УДК 622.831

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНОЙ КРЕПИ В УСЛОВИЯХ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗОНАЛЬНОЙ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ПОРОД ВОКРУГ ВЫРАБОТОК

М.А.РОЗЕНБАУМ, *д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией, dav886@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия
Б.П.БАДТИЕВ, *д-р техн. наук, заместитель директора департамента горнорудного производства, B.badtiev@metalloinvest.com*
ООО Управляющая компания «Металлоинвест», Москва, Россия

Явление зональной дезинтеграции горных пород обнаружено сравнительно недавно при изучении поведения массива горных пород вокруг подземных выработок на большой глубине. Основным элементом наблюдаемой структуры является система концентрических трещин, параллельных контуру выработки.

Приведены методики и расчетные формулы определения параметров анкерной крепи горных выработок, пройденных в предельно-напряженном массиве пород на больших глубинах в условиях проявления зональной дезинтеграции пород вокруг выработок.

***Ключевые слова*:** анкерная крепь, зональная дезинтеграция пород, большие глубины, несущий слой, блочный массив.

Явление зональной дезинтеграции горных пород обнаружено сравнительно недавно при изучении поведения массива горных пород вокруг подземных выработок на большой глубине [4, 5, 13]. Большая часть известных экспериментов [9, 11, 12] относится к горным выработкам рудников «Октябрьский» и «Таймырский» Норильского горно-металлургического комбината, расположенным на глубине 800-1050 м. В работах отмечается особый характер разрушения пород вокруг этих выработок, заключающийся в том, что области раздробленных и ненарушенных пород формируются в чередующиеся зоны с границами, геометрически подобными контуру выработок. Зональная структура разрушения установлена многочисленными натурными измерениями, выполненными электрометрическим методом, подтверждена визуальными наблюдениями и лабораторными экспериментами, моделирующими условия больших глубин [6, 8, 10].

Основным элементом наблюдаемой структуры является система концентрических трещин, параллельных контуру выработки. К этим трещинам с внешней по отношению к выработке стороне примыкают области дезинтегрированной породы, сменяющиеся слоями слабо нарушенных пород.

Исследования [1] показали, что вследствие проявления зональной дезинтеграции пород вокруг выработок, блочный массив на расстоянии от контура выработки 712 м можно рассматривать как слоистый трещиноватый массив с толщиной слоев от 0,6-0,8 до 1,2-1,5 м и более.

Для поддержания выработок в эксплуатационном состоянии после образования вокруг них зон дезинтеграции необходимо обеспечить устойчивость их кровли и боков крепью с такими параметрами, чтобы особо нарушенные области пород между зонами дезинтеграции сохраняли устойчивость при реальных пролетах выработок и сложившейся горно-геомеханической обстановке. Таким образом, поддержание выработок в условиях зональной дезинтеграции пород значительно отличается от обычных. В случае зональной дезинтеграции мы по существу имеем дело не со сплошным, а со слоистым массивом; при этом расчет устойчивости выработок, в кровле которых образовались слои пород, также должен отличаться от расчета устойчивости кровли, сложенной крупноблочными породами.

Условно выделенная в слабонарушенных породах с учетом первой зоны дезинтеграции слоистая балка при пролете B обеспечит устойчивость кровли выработки при условии

$$B = \sqrt{\frac{8R_{ин}h_э^2}{3\gamma_{пр}h_н}}, \quad (1)$$

где $R_{ин}$ – прочность на изгиб несущего слоя, МПа; $h_э$ – эквивалентная мощность кровли, представленной материалом несущего слоя, м; $\gamma_{пр}$ – средневзвешенный объемный вес всей пачки рассчитываемых слоев; $h_н$ – фактическая мощность неоднородной пачки, состоящей из n слоев.

Как показали исследования [2], размеры слоев, образовавшиеся при зональной дезинтеграции, практически исключают применение анкерной крепи, работающей по принципу «подвески» сравнительно слабых слоев к более крепкому слою, и обеспечение устойчивости выработки может быть достигнуто путем формирования с помощью анкерной крепи несущего слоя определенной мощности.

По заданной ширине выработки арочного сечения B путем преобразования формулы (1) получена формула для определения мощности несущего слоя пород, который необходимо скрепить железобетонной или сталеполимерной анкерной крепью:

$$m_{н.с} = 0{,}8\sqrt{\frac{4B^2\gamma_1 K_г K_у K_п}{R_с K_{зап}}}, \quad (2)$$

где B – фактическая ширина выработки, м; γ_1 – объемный вес пород; $K_г$ – коэффициент глубины, $K_г = \lambda\gamma_1 H/R_с$; $K_у$ – коэффициент упрочнения пород за счет анкерования; $K_п$ – коэффициент пригрузки; $K_{зап}$ – коэффициент запаса; H – глубина расположения выработки, м; $R_с$ – прочность пород в образце на сжатие, МПа.

Перед тем как производить расчеты по формуле (2) необходимо представить расчетную схему и выбрать значения коэффициентов, входящих в эту формулу.

Коэффициент глубины. В этой формуле λ – коэффициент концентрации напряжений. Как показали исследования, для возникновения зональной дезинтеграции коэффициент концентрации должен быть не менее 1,2-2,5. При возникновении этого явления в момент проведения выработки принимаем $\lambda = 1{,}2 \div 1{,}5$; при проявлении этого явления во времени в результате пригрузки в зоне опорного давления коэффициент λ следует принимать равным 2,0-2,5.

Коэффициент упрочнения пород за счет анкерования. Как показали исследования [1], $K_у$ при установке анкерной крепи нормально к напластованию следует принимать равным 1,4, при установке анкеров, попарно пересекающихся под углом 45-60° к напластованию, $K_у = 1{,}7$.

Коэффициент пригрузки. Развивая идею гипотезы балок, Г.Н.Кузнецов исследовал экспериментально величину пригрузки нижнего слоя кровли [7]. Опыты осуществлялись на моделях из эквивалентных материалов и были направлены на определение давления, испытываемого нижним слоем со стороны вышележащих слоев. Величина такого давления оценивалась коэффициентом пригрузки по формуле

$$K_п = \frac{q_п}{\gamma h_o},$$

где $q_п$ – интенсивность давления, передаваемого на нижний несущий слой; h_o – мощность несущего слоя; γ – объемный вес материала несущего слоя.

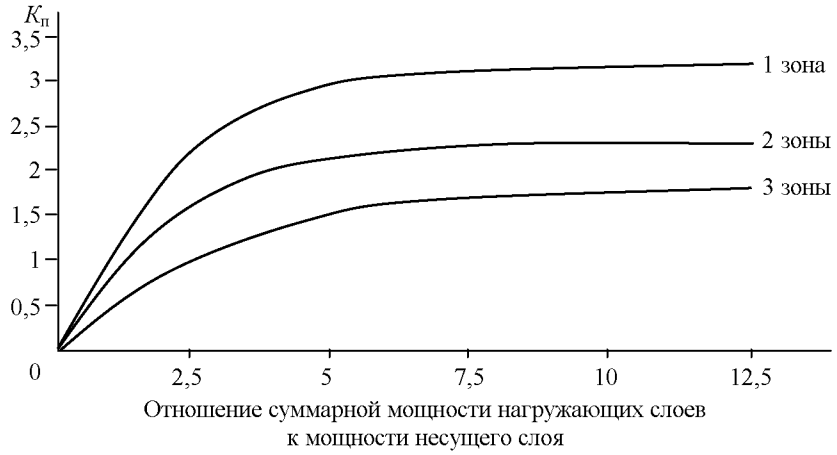


Рис.1. Значения коэффициентов пригрузки на несущий слой кровли со стороны вышележащих слоев [7]

Как показали опыты [3, 7], с увеличением суммарной мощности нагружающих слоев $\sum h_i$ коэффициент пригрузки постепенно возрастает до определенного значения, а затем при $\sum \frac{h_i}{h_o}$ практически остается постоянным. Чем меньше значение h_o, тем больше значение $K_п$.

На рис.1. представлены зависимости значения $K_п$ от количества зон дезинтеграции, полученные на моделях [7].

Значения коэффициентов пригрузки на несущий слой кровли со стороны вышележащих слоев по [7]

Как видно, с изменением $\sum \frac{h_i}{h_o}$ коэффициент пригрузки увеличивается от 0,5 при формировании одной зоны до 3,1 при формировании двух до 2,3 и трех зон до 1,7.

Коэффициент запаса. Как известно, прочность руд и пород в массиве зависит от густоты трещин, направления действующего усилия по отношению к плоскости трещин, свойств минерала-заполнителя трещин и т.д.

Ослабление прочности пород в массиве по сравнению с прочностью породы в образце характеризуется коэффициентом структурного ослабления $K_с$, равным частному от деления показателя прочности в массиве на соответствующий показатель прочности в образце. Например, при одноосном сжатии

$$K_с = \frac{\sigma_{сж}^{м}}{\sigma_{сж}^{о}}.$$

Ориентировочные значения коэффициента структурного ослабления $K_с$ в зависимости от угла $\alpha_т$ между плоскостью трещин и направлением приложенной нагрузки и от густоты трещин, полученные в результате натурных и лабораторных испытаний, приведены в таблице.

Значение коэффициента $K_с$

Число трещин на 1м	$\alpha_т$, град		
	0-20; 50-90	20-30	30-50
4	0,50-0,60	0,35-0,50	0,30-0,35
4-10	0,35-0,40	0,30-0,35	0,25-0,30
10-20	0,30-0,35	0,25-0,30	0,20-0,25

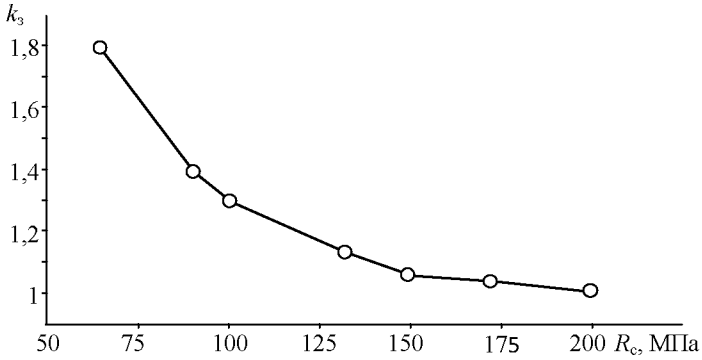


Рис.2. Значения коэффициента запаса для пород различной прочности

Однако при использовании значений прочности для расчета устойчивости кровли полученных данных недостаточно. Все величины, характеризующие механические свойства пород как в образце, так и в массиве, получены при действии статической нагрузки, возрастающей постепенно без толчков, ударов, перемены знака и т.д. На практике в целом ряде случаев приходится иметь дело с действием именно таких нагрузок.

Коэффициент запаса необходимо выбирать с таким расчетом, чтобы был обеспечен известный запас против проявления опасного состояния материала. Обработка данных по испытанию горных пород Талнахского рудного узла в различных режимах нагружения позволила установить общие значения коэффициента запаса по отношению к пределу прочности породы на одноосное сжатие. На рис.2 приведены значения $K_з$ для пород Талнахского рудного узла при значении предела прочности на одноосное сжатие. Как видно с увеличением прочности пород с 60 до 200 МПа коэффициент запаса уменьшается с 1,8 до 1,0.

После выбора коэффициентов необходимо определить средневзвешенную прочность породы на сжатие по формуле

$$R_{\text{с}} = (R_{\max} + R_{\min})/2,$$

где $R_{\max}$ и $R_{\min}$ – максимальное и минимальное сопротивление пород на одноосное сжатие в кровле на высоту $B/2$.

Длину анкера принимаем равной сумме мощности несущего слоя и длины выступающей в выработку части, т.е. $l_{\text{а}} = m_{\text{н.с}} + l_{\text{в}}$.

После определения мощности несущего слоя и длины анкеров задают расстояния между рядами анкеров в диапазоне 0,5-1,0 м и по номограмме (рис.3) определяют сопротивление анкерной крепи $P_{\text{а.к}}$ в зависимости от соотношения $B/m_{\text{н.с}}$ и принимают расстояние между рядами анкеров $C_{\text{к}}$.

После расчета необходимого сопротивления анкерной крепи определяют фактический периметр свода, считая, что с некоторым приближением он равен длине полуокружности, диаметр которой равен расстоянию между пятами свода B_1:

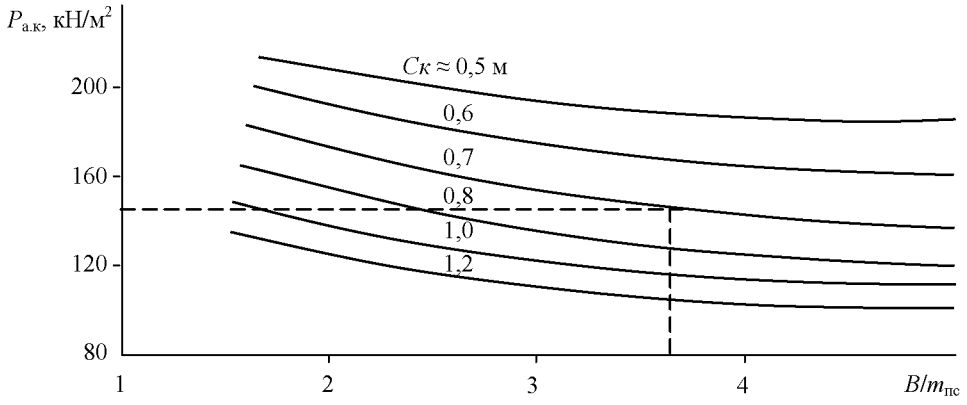


Рис.3. Номограмма по определению сопротивления анкерной крепи

$$L_{\text{с.в}} = \pi B_1/2\,,$$

где $L_{\text{с.в}}$ – фактический периметр свода выработки.

Требуемое количество анкеров в ряду рассчитывается по формуле

$$\text{П}_{\text{к}} = \frac{P_{\text{а.к}} L_{\text{с.в}} + C_{\text{к}}}{N_{\text{а}}} + \frac{2h_1}{C_{\text{к}}},$$

где h_1 – расстояние от почвы выработки до пяты свода; $N_{\text{а}}$ – несущая способность анкера, для железобетонных анкеров $N_{\text{а}} \le 60$ кН, для сталеполимерных $N_{\text{а}} \ge 130$ кН.

Пример расчета параметров железобетонных анкеров для конкретных условий рудника «Октябрьский». Выработка – грузовой квершлаг. Исходные данные для расчета: форма сечения выработки арочная, ширина выработки между пятами свода 5,5 м; объемный вес пород $\gamma = 3{,}0$ т/м^3; выработка находится вне зоны опорного давления в условиях проявления зональной дезинтеграции с образование трех зон дезинтеграции, глубина работ 950 м. Анкеры устанавливают нормально к напластованию и к поверхности выработки. Средневзвешенная прочность пород 90 МПа.

Принимаем схему работы кровли аналогично арке с жесткой заделкой в пятах свода.

Определим значения коэффициентов, входящих в формулу (2).

1) коэффициент глубины $K_{\text{г}} = \lambda\gamma_1 H / R_{\text{с}}$, при $\lambda = 2{,}5$ $K_{\text{г}} = 2{,}5 \cdot 3 \cdot 950/9000 = 0{,}8$;

2) так как анкера располагают нормально к напластованию, $K_{\text{у}} = 1{,}4$;

3) при условии формирования трех зон дезинтеграции в соответствии с графиком (см. рис.1) выбираем $K_{\text{п}} = 3{,}0$.

4) по прочности породы из графика (см. рис.2) выбираем коэффициент запаса $K_{\text{з}} = 1{,}35$.

Рассчитаем мощность несущего слоя, который необходимо скрепить железобетонными анкерами, чтобы обеспечить устойчивость выработки:

$$m_{\text{н.с}} = 0{,}9\sqrt{\frac{4 \cdot 5{,}5^2 \cdot 3{,}0 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}7}{90 \cdot 1{,}35}} \approx 2{,}0 \text{ м};$$

$$l_{\text{а}} = 2{,}0 + 0{,}15 \approx 2{,}2 \text{ м}.$$

Расстояние между рядами анкеров принимаем 0,7 м. По номограмме (см. рис.3) находим сопротивление анкерной крепи $P_{\text{а.к}} = 200$ кН.

Определяем фактический периметр свода $L_{\text{с.в}} = \pi 5{,}5/2 = 8{,}6$ м. Расстояние от почвы выработки до пяты свода $h_1 = 2{,}0$ м. Тогда требуемое количество анкеров в ряду для крепления свода

$$\text{П}_{\text{к.св}} = \frac{200 \cdot 8{,}6 \cdot 0{,}7}{60} = 20\,.$$

При креплении боков выработки анкера устанавливаем по той же сетке, что и при креплении свода, тогда для крепления стенок необходимо $\text{П}_{\text{ст}} = 2 \cdot 2/0{,}7 \approx 6$ анкеров.

Общее количество анкеров в ряду для крепления выработки сечением $S = 19$ м^2 по сетке $0{,}7 \times 0{,}7$ равно 26.

Выводы

1. В результате проявления зональной дезинтеграции пород вокруг выработки формируется квазислоистый массив, состоящий из чередующихся слоев разрушенных и ненарушенных пород, при этом размеры образовавшихся слоев и зон практически исключают

применение анкерной крепи, работающей по принципу «подвески». Вследствие этого устойчивость выработок может быть обеспечена путем формирования с помощью анкерной крепи несущего слоя пород принятой мощности.

2. Разработана методика определения параметров анкерной крепи горных выработок при проявлении зональной дезинтеграции пород, включающая определение скрепляемой анкерами мощности несущего слоя, длины анкеров, их количества и плотности установки в выработке в зависимости от глубины работ, количества образовавшихся зон, прочности пород на одноосное сжатие и ширины выработок.

3. Установлены значения коэффициента запаса, принимаемого при расчете несущего слоя породы по отношению к пределу ее прочности на одноосное сжатие, при этом с увеличением прочности породы с 60 до 200 МПа коэффициент запаса уменьшается с 1,80 до 1,04.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бадтиев Б.П.* Обоснование и разработка технических решений по обеспечению устойчивости подготовительных выработок в предельно-напряженном блочном массиве рудников Талнаха: Автореф. дис…канд. техн. наук / Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела. СПб, 2001. 19 с.

2. *Бадтиев Б.П.* Научные основы крепления горных выработок при разработке блочных рудных массивов на больших глубинах / Б.П.Бадтиев, М.А.Розенбаум. Норильск, 2010. 239 с.

3. *Бублик Ф.П.* Методическое пособие по определению основных параметров систем разработки с короткими забоями для пологих пластов Кузбасса / Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела. Л., 1965. 83 с.

4. *Глушихин Ф.П.* Особенности разрушения горных пород на больших глубинах / Ф.П.Глушихин, М.А.Розенбаум, В.Н.Рева // Свойства горного массива и управление его состоянием: Сборник научных трудов / Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела. СПб, 1991. С.199-204.

5. Зональная дезинтеграция горных пород вокруг подземных выработок. Ч.3. Теоретические представления / Е.И.Шемякин, Г.Л.Фисенко, М.В.Курленя и др. // Физико-технические проблемы разработки подземных ископаемых. 1987. № 1. С. 3-8.

6. Зональная дезинтеграция породы вокруг горных выработок на больших глубинах / Э.А.Тропп, М.А.Розенбаум, В.Н.Рева, Ф.П.Глушихин; Физико-технический институт им А.Ф.Иоффе Академии наук СССР. Препринт 976. Л., 1985. 33 с.

7. Изучение проявлений горного давления на моделях / Г.Н.Кузнецов, М.Н.Будько, А.А.Филиппова, М.Ф.Шклярский. М.: Углетехиздат, 1959. 260 с.

8. *Кузнецов Ю.С.* Исследование влияния горногеологических факторов на проведение и поддержание капитальных выработок глубоких горизонтов Октябрьского и Талнахского месторождений: Автореф. дис…канд. техн. наук. Л., 1977. 19 с.

9. *Макаров В.В.* О зональном деформировании горных пород вокруг одиночных капитальных выработок // Механика подземных сооружений: Сборник научных трудов / Тульский политехнический институт. Тула, 1995. С.92-96.

10. *Опарин В.Н.* О некоторых закономерностях в напряженно-деформированном состоянии окрестностей горных выработок / В.Н.Опарин, И.Я.Елисоветский // Геофизические методы контроля напряжений в горных породах: Сборник научных трудов / Институт горного дела Сибирского отделения Академии наук СССР. Новосибирск, 1980. С.26-32.

11. *Шемякин Е.И.* Зональная дезинтеграция горных пород вокруг подземных выработок. Ч.1. Данные натурных наблюдений / Е.И.Шемякин, Г.Л.Фисенко, М.В.Курленя // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1986. № 3. С.3-15.

12. Явления зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок / Е.И.Шемякин, М.В.Курленя, В.Н.Опарин, В.Н.Рева, Ф.П.Глушихин, М.А.Розенбаум // Диплом на открытие № 400. 1992.

13. Эффект зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок / Е.И.Шемякин, Г.Л.Фисенко, М.В.Курленя и др. // Доклады Академии наук СССР. 1986. Т.289. № 5. С.1088-1094.

REFERENCES

1. *Badtiev B.P.* Obosnovanie i razrabotka tekhnicheskikh reshenii po obespecheniyu ustoichivosti podgotovitel'nykh vyrabotok v predel'no-napryazhennom blochnom massive rudnikov Talnakha; Avtoref. dis…kand. tekhn. nauk (*Reasoning and development of engineering design by stability mine workings at stress-deformed rock massif Talnahsky mine. Research Paper*), St Petersburg, Vsesoyuznyi nauchno-issledovatel'skii institut gornoi geomekhaniki i marksheiderskogo dela. 2001, p.19.

2. *Badtiev B.P.*, Rozenbaum M. Nauchnye osnovy krepleniya gornykh vyrabotok pri razrabotke blochnykh rudnykh massivov na bol'shikh glubinakh (*Bracing scientific basis of mine workings at hardrock mining at great depths*). Noril'sk, 2010, p.239.

3. *Bublik F.* Metodicheskoe posobie po opredeleniyu osnovnykh parametrov sistem razrabotki s korotkimi zaboyami dlya pologikh plastov Kuzbassa (*Technical guide of determination shortwall method at flat seams Kuzbass*). Vsesoyuznyi nauchno-issledovatel'skii institut gornoi geomekhaniki i marksheiderskogo dela. Leningrad. 1965, p.83.

4. *Glushihin F.P.*, *Rozenbaum M.A.*, *Reva V.N.* Osobennosti razrusheniya gornykh porod na bol'shikh glubinakh (*Features destructions of rocks at great depths*). Svoistva gornogo massiva i upravlenie ego sostoyaniem. Sbornik nauchnykh trudov. Vsesoyuznyi nauchno-issledovatel'skii institut gornoi geomekhaniki i marksheiderskogo dela. St Petersburg, 1991, p.199-204.

5. *Shemyakin E.I.*, *Fisenko G.L.*, *Kurlenya M.V.* a.o. Zonal'naya dezintegratsiya gornykh porod vokrug podzemnykh vyrabotok. Ch.3. Teoreticheskie predstavleniya (*Zonal disintegration of rocks around underground workings. Ch.3. Theoretical idea*). Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki podzemnykh iskopae-mykh. 1987. N 1, p.3-8.

6. *Tropp E.A.*, *Rozenbaum M.A.*, *Reva V.N.*, *Glushihin F.P.* Zonal'naya dezintegratsiya porody vokrug gornykh vyrabotok na bol'shikh glubinakh (*Zonal deformation of rocks around single underground workings at great depths*). Fiziko-tekhnicheskii institut im A.F.Ioffe Akademii nauk SSSR. Preprint 976. Leningrad, 1985, p.33.

7. *Kuznetsov G.N.*, *Bud'kov M.N.*, *Filippova A.A.*, *Shkliarsky M.F.* Izuchenie proyavlenii gornogo davleniya na modelyakh (*Research on rock pressure manifestation at model*). Moscow, Ugletekhizdat, 1959, p.260.

8. *Kuznetsov Yu.S.* Issledovanie vliyaniya gornogeologicheskikh faktorov na provedenie i podderzhanie kapital'nykh vyrabotok glubokikh gorizontov Oktyabr'skogo i Talnakhskogo mestorozhdenii: Avtoref. dis…kand. tekhn. nauk. (*Research on geological factors manifestation on mining and bracing underground workings at great depths Oktyabrsky and Talnahsky minefield. Research Paper*), Leningrad. 1977, p.19.

9. *Makarov V.V.* O zonal'nom deformirovanii gornykh porod vokrug odinochnykh kapital'nykh vyrabotok (*About zonal deformation of rocks around single underground workings*). Mekhanika podzemnykh sooruzhenii: Sbornik nauchnykh trudov. Tul'skii politekhnicheskii institut. Tula, 1995, p.92-96.

10. *Oparin V.N.*, *Elisovetsky I.Ja.* O nekotorykh zakonomernostyakh v napryazhenno-deformirovannom sostoyanii okrestnostei gornykh vyrabotok (Some of regularity at stress-deformed state of the around mine workings). Geofizicheskie metody kontrolya napryazhenii v gornykh porodakh: Sbornik nauchnykh trudov. Institut gornogo dela Sibirskogo otdeleniya Akademii nauk SSSR. Novosibirsk, 1980, p.26-32.

11. *Shemyakin E.I.*, *Fisenko G.L.*, *Kurlenya M.V.* Zonal'naya dezintegratsiya gornykh porod vokrug podzemnykh vyrabotok. Ch.1. Dannye naturnykh nablyudenii (*Zonal disintegration of rocks around underground workings. Ch.1. The data of based on field observations*). Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh, 1986, N 3, p.3-15.

12. *Shemyakin E.I.*, *Kurlenya M.V.*, *Oparin V.N.*, *Reva V.N.*, *Glushihin F.P.*, *Rozenbaum M.A.* Yavleniya zonal'noi dezintegratsii gornykh porod vokrug podzemnykh vyrabotok (*The phenomenon of zonal disintegration of rocks around underground workings*). Find N 400, 1992. N 1, p.3.

13. *Shemyakin E.I.*, *Fisenko G.L.*, *Kurlenya M.V.* et al. Effekt zonal'noi dezintegratsii gornykh porod vokrug podzemnykh vyrabotok (*Effect of zonal disintegration of rocks around underground workings*). Doklady Akademii Nauk SSSR. 1986. N 5, p.1088-1094.

DETERMENATION OF THE BOLTING PARAMETERS UNDER CONDITIONS OF THE ZONAL DISINTEGRATION OF ROCKS AROUND UNDERGROUND WORKINGS

M.A.ROZENBAUM, *Dr. of Engineering Sciences, Professor, dav886@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia
B.P.BADTIEV, *Dr. of Engineering Sciences, Deputy Director of the Mining Department, B.badtiev@metalloinvest.com*
LLC MC «Metalloinvest», Moscow, Russia

Recently the phenomenon of zonal disintegration of rocks had discovered at around underground workings at great depths. The main element of this fault concentric system that paralleled working profile.

The paper presents the method and formula determination of the bolted mine workings developed on stress-deformed rock massif at great depths at zonal disintegration of rocks around underground workings.

Key words: bolting, zonal disintegration of rocks, great depth, carrier layer, block massif.