РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

2019

№ 1

УДК 622.83 + 622.271 + 622.28

ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ СЕВЕРНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ОКТЯБРЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В. А. Усков¹, А. А. Еременко¹, Т. П. Дарбинян², В. П. Марысюк³

¹Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: wau347743@list.ru, Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия ²Горное управление 3Ф ПАО "ГМК "Норильский никель", E-mail: MarysyukVP@nornik.ru, пл. Гвардейская, 2, 663302, г. Норильск, Россия ³Центр геодинамической безопасности 3Ф ПАО "ГМК "Норильский никель", E-mail: MarysyukVP@nornik.ru, пл. Гвардейская, 2, 663302, г. Норильск, Россия

Выделены тектонические структуры различных рангов в Норильском регионе. Блочная структура первого порядка образована пересечением геодинамически активных разломов I ранга: мегаразломов Хатанга, Имангдинско-Кыстыхтахского, Норильского, Фокинско-Тангаралахского и др. К разломам II ранга отнесены Норильско-Хараелахский разлом, пересекающий шахтное поле, и другие семь структур. С использованием геологических разрезов и данных разведочных скважин в пределах горного отвода шахты на космическом снимке нанесены сбросы и взбросо-сдвиги III ранга, выраженные уступами в рельефе местности. На участках, опасных по горным ударам, при отработке запасов богатых руд шахты "Глубокая" рекомендовано проводить опережающее образование защищенных зон бурением в выработках разгрузочных скважин в зонах разломов III ранга.

Геодинамическое районирование, блочное строение, тектонические структуры, напряженнодеформированное состояние массива, разломы, ударопасность, горные работы, разработка, камеры, закладка

DOI: 10.15372/FTPRPI20190110

Для современного развития горнодобывающей промышленности как в России, так и за рубежом характерен интенсивный рост глубины подземных разработок. Шахта "Глубокая" строится для отработки Северных залежей Октябрьского месторождения, на глубине 1.5-2.0 км вблизи Норильско-Хараелахского разлома. Породы и руды Октябрьского месторождения удароопасны, поэтому для них актуально выделение тектонически напряженных зон, которые могут быть опасными по проявлениям горного давления в динамической форме при строительстве и эксплуатации шахты. Согласно [1-3], геодинамическое районирование должно быть выполнено для каждого склонного к горным ударам месторождения, а результаты использованы при проектировании, отработке и ведении горных работ с учетом обеспечения их безопасности. Исследованы тектонические структуры Норильского промышленного района и проведено математическое моделирование их напряженно-деформированного состояния для геомеханического обоснования систем разработки и оптимального порядка отработки северных залежей богатых руд. Геодинамически потенциально опасные зоны — это участки в недрах и/или на поверхности месторождения, связанные с активными разломами, в которых протекают геомеханические, гидрогеологические, электромагнитные и другие процессы, обусловленные аномальным напряженно-деформированным состоянием массива горных пород.

Методический подход при районировании состоит в последовательном решении трех задач [2-7]:

• трассировка геодинамически активных структур в границах горного отвода месторождения и на прилегающей территории по комплексу выявленных явных морфологических и скрытых топометрических признаков с учетом их иерархического строения;

• определение кинематических типов активных структур и их связи с системами ранее картированных геологических нарушений;

• прогноз степени и характера представляемой геодинамической опасности активных нарушений при их влиянии на условия отработки месторождения при известных условиях залегания рудных залежей и принятых системах разработки.

Для решения указанных задач использованы следующие методы выявления активных структур [6]: метод морфоструктурного анализа с сопоставительным привлечением широкого спектра информационных показателей геологической среды; метод линеаментного анализа по признакам линейной организации формообразующих элементов рельефа (проявленности в рисунке, рельефе "полос", "штрихов", "борозд" и их комбинаций); анализ космических снимков с обнаружением признаков системного строения геологической среды в их яркостных характеристиках; анализ строения гидрографической сети (методом изолонг, гониобазит и др.); анализ сети сейсмогенных разломов и сейсмоконтролирующих структур района месторождения с привлечением базы данных по регистрации сейсмической активности недр районируемой территории; анализ геодинамической активности геологических нарушений и структур шахы.

Тектонические блоки могут быть образованы разломами I–IV рангов и разбиты трещинами V–IX рангов. Классификация скальных массивов по характеру нарушения сплошности представлена в таблице [3].

1	15 15		
Ранг (порядок) разломов, трещин	Мощность зоны дробления разлома или ширина трещин	Протяженность нарушения	Масштаб карты
Разломы I ранга — глубинные,	Сотни и тысячи	Сотни и тысячи	1:2500000
как правило, сейсмогенные	метров	километров	1:1000000
Разломы II ранга — глубинные,	Десятки и сотни	Десятки и сотни	1:500000
частично сейсмогенные	метров	километров	1:200000
Разломы III ранга	Метры и десятки метров	Километры и десятки километров	1 : 200000 1 : 100000
Разломы IV ранга	Десятки и сотни сантиметров	Сотни и тысячи метров	1:50000
Крупные трещины V ранга	Свыше 20 мм	Свыше 10 м	1:25000 1:10000
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	

Классификация скальных массивов по характеру нарушения сплошности

Методика выделения границ блоков различных рангов основана на представлении о различной интенсивности вертикальных движений блоков по системе рельефообразующих разломов различной глубины заложения. При выявлении блочной структуры по принципу от общего к частному рекомендовано использовать государственные масштабы карт по схеме, представленной в таблице [3]. Чем мельче масштаб исследования, тем более явно выделяются истинные закономерности геодинамических процессов, происходящих на данной территории.

Согласно современным представлениям о развитии тектонических процессов [8], в краевой части Сибирской платформы формирование шарьяжно-надвиговых и рифтогенных структур не было единовременным и неоднократно проявлялось в ходе длительной истории образования осадочного чехла. Это подтверждается не одинаковыми по величине смещениями осадочных отложений различного возраста, однако многие исследователи отмечают сохранение тенденции — унаследованную направленность глобальных тектонических процессов. По геодинамическим данным надвиговые процессы отмечались в Норильском регионе на протяжении таких геологических периодов, как карбон, пермь, триас, и возобновлялись в четвертичный период [8].

Трассировка геодинамически активных структур I ранга и границы образуемых ими тектонических блоков I иерархического уровня приведены на рис. 1.



Рис. 1. Дешифровка глубинных разломов на космическом снимке: *1*-3, *5*-11 — разломы I ранга; 4 — Норильско-Хараелахский разлом II ранга (направление его падения); I-X — тектонические блоки I ранга; 232-863 — средние высотные отметки в блоках I ранга

При выделении блоковых структур I ранга использованы: топографическая карта СССР масштаба 1:2 500 000; тектоническая схема и схема глубинного строения М 1:1000 000 к геологической карте М 1:200 000 Норильского рудного района; схема тектонического строения Норильского района.

На современном этапе среди других геоинформационных ресурсов космические снимки, благодаря высокому качеству изображения и возможности визуализации дискретных границ ландшафтного отображения площадей, имеют приоритетное значение при выделении блоковых структур I и II ранга [9]. Они отражают наиболее тонкие детали рисунка рельефа, недоступные средствам традиционной тематической картографии. Прежде всего, это касается ри-

сунка гидрографической сети, обычно отражающей картину блокового строения рельефа. В ряде случаев хорошо видны элементы строения подстилающей тектонической структуры. Несмотря на видимые на космических снимках хаотические отклонения русел, просматриваются весьма выдержанные по направлению многокилометровые колена, лежащие в линейных створных направлениях с наиболее крупными геодинамически активными структурами.

Глубинные разломы I ранга обычно субвертикальны. Они характеризуются большой глубиной заложения и протяженностью (таблица), а также имеют ровообразный характер выхода на дневную поверхность из-за оперяющих сбросов. Как правило, вдоль этих структур наблюдаются русла рек и озера, совпадающие линейными элементами с простиранием разлома. На космическом снимке (рис. 1) один из швов мегаразлома Хатанга, обозначенный цифрой 7, прослеживается до оз. Глубокое, где он пересекается с крупной структурой I ранга — Имангдинско-Кыстыхтахским разломом, обозначенным цифрой 5. Обе структуры подтверждены на местности при геологический съемке масштаба 1:200 000 и присутствуют на тектонической схеме и схеме глубинного строения М 1:1000 000 Норильского рудного района.

Параллельная Имангдинско-Кыстыхтахскому разлому структура, обозначенная цифрой 8, также отнесена нами к разломам I ранга по той причине, что именно здесь изменяется направление мегаразлома Хатанга с образованием флексуры. Разлом 8 параллелен крупной пликативной структуре первого порядка — Хантайско-Рыбнинскому валу. Разлом I ранга, обозначенный цифрой 8, картируется (рис. 1) прямолинейными участками рек Талая и Омнутах, провалами в рельефе и перепадом максимальных высотных отметок порядка 400 м в блоках I ранга — X, V и VI.

На схеме тектонического строения Норильского района нет обозначенного цифрой 6 разлома I ранга (рис. 1), названного "Норильским разломом I ранга". Однако при выполнении геодинамического районирования месторождений Талнахского рудного узла он выделен. Этот разлом, картируемый р. Норилка и озерными системами Мелкое-Пясино, является флексурной частью субширотного разлома Хатанга после пересечения равных по рангу меридиональных разломов 5 и 8.

Выделены также линеаменты других меридиональных разломов I ранга: разлом 3, названный на тектонической схеме Фокинско-Тангаралахским; разлом 2, названный на тектонической схеме Боганидским; разлом 1 (рис. 1), названный на тектонической схеме Северо-Хараелахским; разлом 9, картируемый на снимке (рис. 1) руслом р. Ергалах и притоками р. Хантайки; разлом 10, картируемый на снимке (рис. 1) руслами рек Дудинка и Хантайка; разлом 11, картируемый на снимке (рис. 1) руслами рек Дудинка и Хантайка; разлом 11, картируемый на снимке (рис. 1) руслами рек Дудинка и Хантайка; разлом 11, картируемый на снимке (рис. 1) руслами рек Дудинка и Хантайка; разлом 11, картируемый на снимке (рис. 1) руслом р. Дудинка.

По совокупности имеющихся геологических и геофизических данных выделяют трансрегиональные линеаменты, которые трассируются за пределы Сибирской платформы (рис. 2). Трансформный мегаразлом Хатанга (В на рис. 2) по своему рангу в классификации [3, 6] (таблица) должен быть отнесен к глубинным разломам I ранга (сейсмогенный). Смещения по трансформному разлому образуют многочисленные субпараллельные швы и ведут к горизонтальным и вертикальным перемещениям блоков I ранга. Современные смещения по данным GPS съемки зарегистрированы в устье р. Хатанга, а сейсмические проявления — вдоль разлома в акватории моря Лаптевых (рис. 2).

По Енисею проходит восточная граница Западно-Сибирской плиты и вдоль ее сочленения с Сибирской платформой в раннем мезозое широко проявились процессы рифтогенеза (рис. 2). В гигантской Арктико-Североатлантической рифтовой мегасистеме Западно-Сибирская континентальная раннетриасовая рифтовая система занимает крайнее восточное положение [8]. Вдоль сочленения Западно-Сибирской плиты с Сибирской платформой по Турухано-

Норильской гряде проявлена тектоническая составляющая горного давления в виде явно выраженных горизонтальных сжимающих напряжений, зарегистрированных также и на рудниках Талнахского рудного узла [10-13].

Анализ блочной структуры I ранга Норильского района показывает, что при современном развитии тектонических процессов в краевой части Сибирской платформы происходит формирование шарьяжно-надвиговых и рифтогенных структур с локальными зонами сжимающих напряжений (рис. 2). Следует отметить сохранение в четвертичном периоде унаследованной направленности глобальных тектонических надвиговых процессов, которые имелись в Норильском регионе на протяжении таких геологических периодов, как карбон, пермь, триас. Кроме гравитационного воздействия прогибания депоцентров вулканогенно-осадочного чехла Сибирской платформы, на горизонтальные напряжения влияет спрединг бортов трансформного мегаразлома Хатанга в сейсмоактивной зоне Хатангско-Тургайского трансрегионального линеамента море Лаптевых в пределах 1-2 см/год (рис. 2).



Рис. 2. Трансрегиональные линеаменты и депоцентры прогибания вулканогенно-осадочного чехла Сибирской платформы. Трансрегиональные линеаменты: А — Транссибирский; Б — Таймыро-Байкальский; В — Хатангско-Тургайский. Депоцентры прогибания: І — Пясинский; II — Боганидский; III — Туринский; IV — Нижнеангарский; V — Патомский; VI — Кемпендяйский; VII — Сетте-Дабанский; VIII — Верхоянский; IX — Анабарский

Тектонические блоки первого ранга III и VI по значениям максимальных отметок рельефа поднимаются наиболее интенсивно, блоки II и V имеют максимальные отметки рельефа почти в 2 раза меньше, а блоки I, IV, VII и VIII — в 3 раза меньше по отношению к наибольшему уровню тектонических движений.

Современные формы рельефа в асейсмичном Норильском районе образуются при малоамплитудных относительных смещениях тектонических блоков II и III ранга в сложном взаимодействии Западно-Сибирской и Северо-Американской литосферных плит и Сибирской платформы. Дешифровка глубинных разломов II ранга внутри блока III первого ранга приведена на рис. 3.



Рис. 3. Дешифровка глубинных разломов II ранга на космическом снимке: II-1–II-8 — разломы II ранга; 3-1–3-11 — тектонические блоки II ранга внутри блока III I ранга; 402–44 — средние высотные отметки в блоках II ранга

Глубинные разломы II ранга в Норильском районе хорошо изучены при геологоразведочных работах и при выполнении геодинамического районирования месторождений Талнахского рудного узла, а Норильско-Хараелахский разлом (II-5 на рис. 3) даже вскрыт горными работами [13]. При выявлении блочных структур III ранга (рис. 4) в исследованиях основное внимание уделено уточнению их привязки к формам рельефа и гидросети по принципу от общего к частному на территории Талнахского рудного узла. Для картирования блочных структур III и IV ранга в границах горного отвода Октябрьского месторождения использован комплексный подход при выявлении явных морфологических и скрытых топометрических признаков.

На геологических разрезах при разведочном бурении в пределах горного отвода шахты "Глубокая" вскрыты сбросы III ранга восточного падения под углом 60–70°, примыкающие к Норильско-Хараелахскому разлому (III-5, III-6, III-8, III-9, III-11), и взбросо-сдвиги западного падения под углом 70–75° (III-4, III-7, III-10).



Рис. 4. Дешифровка блочной структуры III ранга в пределах горного отвода шахты "Глубокая" на космическом снимке. Обозначения: III-1–III-12 — разломы III ранга; 3-1–3-12 — тектонические блоки III ранга внутри блока 3 II ранга; 122–195 — средние высотные отметки в блоках III ранга

Все они хорошо картируются снежными заносами на уступах рельефа поверхности при космической съемке (рис. 4). Субвертикальные тектонические структуры II ранга, пересекающие горный отвод шахты с северо-запада на юго-восток (III-1, III-2, III-3), проявлены менее четко, но все же выражены в рельефе и примыкают к Норильско-Хараелахскому разлому (рис. 4).

Тектонические нарушения вызывают изменение поля естественных напряжений. Возникает неоднородность напряжений, которая описывается следующим образом [11]: в районе нарушений образуются зоны концентрации пониженных напряжений меньше γH , протяженность такой зоны может достигать 4 м, далее формируется зона с концентрацией повышенных напряжений (до $3 - 5\gamma H$), протяженность которой может составлять 20 м и более.

Напряженное состояние массива на рудниках Талнаха определяется совокупностью гравитационной и тектонической составляющих:

$$\sigma = \sigma_{\rm r} + \sigma_{\rm r} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3,$$

где σ_{r} , σ_{t} — гравитационные и тектонические напряжения; σ_{1} , σ_{2} , σ_{3} — главные напряжения [11].

Измерения естественного поля напряжений на Октябрьском месторождении методом разгрузки на глубинах 700–850 м показали [11], что главные напряжения имеют следующие значения: $\sigma_1 = 37 - 50$ МПа (горизонтальное), $\sigma_2 = 22 - 30$ (горизонтальное), $\sigma_3 = 17 - 30$ МПа (вертикальное). Азимут действия наибольшего сжимающего горизонтального напряжения варьирует в пределах $A\sigma_1 = 55 - 115^\circ$. Знак "плюс" в принятой системе записи напряжений обозначает условия сжатия. Вертикальная компонента напряжений является минимальной. Для последующего анализа при моделирования приняты следующие соотношения компонентов тензора напряжений: азимут направления наибольшей горизонтальной компоненты $A\sigma_1 = 62^\circ$: $\sigma_3 = \gamma H$; $\sigma_1 = 1.5 \times H$; $\sigma_2 = 2.5 \times H$ [14, 17]

 $\sigma_2 = 1.5\gamma H; \ \sigma_1 = 2.5\gamma H \ [14 - 17].$

Тектонические нарушения II и III ранга, прослеживаемые на земной поверхности, пересекают Северные рудные залежи в пределах горного отвода (рис. 4), образуя при их вскрытии и отработке геодинамически потенциально опасные зоны концентрации горного давления. Амплитуда смещения блоков по нарушениям III ранга может достигать 5–45 м.

Минимальная разница высот, достаточная для отнесения соседних участков к разным тектоническим блокам III ранга, вычислялась по эмпирической формуле:

$$\Delta h_{\min} = 0.1(H_{\max} - H_{\min}).$$

Здесь Δh_{\min} — минимально необходимая разница высот; H_{\max} , H_{\min} — абсолютные максимальная иминимальная высоты рельефа [3, 4]. По этому критерию блоки III ранга III-4 и III-7, имеющие средние высотные отметки + 110 м, можно было бы объединить в один тектонический блок. Однако, учитывая, что они разделены разломом III-2, подтвержденным разведочными работами, посчитали целесообразным выделить отдельные тектонические блоки III ранга, относительные смещения которых минимальны.

Для Талнахского рудного узла характерно интенсивное проявление разрывной тектоники IV ранга, как правило слабо выраженное на поверхности. Для песчаников, сланцев и роговиков подстилающих пород характерны пологие нарушения под углами 5–25° по направлению напластования. В сплошных рудах, вкрапленных рудах и дифференцированной интрузии габбродолеритов также имеются пологие нарушения юго-восточного падения под углами 10–15°.

Блочные структуры IV ранга образованы трещинами, параллельными субвертикальным разломам III ранга, сбросам III ранга восточного падения под углами $60-70^{\circ}$, взбросам III ранга западного падения под углами $70-75^{\circ}$, и пологими трещинами западного падения под углами $5-25^{\circ}$. Протяженность трещин от сотен до тысяч метров, раскрытие — десятки сантимет-92 ров. Амплитуда смещения рудных тел и породных контактов по нарушениям IV ранга может достигать 0.5–3 м. Характер реализации смещений по опыту отработки Октябрьского и Таймырского рудников Октябрьского месторождения [18] приведен на рис. 5.



Рис. 5. Типичные схемы сочетаний разрывных нарушений и направлений смещений тектонических блоков IV ранга в пределах Октябрьского месторождения

Тектонические нарушения IV ранга будут оказывать влияние на устойчивость горных выработок и технологию отработки рудных залежей. Они сопровождаются зонами дробления шириной 3-5 м. Мощность зоны повышенной трещиноватости в висячем боку нарушения обычно в 3-8 раз больше, чем в лежачем боку.

Картирование блочных структур IV, V, VI и VII ранга для вентиляционно-закладочного, доставочного и откаточного горизонтов будет доступно в процессе вскрытия и подготовки шахты "Глубокая". По опыту отработки Октябрьского месторождения, нарушая сплошность пород и руд, блочные структуры IV и V рангов и трещины VI и VII рангов образуют "вложенные" структуры и не всегда до конца сформированы. Они создают зоны дробления у структур предыдущих порядков и имеют малоамплитудные смещения (от нескольких до десятков сантиметров). Для Октябрьского месторождения характерно, что с приближением к тектоническому нарушению IV ранга трещиноватость пород увеличивается, образуя зону повышенной (или высокой) трещиноватости шириной 0.2-0.5 амплитуды смещения по данному разлому [18]. Причем мощность зоны повышенной трещиноватости в висячем боку нарушения обычно в 3-8 раз больше, чем в лежачем. Пример развития трещин VI и VII рангов приведен на рис. 6.



Рис. 6. Пример развития трещин V – VII рангов возле сброса IV ранга в габбро-долерите

На рис. 7 представлены схемы наиболее типичных сетей тектонических трещин V–VII рангов в породах и рудах Талнахского рудного узла [18]. Для осадочных пород (рис. 7 Ia и Ib) характерны соответственно элементарные блоки в виде пологопадающей или наклонной плит, для сплошных руд (IIa и IIb) — элементарные блоки в виде наклонных и крутопадающих призм или плит, для вкрапленных руд и в породах интрузии (рис. 7 IIIa и IIIb) — элементарные блоки в виде параллелепипеда и ромбоэдра. В осадочных породах чаще всего встречаются пологие трещины, в сплошных рудах — крутопадающие.



Рис. 7. Схемы наиболее типичных сетей тектонических трещин V – VII рангов в породах и рудах шахты "Глубокая"

Тектонические нарушения V–VII рангов будут оказывать влияние на устойчивость горных выработок и технологию отработки рудных залежей вблизи тектонических нарушений IV ранга в зонах дробления шириной от 3 до 5 м.

В эффузивных и осадочных породах послойные шероховатые закрытые трещины заполнением кальцитом, эпидотом, хлоритом. Около 80 % сплошных сульфидных руд шахты "Глубокая" по геологическим данным имеют среднюю нарушенность и 20 % — сильную. Оценка нарушенности сплошных сульфидных руд по разведочным выработкам шахты "Скалистая" позволяет предполагать что сильная нарушенность пород проявляется и вблизи тектонических нарушений IV ранга в зонах дробления, что будет снижать устойчивость руд.

Нарушенность интрузивных пород, вмещающих оруденение, по керну разведочных скважин оценивается как сильная. По трещинам в породах интрузии широко распространены так называемые ослабляющие минералы типа хлорита, серпентина, талька и др.

Таким образом, тектонические нарушения V–VII рангов в случайных сочетаниях могут оказывать влияние на устойчивость горных выработок, изменяя линию контура выработок ло-кальными вывалами.

Условия отработки Октябрьского месторождения на глубинах свыше 700 м относятся к удароопасным. Горные удары могут существенно осложнить ведение горных работ и следует учитывать опыт Талнахских рудников в сложных геодинамических условиях [19–21]. Добыча руды при высокой нарушенности руд и вмещающих пород и ранее наступившей техногенной активизацией разрывных нарушений может провоцировать проявления горного давления в динамической форме. Одним из путей повышения безопасности труда является использование погрузочно-доставочных машин с дистанционным управлением (ПДМ с ДУ), без присутствия людей в очистном пространстве. При выемке камерами применяются технологические схемы, позволяющие основной объем отбитой руды из камер (до 80 %) отгружать ПДМ в ручном управлении через торцевые и (или) боковые заезды, а остальной объем руды с погрузкой ПДМ с ДУ — непосредственно в открытом очистном пространстве.

В условиях шахты "Глубокая" на участках, опасных по горным ударам, при отработке запасов богатых руд следует проводить опережающее образование защищенной зоны путем бурения глубоких параллельных или веерных скважин большого диаметра в массив впереди фронта очистных работ. Бурение скважин осуществляют преимущественно в припочвенной или в прикровельной частях рудного тела из выработок (заходок) защитного слоя, из нарезных или передовых подготовительных выработок. Допускается располагать скважины в средней по мощности части рудного тела.

выводы

В ходе выполненных исследований предварительное выделение местоположения геодинамически опасных тектонических структур подтверждено последовательным решением трех задач, включающих трассировку геодинамически активных структур в границах горного отвода месторождения, определение кинематических типов активных структур и их связи с ранее картированными геотектоническими нарушениями, а также прогноз степени и характера представляемой геодинамической опасности нарушений при их влиянии на условия отработки месторождения.

Выявлено 11 тектонических нарушений и 12 тектонических блоков III ранга, пересекающих шахтное поле, наличие которых с большей степенью вероятности будет оказывать влияние на устойчивость пород и руд. Поэтому на участках, опасных по горным ударам, при отработке запасов богатых руд следует проводить опережающее образование защищенной зоны бурением разгрузочных скважин в потенциально опасных зонах разломов III ранга, сопровождающихся зонами дробления.

Оценка нарушенности сплошных сульфидных руд и вмещающих пород шахты "Глубокая" позволяет предполагать, что сильная нарушенность пород проявится развитием вложенных структур тектонических нарушений V – VII рангов вблизи тектонических нарушений IV ранга в зонах дробления, что может изменить линию контура выработок локальными вывалами.

Тектонические нарушения II ранга в пределах горного отвода шахты "Глубокая" не пересекают богатые рудные залежи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. ФНиП 06-13. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых" (утв. приказом от 11.12.2013 г. № 599 Ростехнадзора России). — М.: ООО НИИЦ "Недра-XXI", 2015. — 254 с.
- **2.** Руководство по геодинамическому районированию шахтных полей. СПб.: НИИ горной геомеханики и маркшейдерского дела — межотраслевой научный центр ОАО ВНИМИ, 2012.
- 3. Методические указания по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам / А. Н. Шабаров, А. А. Филинков, В. В. Зубков, С. В. Цирель, В. А. Звездкин, А. В. Сучилин, Н. В. Гусева, М. Д. Ильинов, Ю. М. Карташов, А. Т. Карманский, В. А. Коршунов, В. А. Козлов, Т. В. Васильева. СПб.: Санкт-Петерб. горн.ун-т, 2011.
- **4.** Батугина И. М., Петухов И. М. Геодинамическое районирование месторождений при проектировании и эксплуатации рудников. М.: Недра, 1988. 166 с.
- **5.** Ермолов В. А., Ларичев Л. Н., Мосейкин В. В. Геология: учебник для вузов (в двух частях). Ч. 1: Основы геологии. М.: МГГУ, 2004. 598 с.
- **6.** Геодинамическое районирование недр. Методические указания / под ред. И. М. Петухова, И. М. Батугиной.— М.; Л.: ВНИМИ, 1990. 129 с.

- **7. Еременко А. А., Еременко В. А., Гайдин А. П.** Горно-геологические и геомеханические условия разработки железорудных месторождений в Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск: Наука, 2009. 224 с.
- **8.** Сурков В. С., Жеро О. Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. М.: Недра, 1981. 143 с.
- 9. www.goodle.com/maps.
- **10.** Леонтьев А. В. Анализ естественных напряжений по результатам измерений в рудниках на территории северной Евразии // ФТПРПИ. — 2001. — № 1. — С. 31–40.
- 11. Оловянный А. Г., Смирнов В. А., Самородов Б. Н., Марысюк В. П. Моделирование напряженно-деформированного состояния массива в окрестности горных выработок рудника "Скалистый" // Геодинамика и напряженное состояние недр Земли. — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2004. — С. 161–164.
- **12.** Оловянный А. Г., Смирнов В. А. Оценка состояния массива вокруг горных выработок рудника "Скалистый" методом математического моделирования // Добыча и переработка руд Норильского промышленного района. — Норильск: НГГИ, 2005. — С. 31–37.
- 13. Садовский М. А., Болховитинов Л. Г., Богданов М. Н., Писаренко В. Ф. О свойствах дискретности горных пород // Изв. АН СССР. Физика Земли. — 1982.— № 12. — С. 3–18.
- 14. Карелин В. Н., Марысюк В. П., Наговицын Ю. Н., Вильчинский В. Б., Звездкин В. А. Исследования геомеханического состояния рудопородного массива в поле рудника "Скалистый" // Горн. журн.— 2010. № 6. С. 63–65.
- 15. Петухов И. М., Егоров П. В., Скитович В. П., Лоценюк Б. Г. Результаты изучения напряженного состояния нетронутого массива пород на Талнахском и Октябрьском месторождениях // Измерение напряжений в массиве горных пород: сб. тр. Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1976. Ч II. С. 6–9.
- **16.** Указания по безопасному ведению горных работ на Талнахском и Октябрьском месторождениях, склонных и опасных по горным ударам. Норильск, 2015.
- 17. Смирнов А. А., Звездкин В. А., Шабаров А. Н., Самородов Б. Н., Марысюк В. П. Прогноз и обеспечение устойчивости горных выработок на рудниках "ГМК "Норильский Никель" // Горн. журн. 2004. № 12.
- **18.** Хубулов О. Ю., Анушенков А. Н., Артеменко Ю. В., Усков В. А. Увеличение производительности существующих закладочных комплексов на рудниках 3Ф ОАО "ГМК "Норильский никель" за счет модернизации действующих мельниц // Горн. журн. — 2010. — № 6. — С. 85–87.
- **19.** Карелин В. Н., Бадтиев Б. П., Марысюк В. П., Айнбиндер И. И., Аршавский В. В. Исследования влияния параметров камер на устойчивость обнажений массива подработанных вкрапленных руд // Горн. журн.— 2010. № 6. С. 55–57.
- **20.** Тапсиев А. П., Усков В. А. Сравнительная технико-экономическая оценка систем разработки с учетом обогатительного и металлургического переделов на рудниках 3Ф ПАО "ГМК "Норильский никель" // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2016. № 3. Т. 1. С. 201–205.
- 21. Галанов Р. Б., Холичев Е. В., Наговицин Ю. Н., Андреев А. А., Мулев С. Н. Геомеханическая обстановка при разрезке на участке Большой горст рудника "Таймырский" // Горн. журн. 2013. № 2. С. 14–19.

Поступила в редакцию 04/V 2018 После доработки 21/VI 2018 Принята к публикации 29/I 2019