

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2687817

СПОСОБ МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ ЗОНЫ ВОДОПРОВОДЯЩИХ ТРЕЩИН НАД ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ НА ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Автор: *Гусев Владимир Николаевич (RU)*

Заявка № 2018134669

Приоритет изобретения 01 октября 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 16 мая 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 01 октября 2038 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
E21C 39/00 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018134669, 01.10.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.10.2018

Дата регистрации:
16.05.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.10.2018

(45) Опубликовано: 16.05.2019 Бюл. № 14

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет", отдел интеллектуальной
собственности и трансфера технологий (отдел
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Гусев Владимир Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2477792 C1, 20.03.2013. SU
1490282 A1, 30.06.1989. RU 2276263 C1,
10.05.2006. RU 2423306 C1, 10.07.2011. RU
2010953 C1, 15.04.1994. GB 2253707 A,
16.09.1992.

(54) СПОСОБ МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ ЗОНЫ ВОДОПРОВОДЯЩИХ ТРЕЩИН НАД
ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ НА ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для оценки безопасного ведения горных работ под водными объектами, такими как реками, озерами, искусственными водоемами, водоносными горизонтами и др. Способ включает определение содержания пород глинистого состава в подрабатываемой толще, граничной кривизны породного слоя как функции содержания пород глинистого состава, относительного центра распределения мощностей пород глинистого и не глинистого составов подрабатываемой толщи, корректировку граничной кривизны путем умножения ее на величину относительного центра распределения мощностей пород глинистого и не глинистого составов подрабатываемой толщи. На поверхности над будущим выработанным

пространством лавы закладывают профильную линию реперов в главном сечении мульды сдвижения по простиранию пласта. Проводят периодическое нивелирование по реперам профильной линии, находящихся в зоне влияния движущегося забоя лавы, для каждой серии наблюдений, соответствующей определенному положению забоя лавы относительно профильной линии. Получают распределения оседаний, наклонов, кривизны и высоту распространения зоны водопроводящих трещин как расстояние по вертикали от разрабатываемого пласта до профильной линии, умноженное на корень квадратный из отношения максимального значения кривизны в серии наблюдений по профильной линии к граничной кривизне для данных горно-геологических условий. Технический результат заключается в повышении

точности, достоверности и оперативности ведения контроля за положением верхней границы зоны

водопроявляющих трещин, изменяющейся в зависимости от развития очистных работ. 2 ил.

RU 2687817 C1

RU 2687817 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E21C 39/00 (2018.08)

(21)(22) Application: **2018134669, 01.10.2018**

(24) Effective date for property rights:
01.10.2018

Registration date:
16.05.2019

Priority:

(22) Date of filing: **01.10.2018**

(45) Date of publication: **16.05.2019** Bull. № 14

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet", otdel intellektualnoj sobstvennosti i
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)**

(72) Inventor(s):

Gusev Vladimir Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet" (RU)**

(54) **METHOD OF MONITORING THE DEVELOPMENT OF A ZONE OF WATER-CONDUCTING CRACKS OVER A MINED SPACE ON RESERVOIR DEPOSITS**

(57) Abstract:

FIELD: mining.

SUBSTANCE: invention relates to mining industry and can be used for evaluation of safe mining operations under water bodies, such as rivers, lakes, artificial reservoirs, water-bearing horizons etc. Method comprises determining content of rocks of clay composition in undermined thickness, boundary curvature of rock layer as a function of content of rocks of clay composition, a relative centre of distribution of thicknesses of rocks of clayey and non-clayey compositions of undermined thickness, edge curvature is corrected by multiplying it by value of relative centre of distribution of thicknesses of rocks of clayey and non-clayey compositions of undermined sequence. On the surface above the future worked out lava space there laid is a profile line of reference points in the main section of the formation displacement strata. Periodic levelling is carried out according to reference points of

the profile line located in the zone of influence of the moving face of the lava for each series of observations corresponding to the determined position of the face of the lava relative to the profile line. Obtained distribution of subsidence, inclination, curvature and height of propagation of zone of water-conducting cracks as vertical distance from developed reservoir to profiled line, multiplied by square root from ratio of maximum value of curvature in series of observations along profile line to boundary curvature for given mining-geological conditions.

EFFECT: technical result consists in improvement of accuracy, reliability and efficiency of control over position of upper boundary of zone of water-producing cracks, which varies depending on development of cleaning works.

1 cl, 2 dwg

Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для оценки безопасного ведения горных работ под водными объектами (реками, озерами, искусственными водоемами, водоносными горизонтами и др.).

Известен способ определения высоты зоны водопроницаемых трещин в массиве горных пород (авторское свидетельство СССР №1221347, опубл. 30.03.1986.), который осуществляется следующим образом. Из опережающей фронт очистных работ по пласту специальной выработки бурят восстающую скважину, в которую закладывают реперы в характерных породных слоях, пересекаемых этой скважиной. Глубину скважины выбирают из расчета пересечения ею верхней границы зоны водопроницаемых трещин. При каждом очередном подвигании очистного забоя производят измерения горизонтальных смещений по отвесам, идущим от каждого заложенного в скважину репера, относительно неподвижного репера в почве выработки под скважиной. Горизонтальные деформации каждого слоя, в котором установлен репер, определяют путем деления величин горизонтальных смещений на расстояние, на которое продвинулся забой за время, прошедшее между данным и предыдущим измерениями. Искомую высоту зоны водопроницаемых трещин принимают равной расстоянию от кровли разрабатываемого пласта до породного слоя, в котором зафиксированы максимальные горизонтальные деформации, равные установленному на данном месторождении значению предельных горизонтальных деформаций. Недостатками этого способа являются большие объемы работ по проходке специальных выработок, бурению скважин, закладку в них реперов и производству наблюдений за их смещением. Кроме того, чтобы установить для конкретного месторождения предельное значение горизонтальной деформации, являющейся максимальной горизонтальной деформацией на верхней границе зоны водопроницаемых трещин (ЗВТ), потребуются те же затраты. Для разового определения высоты распространения ЗВТ этим способом можно воспользоваться. Но крайне неэффективно его использовать для мониторинга за развитием ЗВТ, поскольку каждый раз после прохода забоем лавы скважины с реперами необходима проходка специальной выработки, из которой осуществляется бурение новой скважины впереди забоя движущейся лавы, закладывать в нее реперы и по ним производить наблюдения за сдвижением скважинных реперов.

Известен способ определения высоты зоны водопроницаемых трещин над выработанным пространством на пластовых месторождениях с выдержанными водоупорами между водоносными слоями (авторское свидетельство СССР №1221348, опубл. 30.03.1986.), сущность которого заключается в следующем. Над выработанным пространством пласта бурят скважину и в процессе бурения, начиная с расстояния по вертикали от кровли пласта равной высоте зоны водопроницаемых трещин (ЗВТ), увеличенной на величину погрешности ее определения, производят последовательные измерения напоров в предварительно изолированных интервалах скважины длиной 10-12 м. Бурение и измерение напоров заканчивают на расстоянии по вертикали от кровли пласта, равной высоте ЗВТ, уменьшенной на величину погрешности ее определения. Высоту ЗВТ определяют по результатам наблюдений как расстояние по скважине от кровли разрабатываемого пласта до середины интервала между двумя соседними слоями, в нижнем из которых напор подземных вод в период или после подработки снижается по сравнению с естественным, а в верхнем остается практически без изменений.

Недостатками этого способа являются необходимость поинтервального бурения скважины с монтажом и демонтажом оборудования для изоляции пробуренных

интервалов и проведения в них большого объема поинтервальных наблюдений за напорами подземных вод. Это снижает оперативность определения высоты зоны водопродводящих трещин при осуществлении контроля за ее развитием над выработанным пространством пласта.

- 5 Известен способ определения высоты зоны водопродводящих трещин над выработанным пространством на пластовых месторождениях, (Безопасная выемка угля под водными объектами. М., «Недра», 1977, 175 с. Авт.: Б.Я. Гвирцман, Н.Н. Кацнельсон, Е.В. Бошнятов и др.). Согласно этому способу высота зоны водопродводящих трещин определяется как функция граничной кривизны и вынимаемой
- 10 мощности пласта по формуле:

$$H_T = 2 \sqrt{\frac{m}{K_T}},$$

- где H_T - высота зоны водопродводящих трещин; m - вынимаемая мощность пласта;
- 15 K_T - граничная кривизна породного слоя. В свою очередь граничная кривизна породного слоя определяется из ее функциональной зависимости экспоненциального типа от содержания пород глинистого состава (алевролитов, аргиллитов, глинистых сланцев и др.) в подрабатываемой толще:

$$K_T = f(A)$$

- 20 где A - содержание пород глинистого состава (алевролитов, аргиллитов, глинистых сланцев и др.) в подрабатываемой толще, определяемое как отношение суммарной мощности пород глинистого состава к мощности подрабатываемой толщи.

- Недостатком данного способа является то, что при определении высоты зоны водопродводящих трещин не учитываются мощности пород подрабатываемой толщи
- 25 и их местоположение относительно разрабатываемого пласта. А это в свою очередь приводит к снижению точности и достоверности определения высоты зоны водопродводящих трещин и соответственно к снижению надежности прогноза безопасной выемки пластов под водными объектами. Недостатком, с точки зрения проведения мониторинга за изменением высоты ЗВТ, является то, что высота ЗВТ по данному
- 30 способу определяется как максимально возможная в данных условиях, без прогноза ее промежуточных значений, предшествующих этому максимальному значению высоты ЗВТ.

- Известен способ определения высоты зоны водопродводящих трещин над выработанным пространством на пластовых месторождениях (патент РФ №2477792,
- 35 опубл. 20.03.2013), принятый за прототип. Согласно этому способу граничная кривизна (максимальная кривизна слоя на верхней границе зоны водопродводящих трещин) K_T определяется как функция двух параметров, один из которых содержание пород глинистого состава в подрабатываемой толще (A), другой - относительный центр
- 40 распределения мощностей пород глинистого и не глинистого состава в подрабатываемой толще (c). Параметры A и c определяют по геологическим колонкам существующих разведочных скважин, составленным либо по отбору керна, либо по геофизическому каротажу. Высота зоны водопродводящих трещин (H_T) определяется как функция граничной кривизны (K_T) и вынимаемой мощности пласта (m) по формуле:

$$45 \quad H_T = 2 \sqrt{\frac{m}{K_T}}.$$

- Недостатком этого способа является невозможность его использовать для получения информации об эволюционном изменении высоты распространения ЗВТ над

выработанным пространством, формирующимся в зависимости от развития очистных работ в пласте (от движения лавы). Здесь высота ЗВТ определяется как максимально возможная для конкретных горно-геологических условий (конкретные вынимаемая мощность и граничная кривизна), т.е. на конечный момент, когда ЗВТ полностью сформировалась. А это не дает возможности вести контроль за изменением положения верхней границы ЗВТ в процессе ведения горных работ.

Техническим результатом является повышение точности, достоверности и оперативности ведения контроля за положением верхней границы зоны водопродвижающих трещин (ЗВТ), изменяющейся в зависимости от развития очистных горных работ.

Технический результат достигается тем, что на поверхности над будущим выработанным пространством лавы закладывают профильную линию реперов в главном сечении мульды сдвижения по простиранию пласта, проводят периодическое нивелирование по реперам профильной линии, находящихся в зоне влияния движущегося забоя лавы, для каждой серии наблюдений, соответствующей определенному положению забоя лавы относительно профильной линии, получают распределения оседаний, наклонов, кривизны и высоту распространения зоны водопродвижающих трещин, как расстояние по вертикали от разрабатываемого пласта до профильной линии, умноженное на корень квадратный из отношения максимального значения кривизны в серии наблюдений по профильной линии к граничной кривизне для данных горно-геологических условий.

Способ поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - схема мониторинга распространения высоты зоны водопродвижающих трещин (ЗВТ);

фиг. 2 - схема распределения максимальных оседаний поверхности и некоторого слоя в массиве относительно очистной выработки, где:

- 1 - выработанное пространство лавы;
- 2 - реперы;
- 3 - пласт;
- 4 - распределение оседаний по реперам профильной линии;
- 5 - распределение кривизны по реперам профильной линии;
- 6 - максимальное значение кривизны;
- 7 - граничная кривизна;
- 8 - зона водопродвижающих трещин (ЗВТ);
- 9 - высота ЗВТ;
- 10 - расстояние по вертикали от разрабатываемого пласта до реперов профильной линии;
- 11 - слой пород массива;
- 12 - максимальное оседание поверхности;
- 13 - расстояние по вертикали от выработки до поверхности;
- 14 - выработка;
- 15 - максимальное оседание слоя пород;
- 16 - расстояние по вертикали от выработки до слоя пород массива.

Способ осуществляют следующим образом. На участке подработки лавой водоносного горизонта, или затопленных горных выработок, или при подходе горными работами по лаве под наземный естественный или искусственный водоток, водоем на поверхности над будущим выработанным пространством лавы 1 (фиг. 1) закладывают профильную линию реперов 2 в пределах выработанного пространства лавы на линии, совпадающей с главным сечением мульды сдвижения по простиранию пласта 3.

Интервал между реперами 2 принимают от 15 до 20 м. По реперам 2 профильной линии организуются периодические серии измерений высотного положения этих реперов путем их нивелирования. Серия измерений включает в себя нивелирование всех реперов профильной линии. Первые две серии измерений производят для надежного определения начального высотного положения реперов 2 до подработки профильной линии. Разница во времени между сериями не должна превышать 5 дней. За начальное (исходное) значение высотных отметок реперов принимают средние из двух серий наблюдений.

Для получения данных о развитии процесса сдвижения проводят не менее четырех серий наблюдений. Интервалы времени между указанными четырьмя сериями наблюдений (в сутках) можно ориентировочно принять равными

$$t = \frac{H_H}{3C}, \quad (1)$$

где H_H - глубина разработки у нижней границы очистной выработки, м;

C - скорость подвигания забоя, м/сут.

При сложных горно-геологических условиях (тектонические нарушения, трещиноватые горные породы, породы склонные к зависанию при их подработке и др.) в зависимости от степени их сложности частоту мониторинговых наблюдений увеличивают относительно рекомендуемой.

Величины вертикальных сдвижений и деформаций, к которым относятся оседания, наклоны и кривизна, получают по материалам обработки периодических нивелировок реперов профильной линии.

Величину оседания (вертикального сдвижения) каждого репера профильной линии определяют как разность отметок репера начального и последующего наблюдений. Распределение оседаний по реперам профильной линии 4 (фиг. 1) на поверхности, полученное относительно начального наблюдения.

Используя оседания, определяют наклоны каждого интервала между реперами профильной линии как разность оседаний (вертикальных сдвижений) переднего и заднего реперов деленную на горизонтальную длину интервала между ними.

По полученному распределению наклонов определяют кривизну как разность наклонов последующего и предыдущего интервалов деленную на полусумму горизонтальных длин последующего и предыдущего интервалов. Распределение кривизны по реперам профильной линии 5 (фиг. 1) на поверхности, полученное относительно начального наблюдения.

Таким образом, после очередной серии наблюдений, на основе полученного распределение оседаний по реперам профильной линии 4 сначала получают распределение наклонов, затем - распределение кривизны по реперам профильной линии 5, из которого отбирается максимальное ее значение кривизны 6 (фиг. 1). Используя эту максимальную кривизну поверхности 6, определяют на каком расстоянии по вертикали от разрабатываемого пласта находится слой с кривизной, равной граничной кривизне 7 или, другими словами, на какую высоту относительно кровли разрабатываемого пласта распространилась зона водопродящих трещин (ЗВТ) 8:

$$H_T = H_{пов} \sqrt{\frac{K_{пов}}{K_T}}, \quad (2)$$

где H_T - расстояние по вертикали от разрабатываемого пласта до слоя с кривизной, равной граничной кривизне K_T 7, или высота ЗВТ 9 распространения зона водопродящих трещин (ЗВТ) 8;

$H_{пов}$ - расстояние по вертикали от разрабатываемого пласта до реперов профильной

линии 10 в мульде сдвижения на поверхности;

$K_{\text{пов}}$ - максимальное значение кривизны b из маркшейдерских мониторинговых наблюдений по этой профильной линии реперов на поверхности.

5 Действуя таким образом с другими, последующими сериями наблюдений, можно отслеживать и контролировать изменение высоты ЗВТ (H_T) по изменениям максимальной кривизны ($K_{\text{пов}}$), получаемой из маркшейдерских мониторинговых нивелировок по реперам профильной линии на поверхности. Это позволяет оперативно принимать решения по безопасной выемки угля (полезного ископаемого) под водными объектами (наземными естественными и искусственными водотоками, водоемами, водоносными 10 горизонтами, затопленными горными выработками). Используя данные мониторинга за весь период его проведения, можно проследить и проанализировать за этот период как развивалась ЗВТ вследствие ведения горных работ. Результаты анализа впоследствии можно будет использовать для прогноза развития ЗВТ на других участках шахтного 15 поля.

Так, отношение величин максимальных оседаний поверхности и слоя пород массива 11 (фиг. 2) обратно пропорционально корню квадратному из расстояний до точек фиксирования максимальных оседаний:

$$\eta_1/\eta_2 = \sqrt{H_2/H_1}, \quad (3)$$

20 где η_1 - максимальное оседание поверхности 12, находящейся на расстоянии по вертикали от выработки до поверхности 13 (H_1) от выработки 14;

η_2 - максимальное оседание слоя пород 15, расположенного на расстоянии по вертикали от выработки до слоя пород массива 16 (H_2) от выработки 14 (фиг. 2).

25 Отношение максимальных наклонов поверхности и слоя пород массива обратно пропорционально расстояниям до точек фиксирования максимальных наклонов:

$$i_1/i_2 = H_2/H_1, \quad (4)$$

где i_1 - максимальный наклон поверхности, находящейся на расстоянии по вертикали 13 (H_1) от выработки 14;

30 i_2 - максимальный наклон слоя пород, расположенного на расстоянии по вертикали 16 (H_2) от выработки 14.

Отношение максимальной кривизны поверхности и слоя пород обратно пропорционально квадрату расстояний от выработки до поверхности и от выработки 35 до слоя породы:

$$K_1/K_2 = H_2^2/H_1^2, \quad (5)$$

где K_1 - максимальная кривизна поверхности, находящейся на расстоянии по вертикали от выработки до поверхности 13 (H_1) от выработки 14;

40 K_2 - максимальная кривизна слоя пород, расположенного на расстоянии по вертикали от выработки до слоя пород массива 16 (H_2) от выработки 14.

Соотношение (5) применительно к схеме, приведенной на фиг. 1, можно записать следующим образом

$$45 \frac{K_{\text{пов}}}{K_T} = \frac{H_T^2}{H_{\text{пов}}^2}, \quad (6)$$

где H_T , $H_{\text{пов}}$, $K_{\text{пов}}$, K_T - см. формулу (2). Отсюда получается, что

$$H_T = H_{нов} \cdot \sqrt{\frac{K_{нов}}{K_T}} \quad (7)$$

Граничная кривизна (K_T) в формулах (2) и (7) определяется в соответствии со способом определения высоты зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством на пластовых месторождениях. Согласно этому способу высота распространения ЗВТ зависит от содержания пород глинистого состава в подрабатываемой толще (A) и местоположения слоев различной мощности относительно выработанного пространства пласта (c). При прогнозах развития высоты ЗВТ это учитывается через зависимость максимальной кривизны слоя на верхней границе ЗВТ, называемой граничной кривизной, от этих параметров A и c . Аналитическое выражение этой зависимости имеет следующий вид:

$$K_T = 0.8 \cdot c \cdot e^A \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

где K_T - граничная кривизна γ или максимальная кривизна слоя на верхней границе ЗВТ δ , формирующаяся при распределении кривизны в этом слое в процессе вертикальных сдвижений горных пород в виде оседаний;

c - относительный центр распределения слоев пород по их мощностям в подрабатываемом массиве горных пород;

A - содержание пород глинистого состава в долях от подрабатываемого массива горных пород;

e - основание натуральных логарифмов.

Показатель c в каждом конкретном случае распределения слоев по мощности определяется по формуле:

$$c = \frac{L_{\Phi}}{L} \quad (9)$$

где L_{Φ} - фактическое положение центра распределения мощностей слоев;

L - положение центра распределения мощностей, если толща состоит из слоев одинаковой мощности.

Величина L_{Φ} находится из выражения (рис. 1):

$$L_{\Phi} = \frac{\sum l_i}{n} \quad (10)$$

где l_i - расстояние от кровли пласта до середин отдельных породных слоев, слагающих подрабатываемую толщу;

n - количество слоев в толще пород над пластом.

Положение центра распределения мощностей L при наличии в толще слоев одинаковой мощности определится как

$$L = \frac{H}{2} \quad (11)$$

где H - мощность подрабатываемой толщи. Параметры A и c определяются на основе использования информации геологических колонок разведочных скважин, составленных либо по отбору керна, либо по геофизическому каротажу.

Способ поясняется следующими примерами.

Пример. На одной из шахт Кузнецкого угольного бассейна намечена отработка лавы под водоносным горизонтом с большим дебитом воды. Горно-геологические условия ведения очистных работ по лаве следующие:

- вынимаемая мощность и угол падения пласта: $m=2.4$ м и $\alpha=6^\circ$;
- мощность наносов (четвертичных отложений): $h=20$ м;
- мощность водоносного горизонта, залегающего сразу после наносов: $h_{ВГ}=43$ м;

- глубина подошвы водоносного горизонта: $H_1 = h + h_{ВГ} = 63$ м;
- глубина пласта на участке отработки лавы: $H = 153$ м;
- расстояние по вертикали до подошвы водоносного горизонта: $H_2 = H - H_1 = 90$ м;
- скорость движения забоя лавы: $C = 10$ м/сут.;

по геологической колонке разведочной скважины, расположенной вблизи отработываемой лавы, содержание пород глинистого состава в долях от подрабатываемого массива горных пород составило величину $A = 0.42$ и относительный центр распределения слоев пород по их мощностям в подрабатываемом массиве горных пород составил $c = 1.08$;

- граничная кривизна или максимальная кривизна слоя на верхней границе зоны водопродвижающих трещин (ЗВТ), для рассматриваемых геологических условий составит величину, определяемую по формуле (12):

$$K_T = 0.8 \cdot c \cdot e^A \cdot 10^{-3} = 0.8 \cdot 1.08 \cdot e^{0.42} \cdot 10^{-3} = 1.315 \cdot 10^{-3} \text{ 1/м.}$$

Для безопасного ведения горных работ с точки зрения предотвращения поступления больших водопритоков из водоносного горизонта, вплоть до катастрофических, необходимо при отработке лавы соблюдать условие $H_T \leq H_2$, где H_T - высота распространения зоны водопродвижающих трещин (ЗВТ). То есть, ЗВТ не должна пересечь нижний контур (подошву) водоносного горизонта.

С целью контроля за развитием над выработанным пространством лавы ЗВТ на поверхности была заложена профильная линия реперов в главном сечении мульды сдвижения по простиранию лавы. Начало профильной линии определена по углу полных сдвижений ψ_3 , проведенного на разрезе по простиранию лавы от границ монтажной камеры очистного комплекса, конец профильной линии - по граничному углу δ_0 , проведенному на разрезе по простиранию лавы от границ демонтажной камеры. Углы ψ_3 и δ_0 были взяты из Правил охраны (Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. - СПб., 1998. - 291 с. (Минтопэнерго РФ. РАН Гос. НИИ горн, геомех. и маркшейд. дела - Межотраслевой науч. центр ВНИМИ)). Закладка реперов профильной линии осуществлена до начала ведения очистных работ по лаве, по которым произведены 2 серии нивелирования для определения начального их положения на момент, когда еще не начался процесс сдвижения горных пород.

Отход забоя лавы от монтажной камеры можно считать за начало процесса сдвижения поверхности. Начиная с этого момента, производились периодические наблюдения за сдвижением реперов профильной линии с временным интервалом между сериями измерений (см. формулу (1)):

$$t = \frac{H}{3C} = \frac{153 \text{ м}}{3 \cdot 10 \text{ м/сут.}} = 5 \text{ суток.}$$

В каждой серии измерений (определений высотного положения реперов нивелированием) получают сначала оседания каждого репера профильной линии, затем, через наклоны интервалов между реперами, распределение кривизны по реперам профильной линии, из которого выделяют, для дальнейшего использования, максимальное ее значение.

Так, когда забой отошел от монтажной камеры и начался процесс сдвижения горных пород, в момент времени t_1 была произведена серия измерений по реперам профильной линии, из которой, после обработки, была получена максимальная кривизна поверхности

$K_{пов1}=0.109 \cdot 10^{-3}$ 1/м. Высота зоны водопродящих трещин (ЗВТ) в момент времени t_1 , согласно формуле (2), составит

$$H_{T1} = H \cdot \sqrt{\frac{K_{пов1}}{K_f}} = 153 \cdot \sqrt{\frac{0.109 \cdot 10^{-3}}{1.315 \cdot 10^{-3}}} = 44 \text{ м.}$$

Сравнение высоты ЗВТ H_{T1} с вертикальным расстоянием от лавы до подошвы водоносного горизонта $H_2=H-H_1=90$ м показывает, что выполняется условие $H_{T1} \leq H_2$, то есть верхняя граница ЗВТ не дошла до подошвы водоносного горизонта 46 м ($H_2-H_{T1}=46$ м) и поступлений воды с этого горизонта в горные выработки лавы не будет.

Следующая серия измерений была произведена через 5 суток в момент времени $t_2=t_1+5$, после обработки которой максимальная кривизна поверхности составила $K_{пов2}=0.227 \cdot 10^{-3}$ 1/м. Высота зоны водопродящих трещин (ЗВТ) в момент времени t_2 , согласно формуле (2), составит

$$H_{T2} = H \cdot \sqrt{\frac{K_{пов2}}{K_f}} = 153 \cdot \sqrt{\frac{0.227 \cdot 10^{-3}}{1.315 \cdot 10^{-3}}} = 63 \text{ м.}$$

Сравнение H_{T2} с $H_2=H-H_1=90$ м также показало, что выполняется условие $H_{T2} \leq H_2$, и при данном уровне развития сдвижений горных пород верхняя граница ЗВТ не дошла до подошвы водоносного горизонта 27 м ($H_2-H_{T2}=27$ м) и поступлений воды с этого горизонта в горные выработки лавы не будет.

В момент времени $t_3=t_2+5$, то есть через очередные 5 суток, была проведена серия наблюдений в виде нивелирования реперов профильной линии, после обработки которой максимальная кривизна поверхности составила $K_{пов3}=0.391 \cdot 10^{-3}$ 1/м. Тогда высота ЗВТ в момент времени t_3 , согласно формуле (2), составит

$$H_{T3} = H \cdot \sqrt{\frac{K_{пов3}}{K_f}} = 153 \cdot \sqrt{\frac{0.391 \cdot 10^{-3}}{1.315 \cdot 10^{-3}}} = 83 \text{ м.}$$

При данном уровне развития сдвижений горных пород выполняется условие $H_{T3} \leq H_2$, из чего следует, что верхняя граница ЗВТ не дошла до подошвы водоносного горизонта 7 м ($H_2-H_{T3}=7$ м) и поступлений воды с этого горизонта в горные выработки лавы не будет.

Для серии измерений на момент времени $t_4=t_3+5$ максимальная кривизна поверхности из наблюдений составила $K_{пов4}=0.406 \cdot 10^{-3}$ 1/м, что соответствует, при данном уровне развития сдвижений горных пород, высоте ЗВТ:

$$H_{T4} = H \cdot \sqrt{\frac{K_{пов4}}{K_f}} = 153 \cdot \sqrt{\frac{0.406 \cdot 10^{-3}}{1.315 \cdot 10^{-3}}} = 85 \text{ м.}$$

В результате выполняется условие $H_{T4} \leq H_2$, из чего следует, что верхняя граница ЗВТ не дошла до подошвы водоносного горизонта 5 м ($H_2-H_{T4}=5$ м) и поступлений воды с этого горизонта в горные выработки лавы не будет.

Для момента времени $t_5=t_4+5$ максимальная кривизна поверхности из наблюдений составила $K_{пов5}=0.412 \cdot 10^{-3}$ 1/м, что соответствует, при данном уровне развития сдвижений горных пород, высоте ЗВТ $H_{T5}=86$ м. Здесь также получено, что $H_{T5} \leq H_2$, из

чего следует, что верхняя граница ЗВТ не дошла до подошвы водоносного горизонта.

Аналогичные мониторинговые измерения были выполнены для моментов времени t_6, t^7, \dots, t_n , где t_n момент времени, когда лава достигла демонтажной камеры, то есть время окончания горных работ по рассматриваемой лаве. Соответствующая этим измерениям высота ЗВТ составила следующие значения: $H_{T6}=84$ м, $H_{T7}=87$ м, ..., $H_{Tn}=85$ м. Таким образом, на протяжении всего периода горных работ по лаве высота распространения ЗВТ не достигла нижнего контура (подошвы) водоносного горизонта, что позволило безопасно произвести отработку лавы.

В случае выявления из мониторинга, что высота ЗВТ возросла и дошла до нижнего контура водоносного горизонта, необходимо горные работы по лаве остановить и дальнейшую отработку лавы проводить с применением горных мероприятий, например, применить выемку пласта на неполную мощность, что уменьшит деформации массива и поверхности и соответственно высоту распространения ЗВТ.

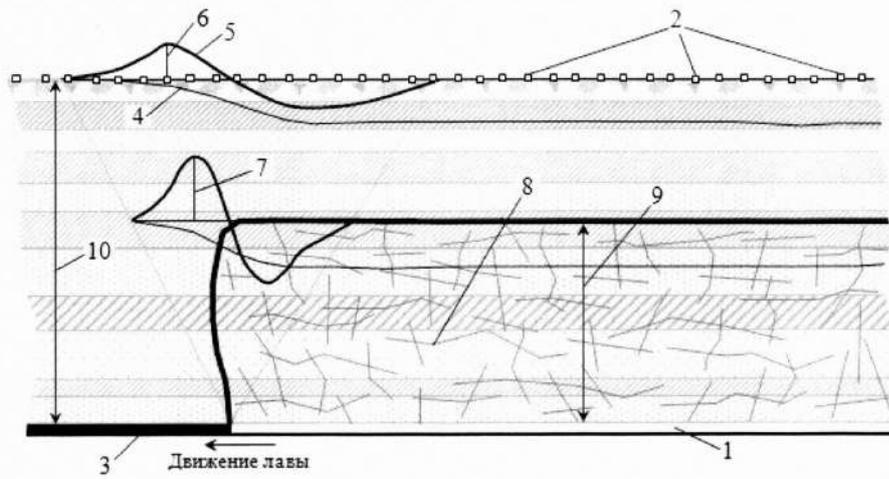
Преимуществом способа является повышение точности контроля за изменением высоты распространения зоны водопроводящих трещин (ЗВТ) при одновременном повышении достоверности и оперативности за счет того, что высота ЗВТ определяется в зависимости от уровня фактически достигнутой максимальной кривизны на момент ее получения из периодических наблюдений за сдвижением и деформациями реперов профильной линии, заложенной на поверхности.

Способ применяют на пластовых месторождениях (это все угольные и частично рудные месторождения) при оценке развития зоны водопроводящих трещин в подрабатываемой толще пород для решения вопросов безопасного ведения горных работ под водными объектами: реками, естественными и искусственными водоемами, гидроотвалами, водоносными горизонтами, затопленными горными выработками.

(57) Формула изобретения

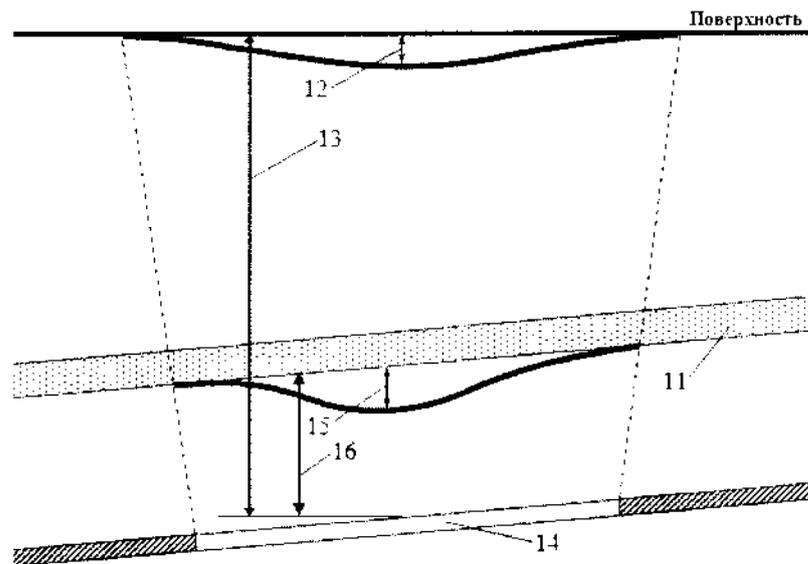
Способ мониторинга развития зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством на пластовых месторождениях, включающий определение содержания пород глинистого состава в подрабатываемой толще, граничной кривизны породного слоя как функции содержания пород глинистого состава, относительного центра распределения мощностей пород глинистого и не глинистого составов подрабатываемой толщи, корректировку граничной кривизны путем умножения ее на величину относительного центра распределения мощностей пород глинистого и не глинистого составов подрабатываемой толщи, отличающийся тем, что на поверхности над будущим выработанным пространством лавы закладывают профильную линию реперов в главном сечении мульды сдвижения по простиранию пласта, проводят периодическое нивелирование по реперам профильной линии, находящихся в зоне влияния движущегося забоя лавы, для каждой серии наблюдений, соответствующей определенному положению забоя лавы относительно профильной линии, получают распределения оседаний, наклонов, кривизны и высоту распространения зоны водопроводящих трещин как расстояние по вертикали от разрабатываемого пласта до профильной линии, умноженное на корень квадратный из отношения максимального значения кривизны в серии наблюдений по профильной линии к граничной кривизне для данных горно-геологических условий.

**СПОСОБ МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ ЗОНЫ
ВОДОПРОВОДЯЩИХ ТРЕЩИН НАД ВЫРАБОТАННЫМ
ПРОСТРАНСТВОМ НА ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**



Фиг. 1

**СПОСОБ МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ ЗОНЫ
ВОДOPPOBODЯЩИХ ТРЕЩИН НАД ВЫРАБОТАННЫМ
ПРОСТРАНСТВОМ НА ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**



Фиг. 2