напряженных зон по геоморфологическим, геологическим, сейсмическим и сейсмологическим данным

69. Положение разломов на местности и на космофотоснимках фиксируется не сплошной линией, а отдельными ее индикаторами (например, сопряженными участками рельефа, уступами), которые находятся на значительном расстоянии друг от друга, но намного сближаются на топокартах и аэрофотоснимках и даже сливаются, образуя сплошную линию разлома, при большом уменьшении масштаба. Участок разлома, находящийся между этими индикаторами, может не отмечаться нарушенностью. Разлом здесь только формируется. Создается «ложная» картина: нарушения нет, участок спокоен. Однако зона разлома на этом участке будет наиболее неблагоприятной с точки зрения ведения горных работ.

70. Тектонически напряженные зоны целесообразно прогнозировать на вертикальных разрезах породного массива в пределах месторождения, анализируя изменение мощности и физико-механических свойств наиболее прочных и других маркирующих слоев. Участки с увеличением мощности прочных слоев в большинстве случаев указывают на наличие тектонически напряженных зон. В местах резкого уменьшения мощности прочных слоев возможно наличие тектонически разгруженных зон. Дополнительным критерием может оказаться сравнительное изучение физико-механических свойств горных пород: в тектонически напряженных зонах породы более прочные, упругие, менее пористые, влажные и т. д.

71. Выделение тектонически напряженных зон при наличии разведочных выработок или густой сети скважин основывается на изучении пространственного положения и морфологии сместителей разрывных нарушений. Участки повышенной напряженности при их чередовании с разгрузочными зонами по простиранию

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

разрывных нарушений имеют те же отличительные геологические признаки, что и опасные и неопасные нарушения.

72. Для выявления повышенной напряженности участков рудного тела при подходе к тектоническим нарушениям целесообразно использовать величину активности электромагнитного излучения (далее — ЭМИ), вызванную бурением скважин, и время затухания этой активности без подачи бурового инструмента в глубь массива. Для этого в процессе бурения измеряют величину активности ЭМИ и определяют ее среднее значение за интервал бурения. Для повышения достоверности перспективной оценки бурят последовательно две скважины. При возрастании активности ЭМИ, вызванной бурением, на одинаковых интервалах в обеих скважинах измеряют также время затухания активности до уровня фона. Величина активности ЭМИ при бурении и время ее затухания тем больше, чем выше напряженность зоны влияния нарушения. При превышении этими величинами критических показателей нарушение считают опасным и фиксируют переднюю границу зоны влияния нарушения.

73. Возможные опасные зоны по простиранию нарушений определяются по изменению высокочастотной составляющей сейсмического сигнала. При переходе сигналами нарушенного, трещиноватого угля (неопасные зоны) высокие частоты сигнала в значительной мере поглощаются, а низкие остаются без изменения. Участки с хорошим прохождением сейсмических волн и с нарушениями, подтвержденными горными работами, могут быть отнесены к динамически активным.

74. Напряженность участков также оценивается исходя из свойств распространения волн в упругой среде. В напряженной упругой среде время прохождения волны сжатия и ее амплитуда имеют меньшие значения, чем время импульса растяжения и его амплитуда. Величину высокочастотной составляющей исходного сейсмического сигнала в месте вскрытия неопасного нарушения подготовительной выработкой сравнивают с величиной высокочастотной составляющей текущего сигнала на каждом канале при поинтервальном трассировании нарушения.

75. Динамически активные зоны в пределах месторождений выделяют на основе анализа пространственного расположения очагов землетрясений и горных ударов, нанесенных на современные структурные карты, и их соотношения с активными разломами, установленными геоморфологическими методами. В местах глубинного затухания вертикальных разломов появляются короткие, пологонаклонные сейсмические границы. На карте области очагов землетрясений образуют овальные пятна, которые выстраиваются в полосы с многочисленными промежутками, перемычками. Причем, более поздние землетрясения не перекрывают друг друга, а как бы заполняют эти промежутки — происходит разгрузка тектонически напряженных зон.

76. При резком расхождении данных о расположении ТНЗ, полученных различными методами, рекомендуется использовать статистические методы, прежде всего метод Монте-Карло при варьировании параметров блоков и свойств граничных участков, в первую очередь генерализации блочной структуры и отбрасывании разломов, установленных с малой степенью вероятности.

77. Проверка удароопасности проводится во всех ТНЗ, существование которых установлено с вероятностью выше 25 %, при этом в первую очередь проверяются наиболее вероятные зоны повышенных напряжений, сложенные наиболее хрупкими породами с высокими модулями спада. При отсутствии удароопасности в этих зонах специализированная организация принимает решение о целесообразности проверки других предполагаемых ТНЗ.

V. ОЦЕНКА УДАРООПАСНОСТИ ПО ДИСКОВАНИЮ КЕРНОВ

78. До вскрытия месторождения на стадии разведки важнейшим методом оценки удароопасности является оценка степени напряженности блоков массива горных пород по дискованию кернов. Керновое бурение для оценки удароопасности производится во всех ТНЗ, выделенных с помощью геодинамического районирования.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

79. Основной причиной разрушения материала в приствольной и торцевой областях скважины является высокая концентрация напряжений, вызывающих деформации сдвига или отрыва. Диски различной толщины образуются в результате изменения коэффициента концентрации напряжений на забое кольцевой обуривающей щели. Диски толщиной больше половины их диаметра практически не встречаются. Изменение коэффициента концентрации напряжений на внутреннем контуре кольцевой щели является основной причиной образования дисков различной толщины.

80. Характер разрушения керна зависит от его длины, а контур скважин — от соотношений между компонентами радиальных к скважине напряжений, соотношения между осевыми и радиальными напряжениями, уровня напряженности пород. Параметром дискования является соответственно толщина дисков $t_д$.

81. Толщина выбуриваемых из скважин дисков при неизменном соотношении между осевыми и радиальными напряжениями ($\sigma_{ос}/\sigma_р$) и прочих одинаковых факторах зависит от величины радиальных напряжений $\sigma_р$ (рис. 8 настоящих Методических рекомендаций). Чем больше радиальные напряжения, тем интенсивнее процесс разделения керна на диски. Диски имеют, как правило, выпукло-вогнутую (реже плоскую) форму с выпуклостью в направлении массива. Иногда они выходят, не отделившись до конца друг от друга, а границы между ними видны по кольцевым трещинам на поверхности кернов. При этом не следует принимать за диски элементы керна, образовавшиеся вследствие естественной трещиноватости пород или ослабленных контактов.

82. Область применения процесса дискования кернов для оценки напряженного состояния пород, руд определяется видом напряженного состояния, уровнем напряженности массива и диаметром выбуриваемой скважины. Количественная оценка уровня напряженности массива при видах напряженного состояния от одноосного до гидростатического и диаметре «скважин» 20–50 мм возможна в интервале максимальных напряжений $\sigma_{max} = (0{,}6–3{,}5)\sigma_{сж}$.

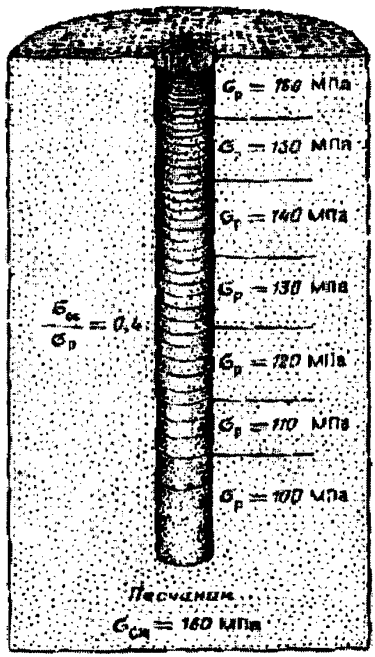

Рис. 8. Общий вид образца песчаника с дисками различной толщины при различном уровне напряженности $\sigma_p/\sigma_{сж}$ и соотношения $\sigma_{oc}/\sigma_p = 0$

83. Наименьшую среднюю толщину дисков или наибольшее количество буровой мелочи с единицы длины скважин устанавливают при наиболее высоких уровнях напряженности $\sigma_{pl}/\sigma_{сж}$. Толщина дисков зависит только от соотношения между осевыми и максимальными радиальными напряжениями и уровня напряженности. Вторая составляющая радиальных напряжений не оказывает влияния на процесс дискообразования.

84. Прогноз рекомендуется осуществлять в следующем порядке:

определяют среднюю толщину дисков ($t_{ср}$) по геолого-разведочным скважинам на участке интенсивного дискования керна с одновременной привязкой его по глубине скважин;

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

находят вертикальные и горизонтальные напряжения $\sigma_{верт} = \gamma H$, $\sigma_{гор} = \lambda\gamma H$, где γ — средневзвешенный объемный вес горных пород; H — глубина до участка дискования; λ — коэффициент бокового распора;

устанавливают уровень напряженности массива $\sigma_{гор}/\sigma_{сж}$ по номограмме, приведенной на рис. 9 настоящих Методических рекомендаций, в соответствии с полученными величинами $t_{ср}/d$ и $\sigma_{верт} = \gamma H$.

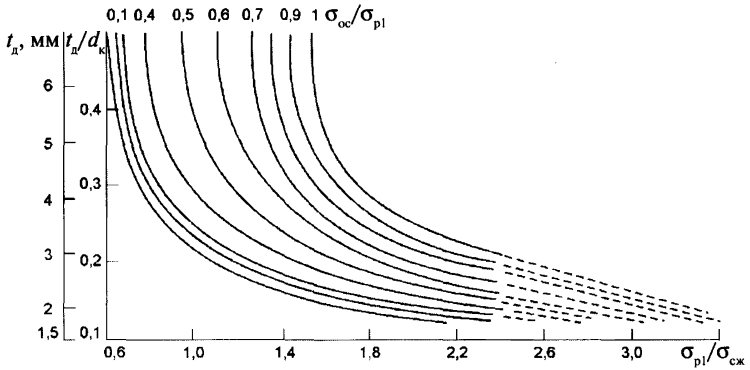

Рис. 9. Зависимость параметров дискования керна $t_д/d_к$ от уровня напряженности массива $\sigma_{pl}/\sigma_{сж}$ при различных соотношениях между осевыми и радиальными $\sigma_{ос}/\sigma_{pl}$ напряжениями: $t_д$ — толщина диска; $\delta_к$ — диаметр керна

85. Удароопасность нарушений при бурении геолого-разведочных скважин определяют следующим образом. При подходе к разрывному нарушению на расстояние 5 амплитуд забой подготовительной выработки останавливают. Бурят геолого-разведочную скважину с поинтервальным отбором керна. При изучении полученного керна определяют структуру зоны породного массива вблизи сместителя нарушения, для чего фиксируют наличие: зоны дробления, открытых трещин и сопутствующих нарушений,

заполнителя сместителя и трещин. При этом определяют вид сместителя и состояние породного керна. При наличии открытых трещин с заполнителем и нарушенного породного массива вблизи сместителя нарушение относят к неопасным. При отсутствии нарушенной зоны, а также при полном разрушении керна или зажатии бурового инструмента нарушение относят к опасным по проявлению горных ударов.

VI. ОЦЕНКА УДАРООПАСНОСТИ ПО ХРУПКОСТИ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ ЗАПРЕДЕЛЬНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

86. При проведении оценки удароопасности следует отбирать все породы, чье содержание среди объема, подлежащего выемке при отработке месторождения, превосходит 10 процентов.

87. При выборе места отбора проб рекомендуется стремиться к максимальной типичности отбираемых проб, то есть к их соответствию по структуре и свойствам породам в местах, для которых решается поставленная задача. Состояние породы в обнажении (ее влажность и целостность) в месте отбора пробы также наиболее представительно. Пробы горных пород, в зависимости от возможности отбора, могут быть представлены кернами буровых скважин или монолитами (при наличии разведочных выработок).

88. Размеры присылаемых на испытание монолитов (или кернов буровых скважин) и их количество рекомендуется принимать таким образом, чтобы обеспечивать изготовление из присылаемых проб необходимого числа образцов для испытаний.

89. При отборе проб желательно использовать скважины большего диаметра. Пробу твердой горной породы рекомендуется извлекать керном длиною не менее 30–40 сантиметров. Допускается длина целого куска керна не менее 15 сантиметров, но в этом случае число таких кусков будет не менее трех. При переходе на режим бурения с выдачей керна первые 5–10 сантиметров бурения не рекомендуется использовать в качестве пробы.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

Размеры проб (диаметр и длина кернов, габариты монолитов) зависят от числа участков породных слоев. Размеры для одной пробы: общая длина керна — не менее 1,5 метра при длине каждого куска керна не менее 0,15 метра.

90. Присылаемые на испытание пробы, полученные не при бурении скважин, представляют собой целые монолиты — глыбы размером не менее 300×300×200 миллиметров. В случае невозможности отбора проб таких размеров допускается присылка монолитов размерами не менее 250×200×200 миллиметров.

91. Определение естественной влажности породы в массиве рекомендуется производить одновременно с отбором проб. Влажность породы (в процентах) определяется как отношение веса воды, содержавшейся в образце до сушки, к весу сухого образца. Влажность породы устанавливается точным (до 0,01 грамма) взвешиванием до сушки и после сушки, сушка пробы производится в сушильном шкафу при температуре 105–115 градусов по Цельсию до полного прекращения изменения веса пробы.

92. Документацию отбираемых для испытаний проб горных пород рекомендуется проводить одновременно с отбором проб, и состоит она в маркировке этикетками извлеченных проб и их регистрации в специальном журнале (ведомости).

93. Консервацию и упаковку проб горных пород рекомендуется производить таким образом, чтобы обеспечивать сохранение в пробах естественной влажности пород и предохранить пробы от высыхания, увлажнения и обмерзания, а также от механических повреждений.

94. Хранение и транспортировку упакованных в ящики проб рекомендуется производить таким образом, чтобы обеспечивать сохранность и целостность последних.

95. Размеры образцов пород для проведения испытаний рекомендуется принимать следующими:

диаметр образца — 42 ± 1 миллиметр;

высота образца — 90 ± 2 миллиметра.

Количество образцов для испытаний — не менее 5 штук.

Торцевые поверхности образцов рекомендуется изготавливать плоскими, параллельными друг другу и перпендикулярными боковой поверхности.

Боковые поверхности образца рекомендуется изготавливать параллельными по всей высоте образца. Допускаемое отклонение от параллельности — не более 0,5 мм.

96. Для испытаний горных пород с учетом запредельного деформирования используются следующие приборы и прессы:

1) жесткая камера запредельного деформирования — стабилометр;

2) жесткий пресс БР-5;

3) испытательный гидравлический пресс типа ЦД-100;

4) испытательный сервоуправляемый пресс с автоматизированным режимом испытаний и камерой испытаний.

Перечисленное оборудование позволяет проводить испытания образцов в допредельной и запредельной области деформирования.

97. Режим испытаний заключается в том, чтобы получить следующий график деформирования, приведенный на рис. 10 настоящих Методических рекомендаций. Режим испытаний заключается в том, чтобы при нагружении поддерживать постоянной скорость продольного деформирования образца породы, что достигается в случае применения камеры БВ21 (для слабых и средней прочности пород) усилением ее жесткости, или в случае использования сервоуправляемого пресса (для прочных пород) — автоматизированным режимом контролируемых продольных деформаций, а при использовании пресса БР-5 — весьма высокой его жесткостью пресса.

98. По графику деформирования образца, приведенного на рис. 10 настоящих Методических рекомендаций, определяют модуль упругости E и модуль спада M. При $E/M < 1$ порода считается удароопасной; при $E/M > 1$ — неудароопасной.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

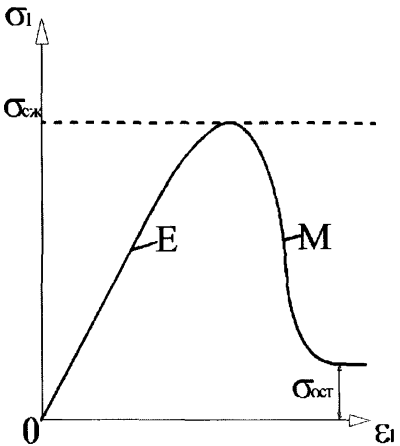

Рис. 10. Схематическая диаграмма «напряжение—деформация» при одноосном сжатии:
σ_1 — осевое давление на образец, МПа; ε_1 — продольная деформация образца; E — модуль упругости образца, МПа; M — модуль спада образца, МПа; $\sigma_{ост}$ — предел остаточной прочности, МПа; $\sigma_{сж}$ — предел прочности при одноосном сжатии, МПа

99. В случае когда действующее напряжение в горных породах (в натурных условиях) превышает предел прочности породы при одноосном сжатии и $K_у < 1$, породу рекомендуется считать удароопасной.

100. Если действующее напряжение в горных породах меньше предела прочности породы при одноосном сжатии и $K_у < 1$, породу рекомендуется считать потенциально удароопасной.

101. Если $K_у > 1$, породу рекомендуется считать неопасной при любом значении действующего напряжения в массиве.

102. Испытания для каждой разновидности породы проводят на 5 и более образцах. Окончательную обработку результатов испытаний *n* образцов рекомендуется производить по формулам математической статистики.

103. Допускается при установлении корреляционной связи между отношением E/M и коэффициента удароопасности А.Я. Бича испытания для шестого и последующих образцов проводить указанным методом при допредельных нагрузках.

104. Метод А. Я. Бича заключается в оценке склонности горной породы к хрупкому разрушению по численной величине коэффициента удароопасности

$$K_{\text{у}} = \frac{\varepsilon_{\text{упр}}}{\varepsilon_{\text{полн}}} \cdot 100\ \%,$$

где $\varepsilon_{\text{упр}}$ и $\varepsilon_{\text{полн}}$ — продольные упругая и полная деформации, возникающие при одноосном сжатии пород в натурных или лабораторных условиях.

Деформации учитываются при разгрузке породы от напряжений, составляющих не менее 80 % от разрушающих. Породу рекомендуется считать удароопасной, если $K_{\text{у}} \geq 70\ \%$.

VII. ПЕРЕЧЕНЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБЪЕКТОВ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, СКЛОННЫХ И ОПАСНЫХ ПО ГОРНЫМ УДАРАМ

105. Перечень месторождений и объектов подземного строительства, склонных и опасных по горным ударам, приведен в приложении № 3 к настоящим Методическим рекомендациям.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

Приложение № 1

к Методическим рекомендациям по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам, утвержденным приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 23 мая 2013 г. № 216

Классификация по характеру нарушения сплошности массива

Ранг (порядок) разломов, трещин	Мощность зоны дробления разлома или ширина трещин	Протяженность нарушения	Масштаб карты
Разломы I ранга — глубинные, как правило, сейсмогенные	Сотни и тысячи метров	Сотни и тысячи километров	1:2 500 000 1:1 000 000
Разломы II ранга — глубинные, частично сейсмогенные	Десятки и сотни метров	Десятки и сотни километров	1:500 000 1:200 000
Разломы III ранга	Метры и десятки метров	Километры и десятки километров	1:200 000 1:100 000
Разломы IV ранга	Десятки и сотни сантиметров	Сотни и тысячи метров	1:50 000
Крупные трещины V ранга	Свыше 20 мм	Свыше 10 м	1:25 000 1:10 000
Средние трещины VI ранга	10–20 мм	1–10 м	1:5000 1:2000
Мелкие трещины VII ранга	2–10 мм	Менее 1 м	—
Тонкие трещины VIII ранга	1–2 мм	Менее 1 м	—
Локальные трещины IX ранга — внутри пластов, слоев, породных блоков	Менее 1 мм	Менее 1 м	—

Приложение № 2
к Методическим рекомендациям по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам, утвержденным приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 23 мая 2013 г. № 216

Применение морфометрических методов

Наименование метода	Область применения
Базисных поверхностей, вершинных поверхностей, остаточного рельефа	Изучение связей между морфометрическими поверхностями и тектоническими структурами без учета развития
Разностных поверхностей	Установление и изучение связей с движениями земной коры и с другими процессами в процессе развития рельефа. Выявление новейших и современных движений земной коры, а также структур, образующихся в результате этих движений
Гониобазит и гониогипсобазит	Выявление разрывных тектонических нарушений, установление направления и интенсивности движения отдельных блоков при составлении схемы блоковой тектоники
Асимметрия форм рельефа	Специальные морфометрические методы для решения частных геолого-геоморфологических задач

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

Приложение № 3
к Методическим рекомендациям по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам, утвержденным приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 23 мая 2013 г. № 216

Перечень месторождений и объектов подземного строительства, склонных и опасных по горным ударам

Месторождение	Породы и руды, склонные к хрупкому разрушению	Критическая глубина по условию удароопасности, м
Абаканское	Железная руда, агломератовые туфы, песчаники, кератофиры	600
Высокогорское	Магнетиты, скарны, роговики, туфы порфиритов, сиениты, известняки	600
Гороблагодатское	Микросиениты, сиениты, оспенные руды, скарны, гранат-магнетитовые, скаполитовые породы	300
Естюнинское	Порфириты, роговики, диориты, пироксен-плагиоклазовые породы	150
Казское	Диориты, роговики	600
Коробковское	Железистые кварциты	600
Лебяжинское	Магнетиты, скарны, роговики	600
Песчанское	Порфириты, туфы порфиритов, известняки, диориты, скарны, магнетиты	400
Таштагольское	Сиениты, скарны, туфосланцы, железная руда	400
Шерегешское	Сиениты, граниты, роговики, альбитофиры	600
Яковлевское	Рудный массив в указанных интервалах глубин	600

Месторождение	Породы и руды, склонные к хрупкому разрушению	Критическая глубина по условию удароопасности, м
Белогорское (Белогорский ГОК)	Граниты, руды	600
Березовское	Гранитоиды, диабазы	400
Берикульское	Кварциты, порфириты, диориты, габбро, мрамор	600
«Восток-2»	Сульфидные руды, гранит-порфиры	500
Гайское	Порфириты, диабазы, колчедан	1000
Дарасунское	Кварцевые диориты, кварцевые порфириты	400
Кочкарское	Плагиограниты, табашки, кварцевые жилы	190
Константиновское	Кварцевые диориты	300
Ловозерское	Фойяиты, уртиты, малиньиты, лявриты	500
участок Карнасурт	То же	400
участок Умбозеро	»	200
Николаевское (ОАО ГМК «Дальполиметалл»)	Известняки, порфириты, туфы	700
Южное (ОАО ГМК «Дальполиметалл»)	Песчаники, алевролиты, руда, кварцсульфидная жила	180
Огневско-Бакенное (Белогорский ГОК)	Граниты, руды	600
Октябрьское и Талнахское месторождения (ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель»)	Сплошные сульфидные руды, роговики, аргиллиты, известняки, оливиносодержащие габбро-долериты, пикритовые габбро-долериты, мергели	700
Перевальное (Солнечный ГОК)	Порфиры, серицито-хлоритовые кварцсодержащие сланцы, колчедан	600

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

Месторождение	Породы и руды, склонные к хрупкому разрушению	Критическая глубина по условию удароопасности, м
Солнечное (Солнечный ГОК)	Порфиры, серицито-хлоритовые кварцсодержащие сланцы, колчедан	600
Садонское	Окварцованные граниты, альбитофиры, жильные альбитофиры	700
Саткинское	Магнезиты, доломиты, диабазы, сланцы	250
Тырнаузское	Роговики, скарны, граниты	800
Хинганское	Серициты, хлоритовые порфириты и брекчии	500
Коашвинское	Ийолит-уртиты, рисчорриты, бедные и богатые руды	400
Апатитовый цирк	Ийолит-уртиты, бедные и богатые руды	200
Плато Росвумчорр	Ийолит-уртиты, бедные и богатые руды	300
Ньоркпахское	Ийолит-уртиты, бедные и богатые руды	400
Олений ручей	Ийолит-уртиты, бедные и богатые руды	400
Партомчоррское	Ийолит-уртиты, бедные и богатые руды	400
Расвумчоррский рудник	Ийолит-уртиты, бедные и богатые руды	400
Юкспорское	Ийолит-уртиты, бедные и богатые руды	300
Кукисвумчоррское	Ийолит-уртиты, бедные и богатые руды	300

Месторождение	Породы и руды, склонные к хрупкому разрушению	Критическая глубина по условию ударо-опасности, м
Узельгинское	Кварцевые липаритовые порфиры, дайки диабазов, диабазовые порфириты, габро-долериты, диабазы, диориты, метасоматиты кварцсеритового состава с сульфидной минерализацией, метаморфизированные липаритовые порфиры	650
Стрельцовское рудное поле (ОАО «ППГХО»)	Трихидациты, андезиты, базальты, алевролиты, граниты, руда	500
Гольцовое	Игнимбиты риолитов, андезиты и их туфы, кварцы, кварц-серицитовые и кварц-гидрослюдистые изменения, галенит	500
Эльконское	Кристаллические сланцы, гнейсы, кварциты, граниты, гранитогнейсы, амфиболиты, бластоминолиты, бластоклазиты с кварцполевошпатовым составом	500

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2016

По вопросам приобретения
нормативно-технической документации
обращаться по тел./факсу
(495) 620-47-53 (многоканальный)
E-mail: gost.e-ecolog.ru

Подписано в печать 05.10.2016. Формат 60×84 1/16.
Гарнитура Times. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Объем 3,25 печ. л.
Заказ № 818.
Тираж 20 экз.

Подготовка оригинал-макета и печать
Закрытое акционерное общество
«Научно-технический центр исследований
проблем промышленной безопасности»
105082, г. Москва, Переведеновский пер., д. 13, стр. 14

gost.e-ecolog.ru