



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01V 9/007 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022113969, 25.05.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.05.2022

Дата регистрации:
28.03.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.05.2022

(45) Опубликовано: 28.03.2023 Бюл. № 10

Адрес для переписки:

620075, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул.
Мамина-Сибирияка, 58, Усманов Альберт
Исмагилович

(72) Автор(ы):

Далатказин Тимур Шавкатович (RU),
Зуев Павел Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт горного дела
Уральского отделения Российской академии
наук (ИГД УрО РАН) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Далатказин Т. Ш.,
"ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДОНОМЕТРИИ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ
СИТУАЦИИ ГОРНОГО МАССИВА
ЕСТЮНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ",
ИЗВЕСТИЯ ТУЛЬСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.
НАУКИ О ЗЕМЛЕ. номер 3, 2020, С.141-149,
релевантная часть: С.141-144. RU 2516593 C1,
20.05.2014. Далатказин Т. Ш., " Взаимосвязь
уровня радоновой эмиссии с современной
(см. прод.)

(54) Способ геодинамического районирования горного массива с использованием радонометрии

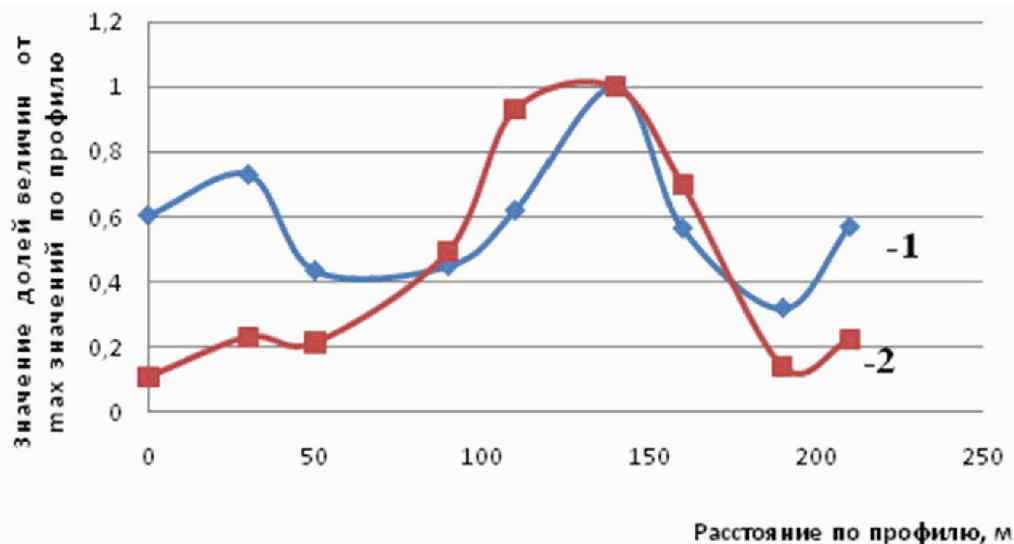
(57) Реферат:

Изобретение относится к инженерной геологии, а именно к способам, обеспечивающим безопасность объектов недропользования, и может быть использовано для получения структурно-геодинамической модели горного массива. Заявлен способ геодинамического районирования горного массива с использованием радонометрии, включающий измерения объемной активности в почвенном воздухе радиометром альфа-активных газов на дневной поверхности исследуемого горного массива по профильным линиям. Причем, на этапе камеральной обработки результатов полевых измерений для определения именно геодинамической составляющей формирования поля радона исследуемая территория

подразделяется на участки с характерным выдержанным фактором формирования поля радоновых эманаций, не связанного с современной геодинамической активностью: по вещественному составу горных пород; по гранулометрическому составу покровных отложений; по положению уровня грунтовых вод; по степени увлажнения покровных отложений. Для определения геодинамической составляющей формирования поля радоновых эманаций выполняется нормирование каждого значения объемной активности радона в почвенном воздухе, Q_i (Бк/м³), измеренной в границах выделенных участков: $N_i = Q_i / Q_{\text{ср. группы}}$, где N_i

– нормированная объемная активность радона точки измерения i , безразмерная величина; Q_i – значение объемной активности радона в почвенном воздухе точки измерения на профильной линии, Бк/м³; $Q_{\text{ср. группы}}$ – среднеарифметическое значение объемной активности радона в почвенном воздухе группы

точек измерений, Бк/м³. Далее, применяя метод интерполяции, строится карта распределения нормированных значений объемной активности радона и на основе распределения нормированных значений объемной активности радона в почвенном воздухе изучаемой территории осуществляется её геодинамическое районирование. 6 ил., 1 табл.



Распределение нормированных значений объемной активности радона в почвенном воздухе и суммы вертикальных смещений за период 1996–2010 гг. по профильной линии III – III, выраженных в долях от максимальных по профилю значений. 1 – распределение долей $|\Delta H|$; 2 – распределение долей $Q_{\text{норм}}$.

Фиг. 5

(56) (продолжение):

геодинамикой и тектоническими зонами", Горный информационно-аналитический бюллетень, номер 2. 2007, С. 212 - 215. Далатказин Т. Ш., "Использование радонометрии при структурногеодинамическом исследовании горного массива для обеспечения безопасности ответственных объектов недропользования", ТехНАДЗОР, номер 2, 2008, С. 94 - 95. SU 396659 A1, 29.08.1973. RU 2068186 C1, 20.10.1996.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01V 9/007 (2022.08)

(21)(22) Application: **2022113969, 25.05.2022**

(24) Effective date for property rights:
25.05.2022

Registration date:
28.03.2023

Priority:

(22) Date of filing: **25.05.2022**

(45) Date of publication: **28.03.2023** Bull. № 10

Mail address:

**620075, Sverdlovskaya obl., g. Ekaterinburg, ul.
Mamina-Sibiryaka, 58, Usmanov Albert
Ismagilovich**

(72) Inventor(s):

**Dalatkazin Timur Shavkatovich (RU),
Zuev Pavel Igorevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
uchrezhdenie nauki Institut gornogo dela
Uralskogo otdeleniia Rossiiskoi akademii nauk
(IGD UrO RAN) (RU)**

(54) **METHOD OF GEODYNAMIC ZONING OF A MOUNTAIN RANGE USING RADONOMETRY**

(57) Abstract:

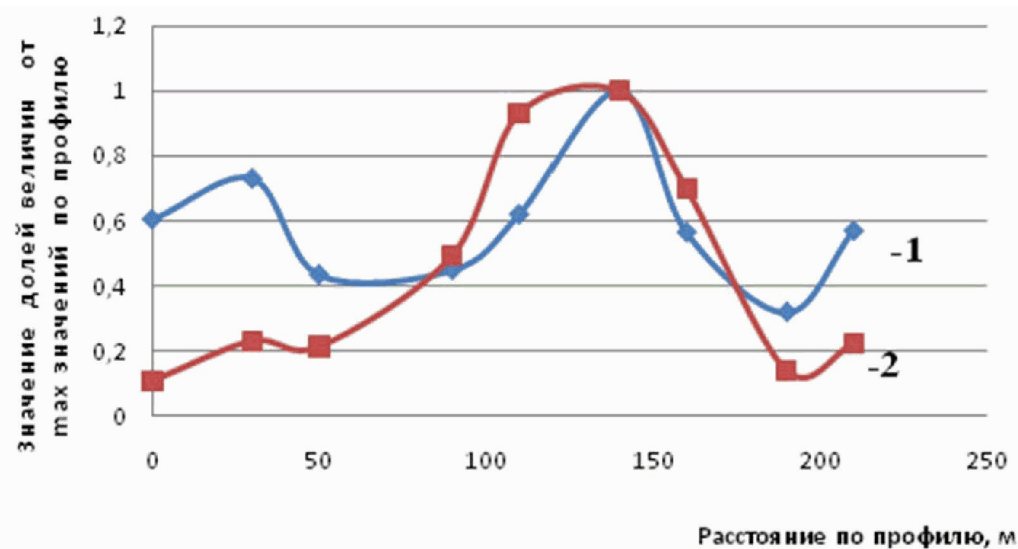
FIELD: engineering geology.

SUBSTANCE: invention relates to methods that ensure the safety of subsoil assets, and can be used to obtain a structural-geodynamic model of a rock mass. A method for geodynamic zoning of a mountain range using radonometry is claimed, including measurements of volumetric activity in soil air with an alpha-active gas radiometer on the daylight surface of the studied rock mass along profile lines. Moreover, at the stage of in-office processing of the results of field measurements, in order to determine precisely the geodynamic component of the formation of the radon field, the study area is divided into areas with a characteristic sustained factor in the formation of the field of radon emanations, not associated with modern geodynamic activity: according to the material composition of rocks; according to the granulometric composition of the cover deposits; according to the position of the groundwater level; according to the degree of moistening of the cover deposits. To

determine the geodynamic component of the formation of the radon emanation field, each value of the volumetric activity of radon in the soil air is normalized, Q_i (Bq/m³), measured within the boundaries of the selected areas: $N_i = Q_i / Q_{comp}$, where N_i is the normalized volumetric activity of radon at the measurement point i , dimensionless value; Q_i - the value of the volumetric activity of radon in the soil air of the measurement point on the profile line, Bq/m³; Q_{comp} is the arithmetic mean of the volumetric activity of radon in the soil air of a group of measurement points, Bq/m³.

EFFECT: using the interpolation method, a map of the distribution of normalized values of radon volumetric activity is constructed and, based on the distribution of normalized values of radon volumetric activity in the soil air of the study area, its geodynamic zoning is carried out.

1 cl, 6 dwg, 1 tbl



Распределение нормированных значений объемной активности радона в почвенном воздухе и суммы вертикальных смещений за период 1996–2010 гг. по профильной линии III – III, выраженных в долях от максимальных по профилю значений. 1 – распределение долей $|\Delta H|$; 2 – распределение долей $Q_{\text{норм}}$.

Фиг. 5

Изобретение относится к инженерной геологии, а именно к способам, обеспечивающим безопасность объектов недропользования, и может быть использовано для получения структурно-геодинамической модели горного массива.

Геодинамическое районирование горного массива применяется для выявления, трассировки, оконтуривания и районирования подвижных разрывных нарушений и разломов земной коры в его пределах.

Возможность использования радонометрии для геодинамического структурирования горного массива определяется, свойствами радона и тем, что поле радоновых эманацй формируется всем диапазоном современной геодинамической активности и интегрально характеризует её интенсивность.

Радон – благородный, химически инертный газ – не вступает во взаимодействие с другими элементами. Источник альфа-излучения и поэтому уверенно регистрируется даже при малых концентрациях специальными приборами. В 7,5 раз тяжелее атмосферного воздуха. Обладает высокой проникающей способностью. Период полураспада радона-222 составляет 3,8 суток, торона-220 – 59 сек. Генерация его происходит непрерывно во всех горных породах.

Геодинамическая составляющая поля радоновых эманацй формируется в соответствии:

- с дифференциацией массива по степени проницаемости, характерной для подвижных участков разломной зоны и определяющей условия миграции радона и других флюидов;
- с распределением степени воздействия упругих волновых колебаний, вызванных современными подвижками в массиве;
- со свойствами радона.

Интенсивность выделения радона зависит от интенсивности современной геодинамической активности. Все это позволяет использовать картину поля радоновых эманацй для обнаружения подвижных разрывных нарушений, их картирования и предварительного геодинамического районирования при проведении геодинамической диагностики горного массива.

Взаимосвязь геодинамических процессов с интенсивностью эманирования радона подтверждается мониторинговыми геодезическими измерениями с использованием традиционных методов и высокоточных GPS-технологий спутниковой геодезии. Установлена положительная корреляционная зависимость между интенсивностью процесса эманацй радона из горных пород и степенью воздействия на них напряженно-деформационного поля.

Использование радонометрии позволяет без периодических измерений, в отличие от геодезических методов, выявлять зоны повышенной геодинамической активности.

Мониторинговые радонометрические исследования дают возможность наблюдать трансформацию напряженно-деформированного состояния массива во времени.

Геодинамическая составляющая поля радоновых эманацй формируется всем спектром современной геодинамической активности.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является способ оценки ширины зоны динамического влияния активного разлома земной коры. Сущность и совокупность этапов известного способа состоит в отборе проб воздуха из почвенного слоя в выбранных точках исследуемой территории; анализа отобранной пробы, определяя объемную активность радона; по уровню среднего арифметического значения объемной активности радона оконтуривают приразломную аномалию; рассчитываются пространственные и количественные соотношения аномалии радона с полем приразломной трещиноватости; затем производят оценку показателя радоновой

активности разлома, а также оценку ширины зоны динамического влияния разлома на участке исследования. Технический результат: повышение достоверности определения зон активных разрывных деформаций земной коры [Пат. РФ 2516593, 11.09.2012].

Известный способ обладает следующим недостатком: на достоверность результатов известного способа влияют факторы формирования поля радоновых эманаций, не связанные с современной геодинамической активностью.

Для объяснения недостатков известного способа в случае его использования в геодинамической диагностике горного массива необходимо рассмотреть факторы формирования поля радоновых эманаций, не связанных с проявлением современной геодинамической активности.

Вещественная неоднородность горного массива. Одним из основных факторов определяющих значение концентрации изотопов радона в породах горных пород, является содержание изотопов радия, материнским нуклидом которого является уран. Уран, как и другие радиоактивные элементы, распространен повсеместно во всех горных породах с высокой степенью рассеяния. Вместе с тем, существуют общие геохимические закономерности распределения урана в горных породах.

Для магматических горных пород концентрация урана и радия снижается по мере снижения содержания SiO_2 . Наибольшая концентрация урана и радия в магматических горных породах наблюдается в кислых, меньше в средних, ещё меньше в основных, а наименьшая – в ультраосновных породах.

Возникающие из магмы все типы изверженных пород – основные, средние, кислые являются исходным материалом для образования всевозможных пород осадочного и метаморфического комплекса, а также в значительной мере и для формирования почв.

Наиболее распространенными осадочными породами являются глины, пески, песчаники.

Глины разнообразны по радиоактивности. Обычно они соответствуют радиоактивности горных пород, которые являются их материнскими источниками.

Радиоактивность песков и песчаников связана с присутствием некоторых радиоактивных минералов, например, циркона (малакона, циртолита), эпидота, ураненита, монацита, браннерита, карнотита и др. При отсутствии радиоактивных минералов фоновые значения концентрации радона в песках очень низкие.

Метаморфические породы по содержанию урана занимают промежуточное положение между осадочными и магматическими породами. Концентрация урана в этих породах зависит от первоначального содержания и влияния последующих процессов метаморфизма.

В почвах главным источником урана – радия являются почвообразующие породы.

Влияние гранулометрического состава покровных отложений. Общие особенности процессов почвообразования обуславливают также тот факт, что наибольшее содержание радиоактивных элементов отмечается в тонкой фракции почв, с размером частиц менее 0,1 мм. Это связано с дисперсным характером вторичных соединений и адсорбцией элементов на поверхности коллоидных частиц.

Кроме концентрации урана и радия, выделение радона из горных пород и почв существенно зависит, также от:

– пористости;

– коэффициента эманации – определяется как отношение количества атомов радона, покинувших породу, к количеству атомов, родившихся за это же время. Как правило, породы с высокой пористостью обладают более высоким коэффициентом эманации.

Влияние положения уровня грунтовых вод. Радон хорошо растворяется в воде, но,

при этом плохо дегазируется.

Степени увлажнения покровных отложений и почвенного слоя. Увлажнение влияет на фильтрационно-диффузионные свойства покровных отложений и почв за счет заполнения порового пространства водой, что влияет на скорость миграции

газообразных флюидов.

Структурно-геодинамические неоднородности горного массива. Различные условия миграции и эманирования радона обуславливают аномалии радона в горном массиве. Аномалии радона могут формироваться в связи с тем, что он может накапливаться в порах и трещинах тектонических нарушений, куда поступает по системам микротрещин.

Проницаемость тектонических разрывов зависит от степени геодинамической активности этих структур. Это определяется тем, что степень раскрытия трещин зависит от степени взаимного смещения берегов разлома. При тектонических подвижках пород возможность и интенсивность этого вида миграции увеличиваются, так как возникают новые пути миграции, а также локальные увеличения давления, дающие импульсы, которые способствуют продвижению жидкостей и газов по порам и микротрещинам. Кроме того, современная геодинамика препятствует процессу седиментационного заполнения полостей трещин разрывного нарушения. Также установлено, что под влиянием вибрации наблюдается повышение интенсивности выделения радона из горных пород.

Известный способ оценки ширины зоны динамического влияния активного разлома земной коры не учитывает влияние нетектонических факторов (не связанных с современной геодинамической активностью) на формирования поля радоновых эманаций, влияние которых снижает достоверность результатов исследований.

Целью изобретения является существенное повышение информативности, достоверности и оперативности при геодинамическом районировании горного массива для повышения эффективности мероприятий, направленных на обеспечение безопасности объектов недропользования.

В основе изобретения использованы зависимости распределение значений эманаций радона в почвенном воздухе горного массива определяется распределением степени интенсивности современной геодинамической активности.

Этапы выполнения предлагаемого способа геодинамического районирования горного массива с использованием радонометрии:

1. Выполняются измерения объемной активности радона ($\text{Бк}/\text{м}^3$) в почвенном воздухе радиометром альфа-активных газов, по профильным линиям из шпуров, глубиной 0,8–1,0 м расстояние между профильными линиями не более 50 м, расстояние между точками измерения не более 10 м.

2. Выполняется обработка результатов измерений объемной активности радона ($\text{Бк}/\text{м}^3$) в почвенном воздухе. При обработке результатов полевых измерений для определения и акцентирования (выделения) геодинамической составляющей формирования поля радона выполняется нормирование значений объемной активности радона в почвенном воздухе. Для этого полученные в результате полевых измерений значения объемной активности радона группируются. Группирование выполняется по факту принадлежности к участкам с характерным, выдержанным фактором формирования поля радоновых эманаций, не связанного с современной геодинамической активностью:

- по вещественному составу горных пород;
- по гранулометрическому составу покровных отложений;
- по положению уровня грунтовых вод;

- по степени увлажнения покровных отложений и т.д.

После разделения исследуемого участка на группы с наличием характерных факторов формирования поля радоновых эманаций, не связанных с современной геодинамической активностью, выполняется нормирование значений объемной активности радона в границах выделенных групп:

Для каждой точки измерения в группе рассчитываются нормированные значения объемной активности радона:

$$N_i = Q_i / Q_{\text{ср.группы}},$$

где N_i – нормированная объемная активность радона точки измерения i , безразмерная величина;

Q_i – значение объемной активности радона в почвенном воздухе точки измерения на профильной линии, Бк/м³;

$Q_{\text{ср.группы}}$ – среднеарифметическое значение объемной активности радона в почвенном воздухе группы точек измерений, Бк/м³.

3. С использованием интерполяции строится карта распределения нормированных значений объемной активности радона. На основе распределения нормированных значений объемной активности радона в почвенном воздухе изучаемой территории осуществляется её геодинамическое районирование. Принцип интерпретации результатов радонометрии для геодинамического районирования – прямая зависимость формирования поля радона от распределения интенсивности современной геодинамической активности в массиве. При этом N_i фактически является индексом геодинамической активности в точке измерения, что позволяет ранжировать изучаемый горный массив по степени современной геодинамической активности.

Пример 1. Песчанское железорудное месторождение шахты «Северопесчанская» (Свердловская область)

Участок исследования расположен над Южной залежью шахты «Северопесчанская». Находится в зоне высокого уровня техногенного воздействия на горный массив – между двумя зонами обрушения от шахт «Северопесчанская» и «Новая» в г. Краснотурьинск Свердловской области, в непосредственной близости от карьера ЗАО «Золото Северного Урала» и отвала этого карьера.

С целью определения геодинамической ситуации использованы радонометрические исследования. Геодинамическая активность участвует в формировании поля радоновых эманаций. Для устранения влияния нетектонических факторов на формирование поля радона использован метод нормирования значений объемной активности радона в почвенном воздухе. Полученные данные изменения объемной активности радона подтверждаются результатами маркшейдерско-геодезических измерений. Использование нормирования значений объемной активности радона в почвенном воздухе позволяет использовать результаты радонометрии для ранжирования выявленных аномальных деформационных участков по степени современной геодинамической активности.

На фиг. 1 и 2 представлены результаты измерений, выполненных в 2013–2015 гг. Радонометрические измерения выполнялись по двум профилям I-I и II-II на участке от Rp19 до Rp25 профильной линии I. Расстояние между профилями составляет 40 м. Расстояние между точками измерения 6-10 м.

Сопоставление результатов трех серий режимных радонометрических измерений свидетельствует о значительных эволюционных изменениях деформационного поля

изучаемого массива за периоды между сериями. Наблюдается «затухание» аномалий, выявленных в предыдущих сериях, и формирование новых. Так, например, между первой и второй сериями на участке Rp19 – Rp24 произошло снижение нормированных значений объемной активности радона, что свидетельствует об уменьшении

5 растягивающих напряжений. Этот вывод подтверждается данными маркшейдерско-геодезического мониторинга. На фиг. 2 представлен график горизонтальных деформаций в интервале Rp19 – Rp25.

Геодезические наблюдения подтвердили достоверность результатов геодинамической диагностики с использованием радонометрии на исследуемом участке. Изменения поля радона в почвенном воздухе отражают трансформацию напряженно-деформированного

10 состояния массива. При этом радонометрический метод позволяет без периодических измерений в отличие от геодезических измерений выявить зоны сосредоточения деформаций.

В 2017–2018 гг., одновременно с радонометрическими наблюдениями вдоль профилей I-I и II-II, выполнены исследования по ранжированию деформационных участков по

15 степени современной геодинамической активности с использованием данных радонометрии. Исследования выполнялись на участке от ствола «Южный Вентиляционный» в направлении провала.

Измерения параметров поля радона в почвенном воздухе выполнялись по профилям III-III и IV-IV (участок «Вентиляционный»). Расстояние между точками измерения

20 составляет 10 м, между профильными линиями 30 м (фиг. 3).

В результате измерений на участке «Вентиляционный» были выявлены аномальные деформационные участки. За прошедший период произошло перераспределение геодинамической активности вдоль профильной линии: геодинамические индексы на

25 участках между реперами профильной линии от репера OR3 до репера Rp4 возросли в диапазоне от 12% до 81%, в то время как на участке между реперами Rp4-Rp5 понизились на 55% (табл. 1).

Таблица 1 – Изменение индекса геодинамической активности I на участке «Вентиляционный» в 2017–2018 гг.

Интервал реперов	$I_{2017 \text{ год}}$	$I_{2018 \text{ год}}$	Изменение индекса, %
OR3 – Rp1	1,34	1,51	+12,7
Rp1-Rp2	0,8	1,45	+81,2
Rp2-Rp4	1,22	1,53	+25,4
Rp4-Rp5	1,73	0,77	-55,5

Если рассматривать индекс геодинамической активности в целом для всего участка «Вентиляционный», то за прошедший период между сериями наблюдений (22.09.2017 г. – 21.06.2018 г.) он практически не изменился и составил 1,05 в 2017 году и 1,02 в 2018

40 году.

Выводы

Проведенные исследования и разработанная методика применения эманационной съемки для геодинамической диагностики массива горных пород позволили сформулировать следующие выводы:

- радонометрический метод позволяет с высокой степенью детальности определить геодинамическую ситуацию горного массива без периодических измерений, т.е. может являться экспресс-методом геодинамической диагностики;
- периодические измерения поля радона позволяют наблюдать изменения

геодинамической ситуации исследуемого участка;

- геодинамическая модель, построенная на основе нормированных значений объемной активности радона, отражают геодинамическую составляющую, которая сформирована всем спектром частот современной геодинамической активности;

- 5 - определение геодинамической ситуации с использованием нормированных значений объемной активности радона позволяет ранжировать локальные участки массива по степени современной геодинамической активности.

Пример 2. Участок в зоне техногенного воздействия подземных работ шахты «Естюнинская» (Свердловская область)

- 10 Участок расположен в зоне интенсивного техногенного воздействия подземных горных работ шахты Естюнинская. Согласно результатам инструментальных геодезических наблюдений за период 1996–2010 гг. по профильной линии III–III в различные временные отрезки следует, что на данном участке земной поверхности образовалась устойчивая общая мульда сдвижения, граница которой уходит за пределы
- 15 профильной линии (фиг. 4).

- Карта геодинамического районирования на основе распределения концентраций радона в почвенном воздухе участка земной поверхности профильной линии III–III и прилегающей территории подтверждает представления об особенностях формирования здесь процесса сдвижения, сложившихся на основе результатов многолетних
- 20 геодезических наблюдений о происходящих здесь геодинамических процессах (фиг.5). Как и предполагалось, на участке, расположенным непосредственно над отработанным пространством (между Rp.7 – Rp.6), наблюдается «провисание» массива пород, что определяет их сжатие и снижение возможности миграции за счет уменьшения раскрытия трещин и активной пористости. В то же время, на флангах участка над выработанным
- 25 пространством наблюдается формирование участков с аномалиями значениями эманацій в почвенном воздухе. Таким образом, по данным радонометрии, было зафиксировано геодинамическое состояние формирующейся мульды сдвижения.

- Сопоставление результатов геодинамического районирования с использованием радонометрии и данных геодезического мониторинга показывает зависимость
- 30 параметров поля радоновых эманацій от параметров и механизма современной геодинамической активности (фиг.5).

Пример 3. Прибортовой участок массива горных пород угольного разреза «Шубаркольское угольное месторождение» (Республика Казахстан).

- С целью определения геодинамической ситуации прибортовых участков массива
- 35 горных пород разреза Шубаркольского угольного месторождения в 2019 г. были выполнены радонометрические исследования.

- В результате, по принципу прямой зависимости формирования поля радона от распределения интенсивности современной геодинамической активности построены карты геодинамического районирования на основе распределения нормированных
- 40 значений объемной активности радона по исследованным участкам, выявлены и оконтурены деформационные зоны (Фиг. 6), определены индексы геодинамической активности для зон с наибольшей (по данным радонометрии) интенсивностью деформационного процесса.

- Обработка результатов полевых измерений производилась в программе
- 45 моделирования и анализа данных - Surfer.

Азимут простирания трещиноватости составляет 300° . На участке наблюдается три деформационные зоны: №2, №3, №4, (деформационная зона на восточном фланге второго участка полностью не изучена и поэтому не оценивалась).

Деформационная зона № 2 расположена в северо-западной части участка. Максимальные значения нормированных значений объемной активности радона (более 2,4) расположены на краевом участке борта. Индекс геодинамической активности деформационной зоны № 2 составляет:

$$I_{\text{геод. активн. деформ. зоны № 2}} = 2,41$$

Деформационная зона № 3 расположена в северо-восточной части участка. Максимальные значения нормированных значений объемной активности радона ($2,0 \div 2,4$) расположены на краевом участке борта. Индекс геодинамической активности деформационной зоны № 3 составляет:

$$I_{\text{геод. активн. деформ. зоны № 3}} = 2,14$$

Деформационная зона № 4 расположена в юго-западной части участка. Максимальные значения нормированных значений объемной активности в пределах деформационной зоны составляют 2,1.

$$I_{\text{геод. активн. деформ. зоны № 4}} = 2,09$$

В результате получились различные индексы геодинамической активности выявленных деформационных зон.

Преимущества предлагаемого способа перед аналогом

1. Применение нормирования значений объемной активности радона исследуемой территории позволяет определить именно геодинамическую составляющую формирования поля радона.

2. Применение нормирования значений объемной активности радона исследуемой территории позволяет сформировать создать систему ранжирования геодинамической активности земной коры вне зависимости от влияния факторов формирования поля радоновых эманаций, не связанных с современной геодинамикой.

Измерения объемной активности радона (Бк/м^3) в почвенном воздухе выполняются радиометрами альфа-активных газов по профильным линиям из шпуров, глубиной 0,8–1,0 м. Расстояние между профильными линиями не более 50 м. Расстояние между точками измерения на профильной линии не более 10 м.

Использование программы моделирования и анализа данных - *Surfer* при определении индекса геодинамической активности позволяет повысить достоверность результата за счет привлечения к расчетам кроме нормированных значений объемной активности радона в почвенном воздухе (N), определенных по результатам натурных измерений, значений, полученных при интерполяции.

Вывод

Предлагаемое использование нормирования при обработке результатов эманационной съемки для определения геодинамической составляющей формирования поля радона в почвенном воздухе значительно повышает достоверность предлагаемого способа по сравнению с аналогом. Обеспечивает возможность широкого применения радонометрии в комплексе геодинамической диагностики.

Нормирование позволяет определить геодинамическую составляющую формирования поля радона. На основе распределения нормированных значений объемной активности радона в почвенном воздухе изучаемой территории осуществляется её геодинамическое районирование.

Нормированное значение объемной активности радона в почвенном воздухе (N) фактически является индексом геодинамической активности в точке измерения, что позволяет ранжировать изучаемый горный массив по степени современной геодинамической активности.

Нормирование позволяет создать единую систему ранжирования поверхности земной коры по степени современной геодинамической активности по результатам радонометрических исследований.

Наличие в предлагаемом решении признаков, отличных от признаков, характеризующих решение по ближайшему аналогу, позволяет сделать вывод о его соответствии условию патентоспособности изобретения «новизна» и «изобретательский уровень».

(57) Формула изобретения

Способ геодинамического районирования горного массива с использованием радонометрии, включающий измерения объемной активности в почвенном воздухе радиометром альфа-активных газов на дневной поверхности исследуемого горного массива по профильным линиям, отличающийся тем, что на этапе камеральной обработки результатов полевых измерений, для определения именно геодинамической составляющей формирования поля радона, исследуемая территория подразделяется на участки с характерным выдержанным фактором формирования поля радоновых эманаций, не связанного с современной геодинамической активностью:

- по вещественному составу горных пород;
- по гранулометрическому составу покровных отложений;
- по положению уровня грунтовых вод;
- по степени увлажнения покровных отложений,

и далее для определения геодинамической составляющей формирования поля радоновых эманаций выполняется нормирование каждого значения объемной активности радона в почвенном воздухе, Q_i (Бк/м³), измеренной в границах выделенных участков:

$$N_i = Q_i / Q_{\text{ср. группы}},$$

где

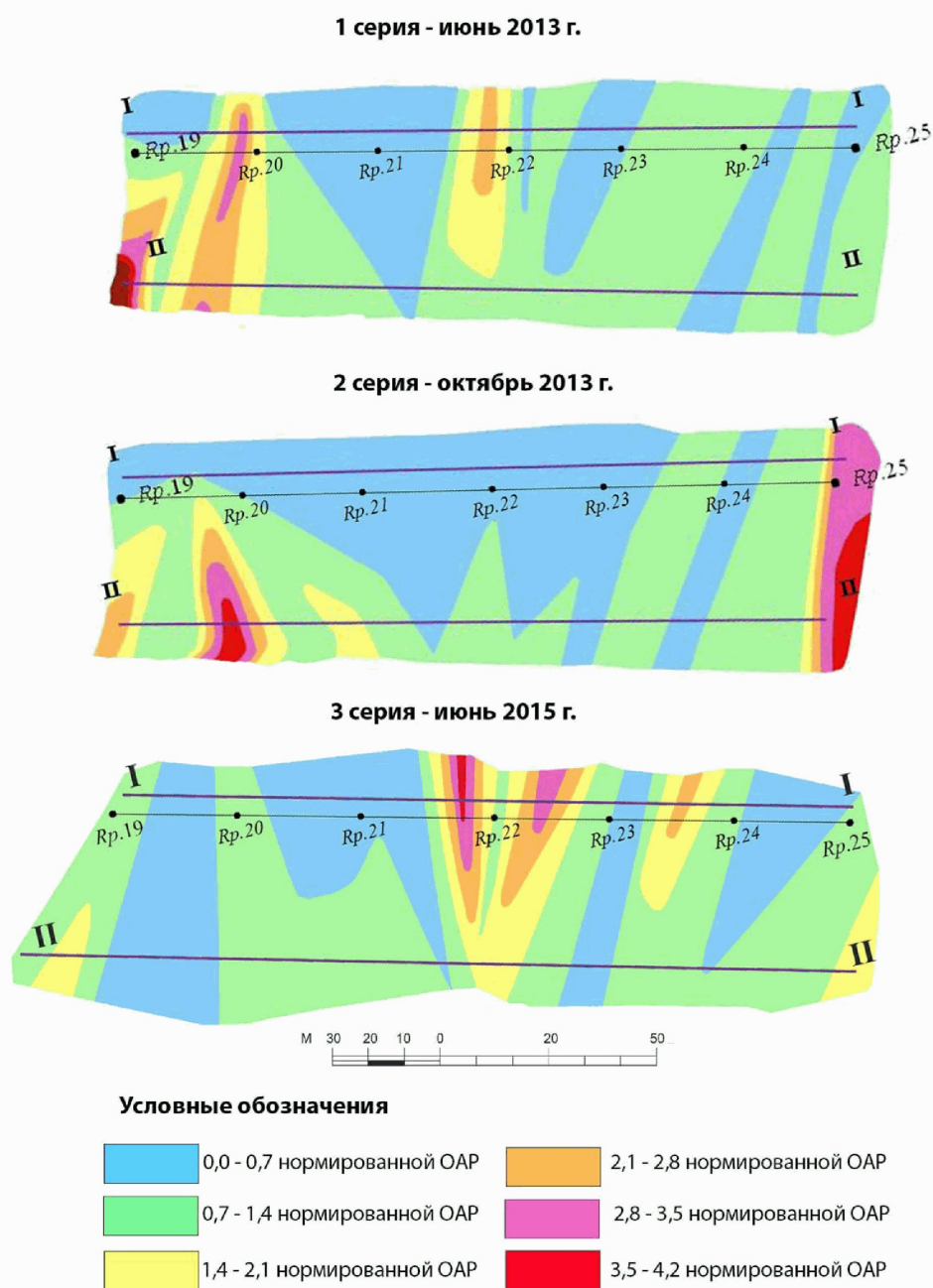
N_i - нормированная объемная активность радона точки измерения i , безразмерная величина;

Q_i - значение объемной активности радона в почвенном воздухе точки измерения на профильной линии, Бк/м³;

$Q_{\text{ср. группы}}$ - среднеарифметическое значение объемной активности радона в почвенном воздухе группы точек измерений, Бк/м³,

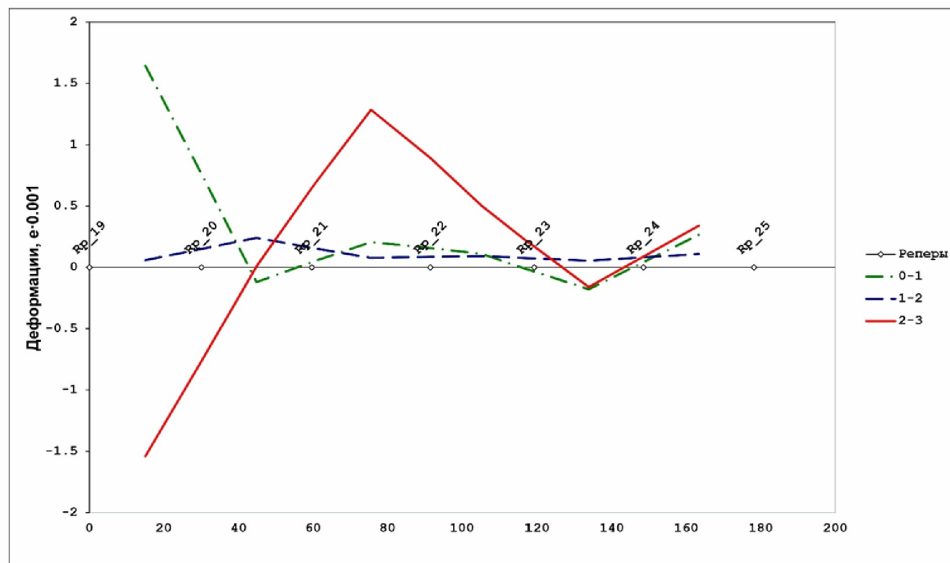
далее, применяя метод интерполяции, строится карта распределения нормированных значений объемной активности радона и на основе распределения нормированных значений объемной активности радона в почвенном воздухе изучаемой территории осуществляется ее геодинамическое районирование.

1

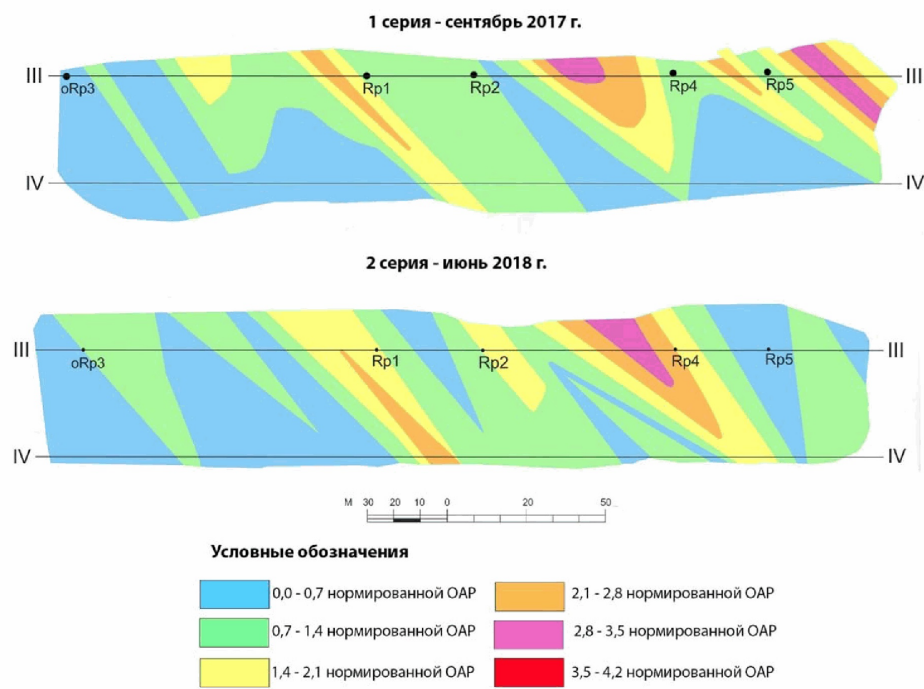


Фиг.1. Результаты трех серий режимных наблюдений поля радона в зоне подземной разработки Южной залежи

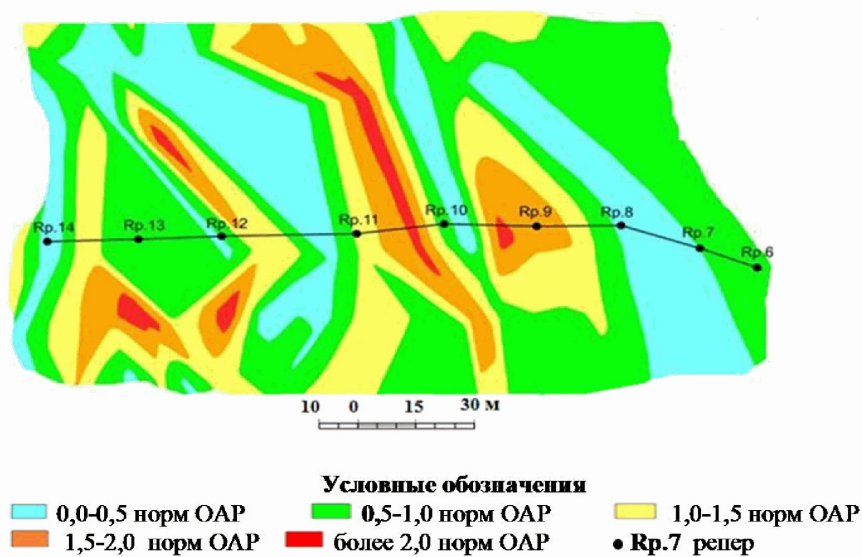
2



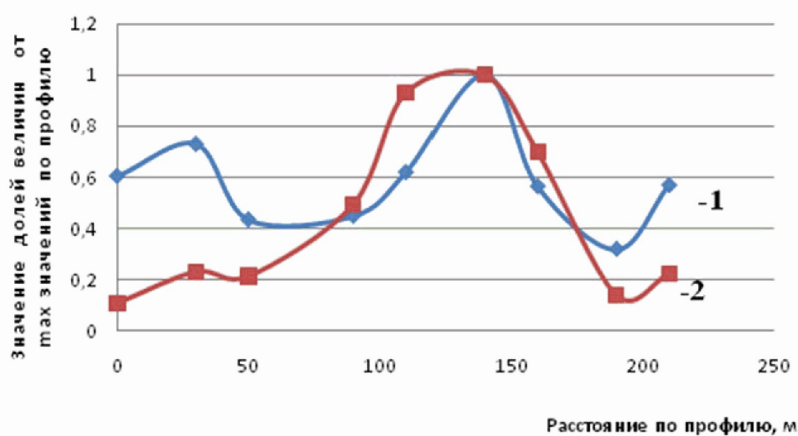
Фиг.2. График горизонтальных деформаций по результатам геодезического мониторинга на участке профильной линии I за периоды, соответствующие трем сериям режимных наблюдений поля радона



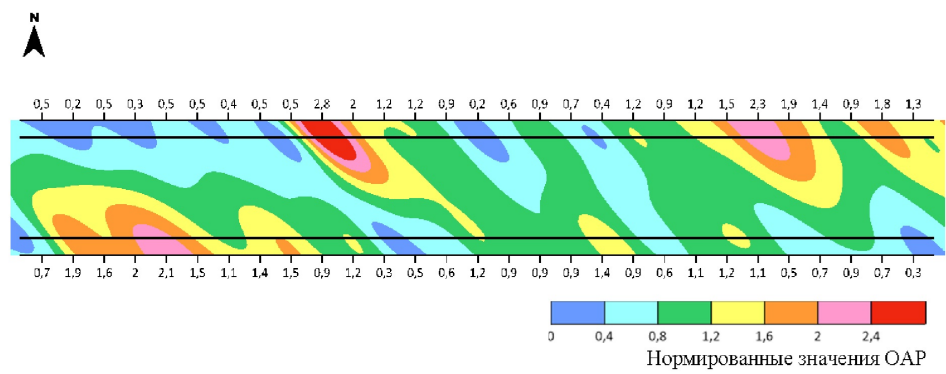
Фиг. 3 – Результаты наблюдений поля радона в зоне действия подземных работ шахты «Северопесчанская» на участке «Вентиляционный» 22.09.2017 и 21.06.2018.



Фиг. 4 – Геодинамическое районирование по данным радонометрии Естыонинского железорудного месторождения



Фиг. 5 – Распределение нормированных значений объемной активности радона в почвенном воздухе и суммы вертикальных смещений за период 1996–2010 гг. по профильной линии III – III, выраженных в долях от максимальных по профилю значений. 1 – распределение долей $|\Delta H|$; 2 – распределение долей $Q_{\text{норм}}$.



Фиг. 6 – Участок радонометрических измерений. Центральный разрез, Шубаркольское угольное месторождение, Республика Казахстан.