

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202391806** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2024.08.30

(51) Int. Cl. *E21C 41/16* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.06.19

(54) **СПОСОБ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ
ПРОВАЛООПАСНОСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

(31) **2023/0109.1**

(32) **2023.02.20**

(33) **KZ**

(96) **KZ2023/042 (KZ) 2023.06.19**

(71) Заявитель:
**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ К.И. САТПАЕВА" (KZ)**

(72) Изобретатель:

**Айтказинова Шынар Касымкановна,
Имансакипова Ботакоз Бекетовна
(KZ), Сдвижкова Елена
Александровна (UA), Нурпеисова
Маржан Байсановна, Таукебаев
Омиржан Жалгасбекович, Бекеткызы
Меруерт, Елисева Алена Викторовна
(KZ)**

(57) Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для зонного районирования дневной поверхности месторождения при подземной добыче полезных ископаемых по степени провалоопасности. Установление границ зон осуществляется по потенциалу геознергии, включающий сумму потенциальных энергии тяготения и упругой деформации. При этом потенциальная энергия массива рассчитывается с учетом его нарушенности, связанной с процессом трещинообразования. При переходе горного массива из исходного состояние в текущее с использованием полученных данных строят изолинии относительного изменения потенциала геознергии с делением дневной поверхности месторождения провалоопасности по численному критерию, устанавливаемому по результатам ретроспективного анализа происходящих событий месторождениях. Техническим результатом является повышение точности в установлении статуса и границ зон при районирование земной поверхности месторождения в условиях структурной нарушенности породного массива, надежности прогноза провалообразования, обеспечивающего промышленную экологическую безопасности, а также полноту извлечения полезных ископаемых на проблемных участках.

A1

202391806

202391806

A1

СПОСОБ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ПРОВАЛООПАСНОСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Изобретение относится к горной промышленности, а именно к подземной разработке месторождений полезных ископаемых, и может быть использовано для зонного районирования дневной поверхности месторождения по степени провалоопасности и обеспечения промышленной и экологической безопасности при проведении горных работ.

Существует способ [Предварительный патент РК №8159, опубликовано бюл. №11 от 15.11.1999 г. МПК E21C 39/00], где по вертикальной оси определяют глубину H и мощность m каждой отработанной залежи. Затем суммируют величины глубин и мощностей, результаты которых выносят на план. По результатам суммарных значений на плане методом экстраполяции строят изолиний с определенным интервалом.

По полученным результатам также методом экстраполяции строят изолиний кратности подработки H/m . Критериям прогноза обрушений принимается величина $H/m < 10$.

Основным недостатком способа является то, что полученный критерий $H/m < 10$ определяется только геометрическими параметрами: глубиной выработанного пространства H и мощностью выработки m . В то же время известно, что параметры геодинамического события главным образом зависят от давления P на обрабатываемый участок со стороны налегающих пород, простирающихся от верхней границы выработанного пространства до поверхности месторождения пропорциональное их весу.

Поэтому на участках массива, находящихся в различных местах массива, но на одинаковой глубине от поверхности из-за различия распределения в плотности, давление будет другим и, следовательно, ожидаемые геодинамические события будут существенно отличаться по всем параметрам. В то же время, установленные в способе критерий H/m для этих участков одинаковы. Таким образом, точность определения границ зон на земной поверхности по степени потенциальной опасности в условиях неоднородности массива не корректна.

Известен способ [Патент РК №33566, опубликовано бюл. №14 от 05.04.2019 г. МПК E21C 41/16], принятый за прототип, позволяющий повысить точность контроля и степень надежности прогнозирования деформационных процессов и эффективность зонного районирования, где такие величины, как высота обрабатываемого участка и налегающих пород от границы выработанного пространства до поверхности (H), мощности (m) подменяются вертикальной компонентной (Z_c) координаты центра масс (тяжести) столба массива простирающегося вертикально вверх от основания до земной поверхности месторождения.

Основной недостаток способа заключается в ограниченности точности определения границ между зонами различного уровня провалоопасности, так как способ не отражает напряженно-деформированное состояние горного массива и природу возникновения, и развитие в нем различных геомеханических процессов.

Известен способ, принятый за аналог, [Патент РК №35797, опубликовано 19.08.2022. МПК E 21C 41/16], позволяющий повысить точность определения границ на основе использования двух критериев, определяемыми относительным изменением геоэнергии, включающий сумму потенциальных энергий тяготения и упругой деформации.

Основным недостатком способа является потеря точности в установлении статуса и границ зон при районирование земной поверхности месторождения в условиях структурной нарушенности породного массива.

Нарушенность массива, связанная с процессами трещинообразования изменяет характеристики упругих свойств. Одной из основных которых является модуль Юнга E , который определяет величину потенциальной энергии упругой деформаций и, следовательно величину геоэнергии массива. Это предопределяет необходимость учета изменения модуля с развитием трещиноватости массива при зонном районировании на основе энергетических параметров.

Техническая задача заключается в разработке способа зонного районирования дневной поверхности месторождения полезных ископаемых по степени провалоопасности, учитывающего структурную нарушенность породного массива.

Техническим результатом является повышение точности в установлении статуса и границ зон при районирование земной поверхности месторождения в условиях структурной нарушенности породного массива, надежности прогноза провалообразования, обеспечивающего промышленную и экологическую безопасности, а также полноту извлечения полезных ископаемых на проблемных участках.

Технический результат достигается на основе критерия зонного районирования на основе потенциала геоэнергии и установления значения модуля Юнга по геологическому индексу прочности горного массива GSI (Geological Strength Index, $5 \leq GSI \leq 100$), учитывающих структурную нарушенность породного массива.

Энергия является универсальной мерой механического движения и взаимодействия тел. Поэтому потенциал геоэнергии, определяемая суммой потенциальных энергий тяготения и упругой деформаций, по своей физической направленности, наряду с определением НДС, является важнейшим инструментом, позволяющим повысить достоверность прогноза различных геомеханических процессов в горном массиве, являясь общей основой их возникновения и развития. Геоэнергия и ее изменение отражают различные геологические условия залегания месторождения полезных

ископаемых, многообразии протекающих в массиве горных пород физических процессов, различные виды прикладываемых нагрузок породному массиву и геометрической формы выработок, меняющие физические, механические и прочностные свойства горных пород и, тем самым, определяют повышение эффективности способа. Установление границ зон осуществляется по потенциалу геознергии, включающий сумму потенциальной энергии тяготения и упругой деформации. При этом потенциальная энергия массива рассчитывается с учетом его нарушенности, связанной с процессом трещинообразования. При переходе горного массива из исходного состояния в текущее, с использованием полученных данных, строят изолинии относительного изменения потенциала геознергии с делением дневной поверхности месторождения на зоны по уровням провалоопасности по численному критерию, устанавливаемому по результатам ретроспективного анализа происходящих событий на разрабатываемых месторождениях.

Способ осуществляется следующим образом.

Для расчета критериев используется модель, в соответствии с которой месторождение разбивается на массовые элементы в виде столба квадратного сечения, единичной площади, простирающегося вдоль оси z от его нижнего горизонта ($z=0$) до дневной поверхности (фиг.1). Для учета анизотропии физико-механических свойств в соответствии с геологоразведочными и геотехническими данными породный массив делится на слои, в пределах которых удельный вес (плотность) модуль Юнга и коэффициент Пуассона можно считать постоянными. z_i и z_{i-1} – координаты верхней и нижней границы, $h_i=z_i-z_{i-1}$ – толщина, E_i – модуль Юнга, μ_i – коэффициент Пуассона, ρ_i – плотность, γ_i – удельный вес i -го слоя.

Разность энергий определяется потерей энергии массивом столба в исходном состоянии в результате нарушения его сплошности и равна сумме потенциальной энергии гравитации (тяготения) $W_{\text{ТВ}}$ и упругой деформации

горного массива слоев $W_{дв}$, заполнявших выработки до начала горных работ.

Энергия $W_{тв}$ равна:

$$W_{тв} = \gamma \sum_j m_j z_{cj}, \quad (1)$$

где m_j – мощность j -ой выработки, z_{cj} – вертикальная координата центра тяжести j -ого слоя горного массива, находившегося в границах рассматриваемой выработки.

Энергия $W_{дв}$ слоев, заполнявших выработки до момента их образования:

$$W_{дв} = \frac{\gamma^2}{2E} \sum_j m_j z_j^2, \quad (2)$$

где γ – удельный вес, E – модуль Юнга однородного массива.

Таким образом, разность геоэнергий горного массива столба между исходным и текущим состояниями, выбранная в качестве энергетического критерия зонирования с учетом (1), (2) равна:

$$\Delta W = W_{тв} + W_{дв} = \gamma \sum_j m_j z_{cj} + \frac{\gamma^2}{2E} \sum_j m_j z_j^2 \quad (3)$$

Для повышения точности результатов зонного районирования в методике используется модель, в соответствии с которой месторождение разбивается на массовые элементы в виде столба квадратного сечения, единичной площади, простирающегося вдоль оси z от его нижнего горизонта ($z=0$) до дневной поверхности. Для учета анизотропии физико-механических свойств в соответствии с геологоразведочными и геотехническими данными породный массив делится на слои, в пределах которых удельный вес (плотность) модуль Юнга и коэффициент Пуассона можно считать постоянными. В соответствии с этой моделью потенциальная энергия тяготения всего столба в исходном состоянии $W_{т0}$:

$$W_{T0} = \sum_{i=1}^n W_{Ti} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i z_{ci} = \sum_{i=1}^n g \rho_i h_i z_{ci} \quad (4)$$

где γ_i – удельный вес, ρ_i – плотность, z_{ci} – вертикальная координата центра тяжести h_i – толщина i – ого слоя, n – количество слоев.

Соответственно, полная энергия деформации всего столба в исходном состоянии $W_{Д0}$, равная сумме энергии его слоев:

$$W_{Д0} = \sum_{i=1}^n W_{Ди} = \sum_{i=1}^n \frac{3(\sum_{l=i+1}^n \gamma_l h_l)^2 (1-2\mu_i) h_i}{2E_i}, \quad (5)$$

где E_i – модуль Юнга, μ_i – коэффициент Пуассона.

В математической модели геозергия горного массива столба W_0 в начальном состоянии определяется суммой потенциальных энергий тяготения W_{T0} (4) и упругой деформации $W_{Д0}$ (5):

$$W_0 = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i z_{ci} + \sum_{i=1}^n \frac{3(\sum_{l=i+1}^n \gamma_l h_l)^2 (1-2\mu_i) h_i}{2E_i} \quad (6)$$

Извлечение полезных ископаемых сопровождается образованием пустот в породном массиве, что приводит к изменению геозергии массива.

Величина геозергии в текущем состоянии W_T определяется из (6), с учетом образовавшихся пустот, простым ограничением в границах суммирования:

$$W_T = \sum_{i=1, i \neq j}^n \left\{ \gamma_i h_i z_{ci} + \frac{3(\sum_{l=i+1}^n \gamma_l h_l)^2 (1-2\mu_i) h_i}{2E_i} \right\} \quad (7)$$

где j – порядковый номер извлекаемого слоя.

Изменение геозергии при переходе из начального состояния породного массива в текущее ΔW_{0T} , определяется разностью геозергий W_0

(6) и W_T (7), равной энергии, которой обладали отработанные слои до их выемки:

$$\Delta W_{0T} = \sum_{j=k}^f m_j \left\{ \gamma_j z_{c_j} + \frac{2 \sum_{i=j}^m \gamma_i h_i}{3E_j(1-2\mu_j)} \right\} \quad (8)$$

где m_j - мощность j -того отработанного пласта, f - конечный номер выработки.

Каждый элемент породной массы, находясь в геоэнергетическом поле обладает энергией пропорциональной его массе M . Учитывая, что все составляющие геоэнергии потенциальны, она также является потенциальной и для ее характеристики можно ввести величину φ - потенциал геоэнергетического поля

$$\varphi = \frac{W}{M}, \quad (9)$$

где W - потенциальная энергия, которой обладает масса M в данной точке геоэнергетического поля.

Для неоднородного массива масса столба в исходном состоянии M_0 будет равна:

$$M_0 = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \quad (10)$$

Соответственно, масса столба в текущем состоянии M_T будет равна:

$$M_T = \frac{1}{g} \sum_{i=1, i \neq j}^n \gamma_i h_i \quad (11)$$

где g - ускорение свободного падения.

Потенциальная энергия - относительная величина, определяемая с точностью до постоянной. При выборе значения геоэнергии породного массива в исходном состоянии за нулевой уровень, его энергия в текущем состоянии W_T' может приведена к виду:

$$W_T' = -\Delta W \quad (12)$$

Соответственно, потенциал ϕ этого состояния с учетом, (8) и (11):

$$\phi = \frac{\Delta W_{0T}}{M_T} = \frac{\sum_{j=k}^f m_j \left\{ \gamma_j z_{cj} + \frac{2 \sum_{i=j}^m \gamma_i h_i}{3 E_j (1 - 2\mu_j)} \right\}}{\frac{1}{g} \sum_{i=1, i \neq j}^n \gamma_i h_i} \quad (13)$$

В условиях структурной нарушенности породного массива его упругие свойства изменяются. Для учета структурной нарушенности породного массива модуль Юнга E_i - для каждого слоя рассчитывается следующим образом:

$$E_i = E_{0i} \left(0,02 + \frac{1}{1+e^{\frac{(60-GSI)}{11}}} \right) \quad (14)$$

где E_{0i} - модуль Юнга i -ого слоя полученный по геологическим данным из лабораторных испытаний образцов породного массива без учета его трещиноватости, GSI геологический индекс прочности горного массива определяемый как

$$GSI = RMR - 5, \quad (15)$$

RMR (Rock Mass Rating) - рейтинг породного массива, который определяется следующим образом:

$$RMR = J_{A1} + J_{A2} + J_{A3} + J_{A4} + J_{A5} + J_{BB}. \quad (16)$$

где $J_{A1}, J_{A2}, J_{A3}, J_{A4}, J_{A5}, J_{BB}$ - показатели качества массива:

- шероховатость трещин (рейтинг J_{A41} в пределах от 0 до 6 баллов);
- длина трещин (рейтинг J_{A42} в пределах от 0 до 6 баллов);
- раскрытие трещин (рейтинг J_{A43} в пределах от 0 до 6 баллов);
- заполнение трещин (рейтинг J_{A44} в пределах от 0 до 6 баллов);
- выветрилось стенок трещин (рейтинг J_{A45} в пределах от 0 до 6 баллов).

Показатели устанавливаются на основе актуальных значений параметров трещиноватости, определяемых сейсмоакустическими методами. Потенциал ϕ в условиях структурной нарушенности породного массива определяется из (13) с учетом (14).

Способ реализуется следующим образом. Для каждой точки земной поверхности величина потенциала, выбранного в качестве критерия зонирования, вычисляется по (13) и полученные значения выносятся на план месторождения. На плане методом экстраполяции соединяют точки с одинаковым значением потенциала изолиниями. Изолинии делят земную поверхность месторождения на зоны. Для классификации зон по уровню провалоопасности определяют численное значение граничного критерия, которое в соответствии с алгоритмом районирования, устанавливается для каждого месторождения индивидуально. Теоретические расчеты могут дать лишь приблизительный результат из-за отсутствия надежной методики, поскольку требуется учитывать множество факторов в сочетании с трудностями оценки степени их влияния на различные геомеханические процессы. Как показывает практика, требуемая надежность и достоверность результатов расчётов численного значения граничного критерия зонирования достигаются методами сочетающие теоретические и экспериментальные подходы, на основе анализа результатов геодезического мониторинга поверхности, математического моделирования развития ситуации и причинно-следственного анализа происшедших кризисных событий. Установленные численные значения критерия, позволяют объективно распределить зоны по группам определенного уровня провалоопасности.

Количество таких уровней в каждом конкретном случае вытекает из цели и условий поставленной задачи зонирования. Для условий Риддер-Сокольного месторождения, например, выбрано деление зон на три уровня провалоопасности, которые устанавливаются по двум граничным значениям критерия (таблица 1).

Таблица 1. Численные значения граничных критериев

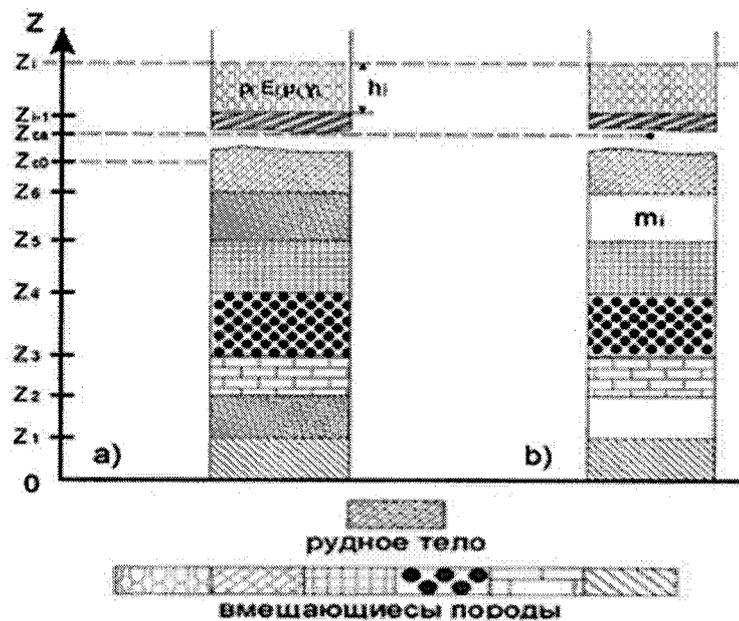
Уровень провалоопасности	φ, кДж/кг	
	Больше	Меньше
Повышенный (оранжевый)	13	
Средний (желтый)	8	13
Низкий (зеленый)		8

По результатам зонного районирования создаются ситуационные карты. Добычные работы под зонами повышенного уровня провалоопасности запрещаются, либо существенно ограничиваются требованиями безопасности до принятия превентивных мер по изменению их статуса.

Формула изобретения

Способ подземной разработки полезных ископаемых при провалоопасности земной поверхности, включающий определение границ провалоопасных участков и условий безопасного проведения горных работ, *отличающееся* тем, что установление границ зон осуществляется по критерию определяемому относительным изменением потенциала геоэнергии при переходе горного массива из исходного состояние в текущее в условиях его структурных нарушений на основе потенциала геоэнергии и установления значения модуля Юнга по геологическому индексу прочности горного массива GSI (Geological Strength Index).

**СПОСОБ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ
ПРОВАЛООПАСНОСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**



Фиг.1

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202391806

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

МПК:

E21C 41/16 (2006.01)

СПК:

E21C 41/16 (2013-01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК) или национальной патентной классификации и МПК

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

E21C, F42D

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины) ЕАПАТИС, Esp@cenet, PatSearch, Google Patents, PATENTSCOPE

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A, D	KZ 33566 В (НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И. САТПАЕВА») 05.04.2019.	1
A	RU 2109948 С1 (РУРКОЛЕ АГ) 27.04.1998.	1
A	RU 2459079 С1 (ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА – МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ВНИМИ») 20.08.2012.	1
A	Садыков Б.Б., Рысбеков К.Б., Кожаев Ж.Т., Солтабаева С.Т., Байгурин Ж.Д. Влияние трещиноватости горных пород на геомеханические процессы //Вестник Национальной академии горных наук №1/(2)2018. — 2018. — С. 73.	1
A	Алтаева А.А., Имансакипова Б.Б., Кожаев Ж.Т., Садыков Б.Б., Спицын А.А. Совершенствование энергетического критерия при зонировании земной поверхности по степени ослабленности. Вестник КазННТУ. — 2018. — № 4. — С. 33-38.	1
A	ЕА 014255 В1 (ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (МГГУ) и др.) 29.10.2010.	1

последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

«P» - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«Х» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«У» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **16/10/2023**

Уполномоченное лицо:

Начальник отдела механики,
физики и электротехники

 Д.Ф. Крылов