



**ВНИМИ** — это признанная во всем мире научная школа, представленная выдающимися учеными.

Учеными института выполнены научные исследования, составляющие основу новых нормативных документов: инструкции по анкерному креплению в угольных шахтах; инструкции по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам; положение о порядке организации и контроля ведения горных работ в опасных зонах при подземной добыче угля; инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений; инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений склонных и опасных по горным ударам; руководства по геодинамическому районированию шахтных полей. Институтом создано новое поколение автоматизированных геофизических и геомеханических систем и оборудования для контроля напряженно-деформированного состояния горного массива, которое имеет все необходимые сертификаты соответствия и разрешения на применения в горной промышленности.

«Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела — Межотраслевой научный центр ВНИМИ» развивается, имея в своем составе, помимо главного центра в Санкт-Петербурге, филиалы и представительства в основных горнодобывающих регионах России, обеспечивает решение проблем горного производства в области геомеханики, геодинамики, геофизики, гидрогеологии и маркшейдерии.

УДК 622.834.1:622.2

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАЛА



**С. В. МОРИН,**

зав. лабораторией, канд. техн. наук, info@ufvniimi.ru

Уральский филиал АО «ВНИМИ», Екатеринбург, Россия

### Введение

На месторождениях Урала актуальным является обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния горных работ, что отражено в научно-исследовательских работах Уральского филиала ВНИМИ [1–3] и нормативных документах [4–8].

Уральские месторождения характеризуются разнообразием горно-геологических и горнотехнических условий. Увеличение глубины горных работ, вовлечение в отработку запасов со сложным залеганием рудных тел, ужесточение требований к сохранности подрабатываемых объектов и территорий, повышение роли технологического фактора при добыче полезного ископаемого влияют на характер мероприятий при исследовании вопросов сдвига горных пород [9, 10].

Разработка мер по охране сооружений на промплощадках шахт, жилой и промышленной застройки от вредного влияния горных разработок проводится на основе результатов инструментальных наблюдений.

### Методика и результаты исследований

По результатам инструментальных наблюдений Уральского филиала ВНИМИ разработаны мероприятия по снижению степени воздействия горных работ на здания и сооружения технологического комплекса рудника на Малышевском месторождении изумрудов [1]. На месторождении наиболее актуален вопрос охраны ствола шахты «К», расположенного в 100 м от карьера «М» [1, 2]. Результаты инструментальных наблюдений за смещениями ствола шахты «К» (рис. 1) дают представление о блочном характере сдвига околоствольного массива висячем боку крутопадающей рудной залежи. В зоне пересечения ствола с разломом на глубине 175 м отмечены сдвиги в крепи, изгиб проводников и увеличение наклонов. Также наблюдаются сосредоточенные деформации над выходом тектонического нарушения на земной поверхности, где расположено надшахтное здание ствола «К» (см. рис. 1).

В условиях слоевой выемки запасов с гидравлической закладкой выработанного пространства твердеющими смесями оседание устья ствола составило  $\eta_c = 320$  мм. В настоящее время средние скорости оседаний в районе ствола «К» не превышают

Представлены результаты исследований сдвига горных пород и обеспечения безопасной эксплуатации зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния горных разработок на месторождениях Урала. Дана оценка степени воздействия горных работ на здания и сооружения технологического комплекса рудника на Малышевском месторождении изумрудов и на охраняемые объекты промплощадки при отработке рудных тел Гайского подземного рудника.

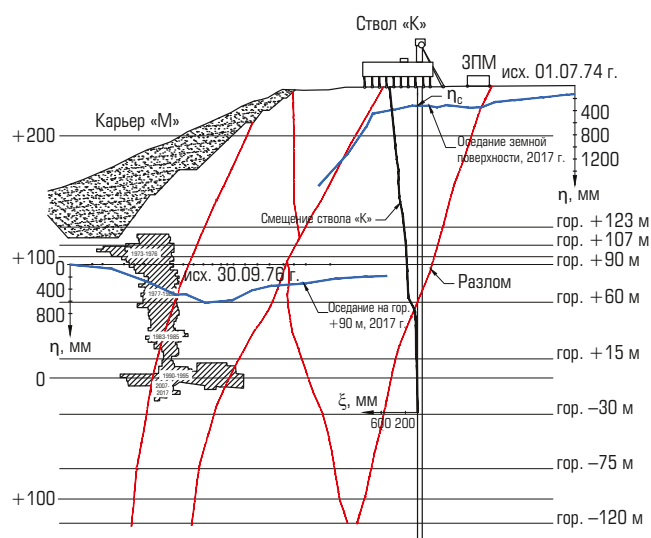
**Ключевые слова:** горные работы, горные породы, сдвигание, оседание, деформации, оценка, здания, сооружения, безопасность, мероприятия.

**DOI:** 10.17580/gzh.2019.09.10

7 мм/год, что обусловлено снижением числа отрабатываемых слоев. В период ведения очистных работ до 1995 г. скорости оседаний достигали 30 мм/год. В соответствии с оценкой Уральского филиала ВНИМИ, показатель состояния ствола «Б»  $= 2(\eta_c/\eta_d)^{0,6}$  [2] не превышает 3,2 балла, при этом наблюдаются деформации на отдельных участках бетонной крепи до глубины 175 м.

Рекомендована дальнейшая эксплуатация ствола «К» и надшахтного здания на основе постоянного инструментального контроля за проявлением сдвигов на поверхности и в околоствольном массиве и принятия своевременных мер защиты от возникших деформаций.

На Гайском медноколчеданном месторождении при доработке запасов под карьером № 1 в лежачем боку мощных рудных тел крутого падения с закладкой выработанного пространства в 2015–2016 гг. возобновились сдвиги и деформации.



**Рис. 1. Результаты инструментальных наблюдений в районе ствола «К» на Малышевском руднике**

В результате некоторые объекты промплощадки рудника, расположенные в 50–100 м от границы карьера, были подвергнуты влиянию горных работ. Деформационный участок выявлен по результатам инструментальных наблюдений в районе шахты «Закладочная», где оседания здания подъемной машины составили 50–120 мм. Сдвигения и деформации на этом участке связаны со снижением устойчивости западного борта карьера под влиянием подземных горных работ до гор. 830 м.

Оценка изменений в развитии процесса сдвижения горных пород и степени воздействия отработки запасов в этажах 830–1310 м на охраняемые объекты Гайского подземного рудника отражена в заключениях специалистов Уральского филиала ВНИМИ. В районе глубоких шахтных стволов ожидаемые оседания менее 10–30 мм и деформации не более 0,5–1,5 мм/м являются допустимыми для их нормальной эксплуатации. Величины деформаций для других существующих и проектируемых объектов промплощадки рудника, по оценкам вышеназванных специалистов, составляют 1,5–3,5 мм/м и не превышают допустимых показателей деформаций.

Исследования показывают, что техногенное воздействие с возникновением опасных деформаций на земной поверхности обусловлено проявлением сдвижений в нарушенном трещиноватом слоистом и блочном массиве, а также при ликвидации и самоликвидации пустот. Геомеханические процессы в подработанном массиве горных пород носят нелинейный характер во времени и в пространстве и приводят к развитию негативных проявлений на участках земной поверхности в местах расположения горных выработок.

В нормативных документах для рудных месторождений [6–9] не представлена методика расчета сдвижений и деформаций земной поверхности, а параметры процесса сдвижения требуют уточнения.

Учитывая специфику отработки рудных тел, предлагается методика оценки деформаций в районе охраняемых объектов на месторождениях руд цветных металлов на основе методов ВНИМИ и его Уральского филиала, разработанных для угольных месторождений [3, 4, 11].

При оценке сдвижений и деформаций земной поверхности учитываются средняя мощность  $m$  и угол падения рудного тела  $\alpha$ , средняя глубина разработки  $H$ , размер полумульды сдвижения  $L$ , размеры рудного тела в крест простирания и по простиранию залежи  $l, l_{пр}$ .

Величину максимального оседания земной поверхности  $\eta_{max}$  при отработке рудного тела с закладкой выработанного пространства определяют по формуле

$$\eta_{max} = K_f m_3 (0,7/H)^{0,5} (0,7/l_{пр}/H)^{0,5}, \quad (1)$$

где  $K_f$  – коэффициент, учитывающий крепость пород,  $K_f = (1 \div 0,03f) = (0,7 \div 0,9)$ ;  $f$  – коэффициент крепости пород,  $f = \sigma_{сж}/10$  ( $\sigma_{сж}$  – средневзвешенное значение прочности пород на сжатие, МПа);  $m_3$  – эффективная мощность, м;  $l, l_{пр}$  – размеры рудного тела в крест простирания и по простиранию, м.

В условиях применения твердеющей закладки:  $m_3 = (0,03 \div 0,05)K_H m$ , а при закладке выработанного пространства породами  $m_3 = (0,2 \div 0,3)K_H m$ , где  $K_H$  коэффициент учитывающий глубину разработки  $H$  при определении  $m$ ,  $K_H = (H/400)^{0,5}$ .

При отработке рудных тел без закладки выработанного пространства при  $f \geq 8, l/H \leq 0,4$  и  $l_{пр}/H \leq 0,4$  максимальное оседание  $\eta_{max}$  определяют по формуле

$$\eta_{max} = 0,7K_{ос} \cos(\alpha - \varphi) m l_{пр}/H^2, \quad (2)$$

где  $K_{ос}$  – коэффициент, учитывающий сближение почвы с кровлей, при  $\alpha \geq 60^\circ K_{ос} = (2 - \alpha/60^\circ)$ ;  $\varphi$  – угол, характеризующий отклонение вектора сдвижения от нормали по падению, при  $\alpha = 60 \div 90^\circ \varphi = 10 \div 30^\circ$ .

При отработке рудного тела крутого падения по горизонтам максимальное оседание  $\eta_{max}$  определяют по формуле (2) при  $l = (h_{эт} - h_{ц})/\sin\alpha$ , где  $h_{эт}$  – высота этажа, равная 40–80 м;  $h_{ц}$  – размер целика, м. В условиях обрушения и перепуска пород оценку  $\eta_{max}$  выполняют от двух этажей при  $l = 2h_{эт}/\sin\alpha$  и  $m_3 = 0,6 m$ .

Максимальную горизонтальную деформацию  $\epsilon_{max}$  рассчитывают по формуле

$$\epsilon_{max} = 1,5\eta_{max}/L. \quad (3)$$

Оседания земной поверхности рекомендуется определять с учетом  $\eta_{max}$  формулы (1), (2) и функции  $S(z)$ ,  $0 \leq z \leq 1$ . Значения функции  $S(z)$  в соответствующих точках полумульды сдвижения определяют аналитически:  $S(z) = 0,35A, A = (z/0,5)^2$ .

Оценку сдвижений и деформаций земной поверхности выполняют по характерным линиям геологических разрезов. При расчетах за окончательные значения сдвижений и деформаций земной поверхности принимают наибольшие из полученных при алгебраическом суммировании соответствующих величин от рудных тел.

На основе предлагаемой методики дано обоснование сохранности зданий г. Учалы при отработке рудной залежи Ново-Учалинского месторождения подземным способом на глубине более 600–800 м с камерной выемкой и закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Максимальное оседание  $\eta_{max}$ , рассчитанное по формуле (1), при  $K_f = 0,7$ ,

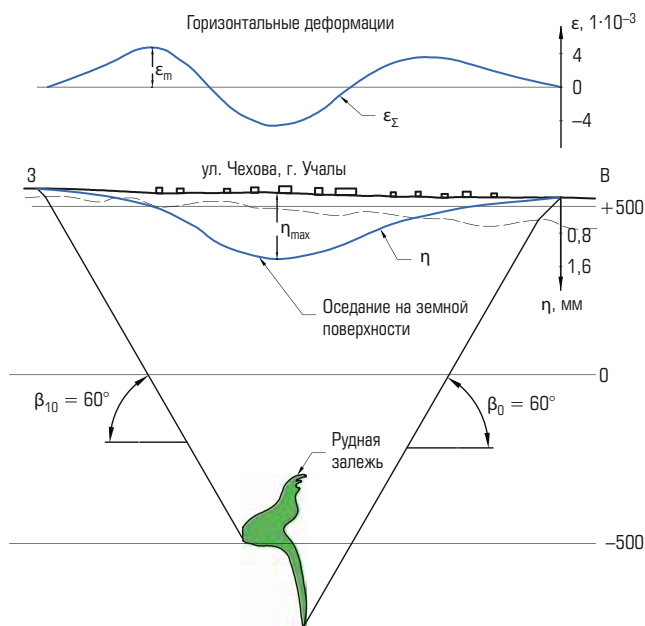


Рис. 2. Результаты оценки оседаний и деформаций земной поверхности на Ново-Учалинском месторождении

$m_3 = 4,2 \div 4,5$  м составляет 1,15–1,55 м, а  $\epsilon_{\max} = 3 \div 4,5$  мм/м. Результаты оценки оседаний и горизонтальных деформаций поверхности показаны на **рис. 2**. Земная поверхность в районе подработки испытывает деформации менее допустимых значений  $\epsilon_d$  для гражданских зданий [4]. На основе результатов инструментальных наблюдений и обследования рекомендованы мероприятия по выполнению ремонтно-восстановительных работ в некоторых зданиях г. Учалы и усилению их конструкций. Для устранения нештатной ситуации развития деформационных процессов в районе подрабатываемых зданий и сооружений предложены горные меры: изменение порядка ведения горных работ, применение мер против развития обрушений, сокращение мощности взрывов.

Негативное техногенное воздействие проявляется при расположении объектов в районе крутопадающих тектонических нарушений. Под влиянием горных работ могут возникнуть сдвиги по плоскости сместителя нарушения, а также наблюдаться динамические проявления горного давления в массиве горных пород. Сдвиги и обрушения пород, как показывает опыт отработки на рудных месторождениях, могут привести к осложнению ведения очистных работ и неустойчивому состоянию горных выработок. Снижение устойчивости камер в отдельных блоках, а также в очистных выработках, где пустоты были локализованы, при наличии влияющих нарушений способствует развитию деформаций в виде уступов и трещин на земной поверхности.

Строительными нормами и правилами охраны не допускается строительство зданий на выходах тектонических нарушений. Для обоснования возможности строительства и дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений необходимы оценка возможных деформаций поверхности и разработка рекомендаций специализированными организациями по применению конструктивных мер защиты, ограничению этажности и размеров зданий и реализация других мероприятий.

В районе выхода крутопадающего нарушения горизонтальную деформацию оценивают с учетом изменения направления вектора сдвига:  $\epsilon_T = h_y \text{ctg} \varphi_T / 10$  м, но не менее  $1,5 \epsilon_{\max}$ , где  $h_y$  – размер уступа,  $h_y = (0,1 \div 0,25) h_{\max}$ ;  $\varphi_T$  – угол наклона вектора сдвига,  $\varphi_T = 35 \div 40^\circ$ ;  $\eta_{\max}$  и  $\epsilon_{\max}$  определяются по формулам (1)–(3).

Под влиянием подземных горных работ возможно изменение состояния подрабатываемого борта карьера с проявлением опасных деформаций в районе охраняемых объектов. Горизонтальные деформации рекомендуется определять с учетом дополнительного проявления сдвига при открытой разработке [3]:

$$\epsilon_c = \epsilon + (K_c - 1) i \text{ctg} \alpha_{c,n}, \quad (4)$$

где  $\epsilon$  – горизонтальные деформации от влияния подземной разработки, мм/м;  $i$  – наклон от влияния подземной разработки, мм/м;  $K_c$  – коэффициент, учитывающий проявление сдвиговых деформаций;  $\alpha_{c,n}$  – средний угол наклона наиболее слабой поверхности скольжения на рассматриваемом участке подрабатываемого борта, градус.

Величина коэффициента  $K_c$  зависит от степени устойчивости прибортового массива, характеризуемой коэффициентом запаса  $l$ . Учитывая реальные условия и результаты оценки устойчивости

подрабатываемого борта карьера, принимаем  $K_c = 1,2 \div 1,3$ ,  $\alpha_{c,n} = 30 \div 35^\circ$ , тогда дополнительная деформация в соответствии с формулой (4) составит:  $(K_c - 1) i \text{ctg} \alpha_{c,n} = (0,2 \div 0,3) i$ . С учетом формулы (3) при  $i_{\max} = 2 \eta_{\max} / L$ :  $\epsilon_c \leq \epsilon_{\max} + (0,2 \div 0,5) i_{\max} \leq (1,3 \div 1,7) \epsilon_{\max}$ .

В лежачем боку рудных залежей может быть выделена область сдвигов и сползаний. Размер этой зоны в массиве при наличии неустойчивых пород лежачего бока возрастает. Предлагается расстояние от рудного тела до границы зоны опасного влияния очистных работ на проектируемом горизонте определять с учетом коэффициента крепости  $f_n$  пород лежачего бока залежи и глубины горизонта  $H$ :

$$a = (0,4 / f_n) H. \quad (5)$$

В соответствии с формулой (5), при наличии метасоматитов, глинистых сланцев  $a = 0,07H$ , а в неустойчивых породах лежачего бока ( $f_n = 4$ )  $a = 0,01H$ . При глубине разработки  $H \geq (400 \div 600)$  м и устойчивых породах лежачего бока  $a = 0,03H$ .

При крутом падении рудных тел ( $\alpha \geq 60 \div 65^\circ$ ) граница опасного влияния очистных работ на горизонте со стороны лежачего бока может быть определена из геометрических соотношений параметров:

$$a = h_{gr} (\text{ctg} \beta_1 - \text{ctg} \alpha), \quad \beta_1 \leq \alpha. \quad (6)$$

На меднорудных месторождениях Урала при  $f_n \geq 6$  угол сдвига  $\beta_1 = 55 \div 65^\circ$  [5, 6].

Капитальные горные выработки в лежачем боку должны отстоять от границы, определяемой по формулам (5), (6), с учетом ширины предохранительной бермы 5–10 м [5, 6], что обеспечит безопасность нормальной их эксплуатации на весь срок службы.

Закрытие в прошлом старых шахт мелкого заложения существенно сказывается на изменении окружающей среды. С закрытием шахт и затоплением горных выработок на застроенных и прилегающих территориях ситуация изменяется кардинально. Возникновение провалов и провальных явлений на золоторудных месторождениях Урала в районе выхода на поверхность рудных тел, даек и жил имеет массовый характер. Число провалов, как показывают результаты обследования подработанных и застроенных территорий в городах Березовский и Пласт, возрастает по мере реализации пустот в массиве.

Особенно опасны обрушения пород и провалы, которые, как правило, появляются на земной поверхности внезапно в районе выходов рудных тел крутого падения. Провалы вызывают повреждение зданий и сооружений.

Например, под пятиэтажным домом по ул. Гагарина, 11 в г. Березовский образовался провал глубиной 2,5 м, размер которого составил в плане 6×5 м. Здание было построено над стволом бывшей шахты Р-79, разрабатывающей красичную жилу на глубине 32 м.

Рядом с колокольной церкви Во имя Успения Пресвятой Богородицы в г. Березовский в районе выхода на поверхность дайки «Цветная» образовался провал, который неоднократно активизировался. В результате был поврежден фундамент и появились трещины в несущих стенах пятиэтажного дома и в здании церкви. В районе этих зданий специалисты Уральского филиала

АО «ВНИМИ» проводили инструментальные наблюдения. По результатам наблюдений и обследования зданий были выданы рекомендации по их безопасной эксплуатации.

Основной причиной образования провалов в виде воронок обрушения на подработанных территориях является самоликвидация различного рода пустот, оставленных в массиве горных пород. Пустоты в необрушенных горных выработках на верхних горизонтах (штреках, квершлагах, уклонах, штольнях), а также перекрытых шурфах и шахтных стволах сохраняются длительное время. В последующий период в результате нарушения устойчивости крепи и перекрытий, а также под воздействием ряда других факторов спустя несколько десятилетий над ними появляются провалы диаметром от 1–3 до 5–7 м. В опасных зонах радиусом 10–15 м над устьями старых шахт и шурфов, где возможно образования провала, расположение зданий не рекомендуется.

При расположении объектов строительства на Березовском золоторудном месторождении необходимо учитывать сведения о провалах, наличии старых горных выработок до глубины 30 м и состоянии современных горных работ, а также результаты геофизических исследований в плане наличия областей дезинтеграции и пустот в массиве горных пород.

С изменением гидрогеологических условий, при наличии влияющих тектонических нарушений и сейсмических воздействиях на

массив снижается устойчивость горных выработок. При этом увеличиваются риски возникновения провалов и проявления дополнительных деформаций на земной поверхности. По результатам оценки для конкретного участка застройки в соответствии с имеющейся информацией определяют степень воздействия сдвижений и деформаций на здания и сооружения, располагаемые в зоне влияния горных выработок. Выполняют сравнение рассчитываемых деформаций при отработке рудных тел с допустимыми деформациями для охраняемых объектов [4, 6, 7, 12–19].

### Заключение

Предлагаемые зависимости для оценки влияния горных выработок на земную поверхность и объекты, располагаемые на подработанных территориях рудных месторождений Урала, позволяют достаточно правильно рассчитать степень возможного влияния горных работ на здания и сооружения, а также назначить меры по их защите от дополнительных сдвижений и деформаций земной поверхности.

Эффективная отработка запасов вблизи зданий и сооружений при условии обеспечения их безопасной эксплуатации требует привлечения результатов исследования процесса сдвижения горных пород, совершенствования методов расчета сдвижений и деформаций земной поверхности, оценки состояния охраняемых объектов и принятия соответствующих мер по их защите.

### Библиографический список

1. Самарин В. П., Барсуков И. В., Морин С. В. Маркшейдерское обеспечение безопасности разработки Малышевского месторождения изумрудов // Безопасность труда в промышленности. 2005. № 7. С. 14–16.
2. Барсуков И. В., Морин С. В., Самарин В. П. Оценка геомеханического состояния подработанного массива на основе инструментальных наблюдений для поддержания эксплуатационной способности охраняемых объектов на месторождениях Урала // Горная геомеханика и маркшейдерское дело : сб. науч. тр. – СПб. : ВНИМИ, 2009. С. 204–210.
3. Морин С. В., Барсуков И. В. Оценка геомеханического состояния массива горных пород для предотвращения опасных проявлений сдвижений и деформаций при комбинированном способе добычи угля // Известия вузов. Горный журнал. 2005. № 3. С. 27–32.
4. ПБ 07-269–98. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб. : ВНИМИ, 1998. – 291 с.
5. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ при разработке меднорудных месторождений Урала. – М. : Министерство цветной металлургии СССР, 1978. – 42 с.
6. Кузнецов М. А., Громов В. В., Кузнецова Е. И., Зеленцов С. Н., Лукин Г. П. Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок месторождений руд цветных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород. – Л., 1986. – 76 с.
7. Указания по охране объектов и горных выработок от вредного влияния подземных разработок на Березовском золоторудном месторождении Урала. – Иркутск, 1986. – 58 с.
8. Временные правила охраны сооружений, природных объектов и горных выработок от вредного влияния подземных горных разработок на золоторудных месторождениях. – Иркутск : ОАО «Иргиредмет», 1996. – 76 с.
9. Трофимов А. В., Вильчинская О. В., Бреус К. Э., Амосов И. В. Комплексное изучение физико-механических свойств горных пород современными методами и средствами для оптимизации процессов горно-металлургического производства // Цветные металлы. 2014. № 9. С. 16–23.
10. Cheskidov V. V., Lipina A. V., Melnichenko I. A. Integrated monitoring of engineering structures in mining // Eurasian Mining. 2018. No. 2. P. 18–21. DOI: 10.17580/em.2018.02.05
11. Акимов А. Г., Громов В. В., Бошнятов Е. В., Зеленцов С. Н., Кузнецова Е. И. и др. Геомеханические аспекты сдвижения горных пород при подземной разработке угольных и рудных месторождений. – СПб., 2003. – 166 с.
12. Кузнецов М. А., Акимов М. Г., Кузьмин В. И. и др. Сдвижение горных пород на рудных месторождениях. – М. : Недра, 1971. – 224 с.
13. Кратч Г. Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений. – М. : Недра, 1978. – 494 с.
14. Панжин А. А., Сашури А. Д., Панжина Н. А., Ефремов Е. Ю. Опыт организации деформированного мониторинга земной поверхности на меднорудных месторождениях // Горный вестник Узбекистана. 2017. № 4(71). С. 35–43.
15. Мухамедгалыев А. Ф., Имансакипова Б. Б., Байгуриун Ж. Д., Милев И. Определение сдвижения земной поверхности с использованием радиолокационной интерферометрии // Горный журнал. 2015. № 4. С. 76–81. DOI: 10.17580/gzh.2015.04.14
16. Aydan Ö., Ulusay R., Tokashiki N. A New Rock Mass Quality Rating System: Rock Mass Quality Rating (RMQR) and Its Application to the Estimation of Geomechanical Characteristics of Rock Masses // Rock Mechanics and Rock Engineering. 2014. Vol. 47. Iss. 4. P. 1255–1276.
17. Cheskidov V. V., Lipina A. V., Melnichenko I. A. Integrated monitoring of engineering structures in mining // Eurasian Mining. 2018. No. 2. P. 26–31. DOI: 10.17580/em.2018.02.05
18. Guo G.-L., Zhu X.-J., Zha J.-F., Wang Q. Subsidence prediction method based on equivalent mining height theory for solid backfilling mining // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. 2014. Vol. 24. Iss. 10. P. 3302–3308.
19. Kaizong Xia, Congxin Chen, Hua Fu, Yucang Pan, Yangyang Deng. Mining-induced ground deformation in tectonic stress metal mines: A case study // Engineering Geology. 2016. Vol. 210. P. 212–230 **ГЖ**

**Safe operation of buildings and structures at ore deposits in the Ural****Information about author**S. V. Morin<sup>1</sup>, Head of Laboratory, Candidate of Engineering Sciences, info@ufvniimi.ru<sup>1</sup>Ural Division, VNIMI, Yekaterinburg, Russia**Abstract**

The article presents the research data on rock movement and safe operation of buildings and structures in the influence zones of mineral mining in the Ural. The influence exerted by mining operations on the buildings and structures of the processing infrastructure at the Malyshev emerald deposit and on the guarded objects on the ground surface above the Gaya Mine is estimated.

The author proposes the assessment procedure for stresses and strains on the ground surface in the area of guarded objects in the territories of base metal ore deposits. The procedure enables determining the maximum subsidence and displacements in downfolds, as well as horizontal deformations and tilting with regard to the applied systems of mining with backfill and caving, and with allowance for steeply dipping faults or open pit mines. Based on the calculations by the proposed procedure, safety of buildings is evaluated in the town of Uchaly subject to underground mining of the Novo-Uchaly deposit. Considering the instrumental monitoring and estimation of displacements and deformation of the ground surface, precautionary measures for civic buildings are prescribed.

The spacing of ore body and boundary of dangerous stoping zone on a mine level is recommended to be determined with regard to the rock hardness ratio if the dip angle of tectonic faults is less than 60° and from the geometrical correlation of parameters with allowance for angles of displacements and dip of the ore body in case that faults have dip angles more than 60°.

Deformation potential on construction sites above old underground excavations is evaluated. The recommendations on construction of residential and industrial buildings in the undermined areas are developed subject to the presence of voids in rock mass as well as depending on the rate of displacements and deformations on the ground surface.

**Keywords:** mining operations, rocks, displacement, subsidence, deformations, evaluation, buildings, structures, safety, measures.

**References**

- Samarin V. P., Barsukov I. V., Morin S. V. Surveying to ensure safety of mining at the Malyshev emerald deposit. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2005. No. 7. pp. 14–16.
- Barsukov I. V., Morin S. V., Samarin V. P. Geomechanical assessment of undermined rock mass based on instrumental monitoring data to maintain operability of guarded objects at mineral deposits in the Ural. *Mining geomechanics and mine surveying: collection of scientific proceedings*. Saint-Petersburg: VNIMI, 2009. pp. 204–210.
- Morin S. V., Barsukov I. V. Geomechanical assessment of rock mass to prevent hazardous displacements and strains in hybrid coal mining. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*. 2005. No. 3. pp. 27–32.
- PB 07–269–98. Safety rules for structures and natural objects to be protected from hazardous influence of underground coal mining. Saint-Petersburg: VNIMI, 1998. 291 p.
- Guidance on conservation of constructions and natural objects from harmful impact of underground mining during copper-ore deposits mining in the Urals. Moscow: Ministerstvo tsvetnoy metallurgii SSSR, 1978. 42 p.
- Kuznetsov M. A., Gromov V. V., Kuznetsova E. I., Zelentsov S. N., Lukin G. P. Temporal safety regulations to protect structures and natural objects from impact of underground mining of base metal ores during unstudied process of movement in rocks. Leningrad, 1986. 76 p.
- Instructions to protect objects and excavations from harmful influence of underground mining at the Berezovsky gold deposit in the Ural. Irkutsk, 1986. 58 p.
- Temporal regulations to protect structures, natural objects and excavations from impact of underground mining at gold deposits. Irkutsk: Irgridmet, 1996. 76 p.
- Trofimov A. V., Vilchinskaya O. V., Breus K. E., Amosov I. V. Comprehensive study of physical and mechanical properties of rocks by modern methods and means for optimisation of mining and metallurgical operations. *Tsvetnye Metally*. 2014. No. 9. pp. 16–23.
- Cheskidov V. V., Lipina A. V., Melnichenko I. A. Integrated monitoring of engineering structures in mining. *Eurasian Mining*. 2018. No. 2. pp. 18–21. DOI: 10.17580/em.2018.02.05
- Akimov A. G., Gromov V. V., Boshenyatov E. V., Zelentsov S. N., Kuznetsova E. I. et al. Geomechanical aspects of rock movement in underground mining of coal and ore. Saint-Petersburg, 2003. 166 p.
- Kuznetsov M. A., Akimov M. G., Kuzmin V. I. et al. Rock movement at ore deposits. Moscow: Nedra, 1971. 224 p.
- Kratch G. Rocks Movement and Protection of Anthropogenic Structures. Moscow: Nedra, 1978. 494 p.
- Panzhin A. A., Sashurin A. D., Panzhina N. A., Efremov E. Yu. Practice of ground surface deformation monitoring at copper ore deposits. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2017. No. 4(71). pp. 35–43.
- Mukhamedgaliev A. F., Imansakipova B. B., Baigurin Zh. D., Milev I. Radar interferometry for monitoring ground subsidence. *Gornyi Zhurnal*. 2015. No. 4. pp. 76–81. DOI: 10.17580/gzh.2015.04.14
- Aydan Ö., Ulusay R., Tokashiki N. A New Rock Mass Quality Rating System: Rock Mass Quality Rating (RMQR) and Its Application to the Estimation of Geomechanical Characteristics of Rock Masses. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2014. Vol. 47, Iss. 4. pp. 1255–1276.
- Cheskidov V. V., Lipina A. V., Melnichenko I. A. Integrated monitoring of engineering structures in mining // *Eurasian Mining*. 2018. No. 2. P. 26–31. DOI: 10.17580/em.2018.02.05
- Guo G.-L., Zhu X.-J., Zha J.-F., Wang Q. Subsidence prediction method based on equivalent mining height theory for solid backfilling mining. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2014. Vol. 24, Iss. 10. pp. 3302–3308.
- Kaizong Xia, Congxin Chen, Hua Fu, Yucong Pan, Yangyang Deng. Mining-induced ground deformation in tectonic stress metal mines: A case study. *Engineering Geology*. 2016. Vol. 210. pp. 212–230.

**ПОРТАТИВНЫЙ ПРИБОР СБ-32М (САПФИР)**

**Портативный прибор СБ-32М (Сапфир)** регистрации импульсных упругих колебаний, излучаемых в процессе необратимого деформирования горных пород (процесс акустической эмиссии). Полученные показатели используются для определения удароопасности и напряженности участков массива.

Наименование параметров	Значение
<b>Входные сигналы</b>	
Диапазон частот аналогового тракта, кГц	10÷40
Коэффициент усиления (с предусилителем датчика), Дб	20÷80
Частота среза фильтра ФВЧ, кГц	10
<b>Каналы амплитудного распределения</b>	
Количество каналов амплитудного разделения	2
Амплитудные уровни, мВ	100; 200
<b>Отображение информации</b>	
Жидкокристаллический символьный дисплей с включаемой подсветкой	
<b>Рабочие условия</b>	
Температура окружающей среды, °С	+5÷+35
<b>Питание</b>	
От аккумулятора напряжением, В	4,8
<b>Физические данные</b>	
Размер, мм	200×100×40
Масса, кг	2,0

РЕКЛАМА