



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2011124616/05, 16.06.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
16.06.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.06.2011

(45) Опубликовано: 10.12.2012 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2357222 C1, 27.05.2009. RU 2362984 C2, 27.07.2009. RU 2314511 C2, 10.01.2008. WO 2005082460 A1, 09.09.2005. JP 3208327 A, 11.09.1991.

Адрес для переписки:

167982, г.Сыктывкар, ул.  
Коммунистическая, 28, Институт биологии  
Коми научного центра УрО РАН,  
Инновационная группа

(72) Автор(ы):

**Тентюков Михаил Пантелеймонович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (RU)**

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ  
НАНОРАЗМЕРНЫМИ ЧАСТИЦАМИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу определения загрязнения приземного слоя атмосферы наноразмерными частицами. Способ включает осаждение на депонирующем субстрате наноразмерных частиц. Перед осаждением создают градиент температур между субстратом и атмосферным воздушным потоком. Осаждение и удержание наноразмерных частиц на субстрате осуществляют посредством действия молекулярных сил типа вандерваальсовых. При этом осаждение наноразмерных частиц осуществляют на субстрат из тонкодисперсных

минеральных частиц, содержащих примесные парамагнитные стабильные  $\text{NO}_3^{2-}$  центры, чувствительные к воздействию солнечного излучения. О загрязнении приземного слоя атмосферы судят по интенсивности сигнала свободных радикалов. Достижимый при этом технический результат заключается в расширении сферы применения химически инертных порошковых субстратов при выявлении аэрозольного загрязнения приземной атмосферы, а также в повышении качества и достоверности оценки пылевого загрязнения приземной атмосферы. 8 ил., 4 пр., 1 табл.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01N 1/00* (2006.01)  
*B82B 1/00* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011124616/05, 16.06.2011**

(24) Effective date for property rights:  
**16.06.2011**

Priority:

(22) Date of filing: **16.06.2011**

(45) Date of publication: **10.12.2012 Bull. 34**

Mail address:

**167982, g.Syktyvkar, ul. Kommunisticheskaja, 28,  
Institut biologii Komi nauchnogo tsentra UrO  
RAN, Innovatsionnaja gruppa**

(72) Inventor(s):

**Tentjukov Mikhail Pantelejmonovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
uchrezhdenie nauki Institut biologii Komi  
nauchnogo tsentra Ural'skogo otdelenija  
Rossijskoj akademii nauk (RU)**

**(54) METHOD OF DETERMINING CONTAMINATION OF ATMOSPHERIC SURFACE LAYER WITH NANOPARTICLES**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: method involves depositing nanoparticles on a depositing substrate. Before deposition, temperature gradient is generated between the substrate and the atmospheric air stream. The nanoparticles are deposited and held on the substrate by Van der Waals forces. The nanoparticles are deposited on a substrate made of finely dispersed mineral particles, containing impurities of

paramagnetic stable  $\text{NO}_3^{2-}$  centres which are sensitive to solar radiation. Contamination of the atmospheric surface layer is determined from free radical signal intensity.

EFFECT: wider field of use of chemically inert powdered substrates when detecting aerosol contamination of the atmospheric surface layer, high quality and reliability of evaluating dust pollution of the atmospheric surface layer.

8 dwg, 4 ex, 1 tbl

Изобретение относится к области защиты окружающей среды и предназначено для определения загрязнения приземного слоя атмосферы наноразмерными частицами (например, оптически непрозрачными частицами сажи, вулканического пепла, цементной пыли, тонкодисперсных глинистых минералов), осаждение которых  
5 снижает эффективность работы солнечных батарей, замутняет оптику камер видеонаблюдения и зеркала телескопов.

Известен способ контроля загрязнения воздуха наноразмерными частицами, выбранный за прототип, включающий осаждение на депонирующем субстрате из  
10 тонкодисперсного химически инертного порошка аэрозолей из пограничного слоя воздуха над субстратом. Перед осаждением создают градиент температур между субстратом и атмосферным воздушным потоком. Удержание наноразмерных частиц на субстрате осуществляют посредством действия молекулярных сил типа  
15 вандерваальсовых. Количество удержанного вещества определяют с помощью химического анализа.

Недостатком способа является невозможность его применения для определения загрязнения приземного слоя атмосферы оптически непрозрачными наноразмерными частицами (например, сажа, вулканический пепел, цементная пыль, тонкодисперсные  
20 глинистые минералы), ухудшающими работу оптических приборов (например, солнечные батареи, камеры видеонаблюдения и зеркала телескопов).

Задачей настоящего изобретения является разработка нового способа определения загрязнения приземного слоя атмосферы оптически непрозрачными наноразмерными частицами (например, сажа, вулканический пепел, цементная пыль, тонкодисперсные  
25 глинистые минералы).

Технический результат способа заключается в расширении сферы применения химически инертных порошковых субстратов при выявлении аэрозольного загрязнения приземной атмосферы и обеспечивает повышение качества и  
30 достоверности оценки пылевого загрязнения приземной атмосферы.

Технический результат способа достигается тем, что определение загрязнения приземного слоя атмосферы наноразмерными частицами, ухудшающими работу оптических приборов, осуществляется путем осаждения наноразмерных частиц на депонирующем субстрате. Согласно изобретению, роль депонирующего субстрата  
35 выполняет тонкий слой из микродисперсных минеральных химически инертных частицах с оптической активностью, перед осаждением создают градиент температур между субстратом и воздушным потоком. Осаждение наноразмерных частиц на субстрате реализуется посредством турбулентной диффузии частиц в субстрат из  
40 пограничного слоя, образующегося при движении турбулентных и конвективных потоков над субстратом, и удержание частиц действием молекулярных сил типа вандерваальсовых. В субстрате, состоящем из тонкого слоя микродисперсных минеральных химически инертных частиц с оптической активностью (чувствительных  
45 к воздействию солнечного света), при освещении солнечным светом возникает сигнал свободных радикалов, интенсивность которого меняется в условиях запыления воздуха, что может быть зафиксировано методом электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР).

Изобретение основано на использовании сорбционного субстрата из  
50 тонкодисперсных минеральных частиц, содержащих примесные парамагнитные стабильные центры, чувствительные к воздействию солнечного излучения.

Изобретение поясняется чертежами и фотографиями:

Фиг. 1. Спектры ЭПР эталонного (а) и экспонированных в городе (б) и зеленой

зоне (в) образцов  $\text{CaCO}_3$ . В, мТ - значения поляризующего магнитного поля в миллитеслах.

Фиг.2. Диагностируемый (эталонный) сигнал парамагнитных стабильных  $\text{NO}_3^{2-}$ -центров в позициях ионов марганца (а), сигнал  $\text{NO}_3^{2-}$ -центров в образцах, экспонированных в зеленой зоне (б), городе (в).

Фиг.3. Схема диффузионного и турбулентного осаждения сухих аэрозолей из пограничного слоя на поверхность химически инертного субстрата.

Фиг.4. Обустройство аэрозольной площадки (фото).

Фиг.5. Спектр ЭПР эталонного образца  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (навеска для анализа 200 мг) и разностные спектры экспонированных порошков и эталонного образца.

Нормирование интенсивностей спектров произведено по линиям  $\text{Fe}^{3+}$  с g-факторами 5.08 и 4.27.

Фиг.6. Спектры ЭПР эталонного (1) и экспонированного (2) образцов  $\text{MgO}$ .

Фиг.7. Установка трубчатых контейнеров в снежной толще (фото).

Фиг.8. Изменение интенсивности спектра  $\text{Mn}^{2+}$   $\text{Fe}^{3+}$  в снежной толще с глубиной.

Таблица. Схема экспонирования порошковых сорбентов ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

#### Пример 1

Для реализации способа экспонирование химически инертного субстрата осуществлялось в устройстве, обеспечивающем сухое осаждение аэрозольных частиц на субстрат. В результате действия солнечной радиации из-за различий теплоемкости материалов ложемент с депонирующим субстратом, представляющим собой порошковый химически инертный материал, и контейнера, в котором осуществляется его экспонирование, во внутреннем объеме контейнера возникает температурный градиент. Схема процесса показана на фиг.1. Через открытую нижнюю часть контейнера, в устройство поступает воздух с аэрозольными частицами. Наличие градиента температур и отверстий (перфораций) в верхней части контейнера обеспечивает во внутреннем объеме устройства возникновение условий для формирования конвективных и турбулентных воздушных потоков.

При обтекании воздушным потоком субстрата у его поверхности скорость потока сильно изменяется, образуется так называемый пограничный слой; если на внешней границе этого слоя скорость обозначить через  $v$ , то в пограничном слое происходит резкое падение скорости воздушного потока от  $v$  до 0. Данное снижение происходит за счет трения о шероховатую поверхность. Известно, что в зависимости от распределения скорости  $v$  пограничный слой может быть ламинарным и турбулентным. В ламинарном пограничном слое распределение скорости воздушного потока изменяется линейно: от 0 на твердой поверхности до  $v$  на границе слоя с воздушным потоком. При увеличении скорости воздушного потока ламинарный слой переходит в турбулентный, для которого характерно нелинейное распределение скорости воздушного потока, но при этом ламинарный поток сохраняется в виде небольшого подслоя у твердой поверхности. Осаждение частиц на поверхность идет за счет диффузионного переноса (молекулярной диффузии) из диффузионного (концентрационного) слоя с нулевой скоростью воздушного потока (слой с нулевой скоростью подстилает ламинарный слой [Зимон А.Д. Что такое адгезия. - М.: Наука, 1983. 176 с.]). Толщина диффузионного слоя зависит от скорости потока и степени шероховатости поверхности в зоне контакта с воздушным потоком. Таким образом, у поверхности в ламинарном потоке возникает градиент скорости, в диффузионном слое формируется градиент концентрации вблизи поверхности. Поскольку воздух

прозрачен для солнечной радиации, его температура в пограничном слое зависит от нагрева частиц, а ее (температуры) величина - от интенсивности солнечной радиации. При этом, чем больше частиц в пограничном слое, тем выше его температура, тем активней идет турбулентное и молекулярное перемешивание: при нагреве частиц часть их кинетической энергии передается молекулам воздуха. Число соударений возрастает и повышается диффузионная скорость частиц в пограничном слое, что приводит к увеличению осаждения частиц на поверхность, как за счет роста скорости турбулентной и молекулярной диффузии. В зоне контакта частицы удерживаются на поверхности за счет вандерваальсового взаимодействия. Если силы взаимодействия между двумя частицами больше, чем при взаимодействии между частицей и поверхностью, то в диффузионном слое с нулевой скоростью воздушного потока происходит укрупнение частиц. В этом случае на осаждение частиц начинают влиять уже силы гравитации, а их прилипание к поверхности будет дополняться действием капиллярных сил. В этом случае при контакте частицы с поверхностью между ними образуется прослойка жидкости за счет капиллярной конденсации, т.е. конденсации паров в жидкость при давлении, которое меньше давления насыщенного пара. При этом образующийся мениск жидкости в зоне контакта притягивает частицу к поверхности и удерживает ее [Зимон А.Д. Что такое адгезия. - М.: Наука, 1983. 176 с.].

Было организовано экспонирование искусственного порошка  $\text{CaCO}_3$  (марка хч) на двух ключевых участках. Первый расположен в 4 км от города Сыктывкара, в зеленой зоне, второй - в жилом районе в центре города Сыктывкара. Порошок насыпали тонким слоем на ложемент, помещенный внутрь устройства для экспонирования, изготовленного из материала, свободно пропускающего солнечную радиацию, и которое защищало сорбент от дождевых осадков. В каждое устройство помещали по одному ложементу. Было установлено по одному устройству на каждом участке. Время экспонирования составило 30 дней. Спектры ЭПР были изучены в ЦКП «Центр спектроскопических исследований» Института геологии Коми НЦ УрО РАН на серийном радиоспектрометре SE/X-2547 (RadioPAN, Польша) в X-частотном диапазоне с ВЧ модуляцией 100 кГц при комнатной температуре образцов. Применялся прямоугольный резонатор RX102 с модой  $\text{TE}_{102}$ . Изучено две пары образцов  $\text{CaCO}_3$ : контрольный и экспонированный. Навеска препаратов при регистрации спектров составляла около 200 мг. Порошки помещались в кварцевую пробирку. Сигналы пробирки устранялись из полученных спектров при математической обработке спектров (съемка и обработка спектров выполнены В.Н.Лютеевым, ИГ Коми НЦ УрО РАН).

На фиг.2 представлены спектры контрольного (неэкспонированного) и экспонированного образцов. В спектре контрольного образца фиксируются две системы линий, связанные с наличием в структуре вещества замещающих кальций ионов  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  [Альтшуллер С.А., Козырев Б.М. Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп. - М.: Наука, 1972. 672 с]. В спектре также отмечается малоинтенсивный уширенный компонент примесных фаз железа. В экспонированном образце интенсивность линий  $\text{Mn}^{2+}$  осталась неизменной, хотя линии структурных ионов железа понизились в интенсивности и появилась интенсивная широкая полоса, которая может быть связана с абсорбцией на поверхности вещества железосодержащих фаз ( $\text{Fe}^{3+}$ ) из состава теллурической пыли. Наряду с этим в спектре ЭПР экспонированных образцов появляется поликомпонентный сигнал ЭПР в области свободных радикалов ( $\text{C}^*$ ), зафиксированный на обоих участках. Четко регистрируется только центральная часть

спектра в виде пары линий с g-факторами 2.0059 и 2.0035. После компьютерной обработки спектров эталонного образца и удаления линий марганца проявились дополнительные компоненты, почти симметрично расположенные относительно центральной пары линий (фиг.3, линия а). Расшифровка данного сигнала показала, что в кристаллах  $\text{CaCO}_3$  он связан с примесными парамагнитными стабильными  $\text{NO}_3^{2-}$ -центрами, которые оказались чувствительными к воздействию солнечного излучения. Следовательно, при экспонировании порошка нитратсодержащего карбоната кальция в нем под воздействием солнечной радиации происходит переход исходных состояний нитрат-ионов в определяемые ЭПР-спектроскопией парамагнитные стабильные  $\text{NO}_3^{2-}$ -центры. Установлено, что в условиях запыленности приземного слоя атмосферы сигнал парамагнитных  $\text{NO}_3^{2-}$ -центров приглушается. Так, в образце, экспонированном в зеленой зоне, сигнал почти в 1.5 раза сильнее, чем для образца, установленного городе, - линии (б) и (в) соответственно (фиг.3). Наблюдаемый эффект ослабления сигнала вызван осаждением наноразмерных оптически непрозрачных частиц, возможно, состоящих из железосодержащих фаз ( $\text{Fe}^{3+}$ ) теллурической пыли, на поверхность зерен карбоната кальция.

Следовательно, тонкодисперсный порошок из нитратсодержащего карбоната кальция может быть использован в качестве ЭПР-регистратора прозрачности приземного слоя воздуха.

Пример 2 связан с мониторингом радионуклидов в стоке сухих выпадений. Полученные результаты показывают наличие высоких содержаний железосодержащей фазы в стоке сухих (выпадения) аэрозолей, которые в определенных условиях могут служить причиной снижения прозрачности линз оптических приборов.

Наблюдения за сезонной динамикой концентраций радионуклидов в стоке сухих аэрозолей в лесные экосистемы были организованы на ключевом участке, расположенном в пределах зеленой зоны к западу от города Сыктывкара. В границах участка на деревьях развешивались устройства для сбора сухих аэрозолей. Пример обустройства аэрозольной площадки показан на фиг.4. В качестве субстрата использован химически инертный тонкодисперсный порошок  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (марки хч). Порошок (4-5 г) насыпали тонким слоем на ложемент. В каждое устройство помещали по одному ложементу. Схема наблюдений по сезонной динамике концентраций радионуклидов в стоке сухих аэрозолей в лесные экосистемы предусматривала ежемесячную установку одной партии устройств (20 шт.). Период наблюдений составил год (с мая 2009 г. по май 2010 г.). Измерения  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  производили в аккредитованной лаборатории миграции радионуклидов и радиохимии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (аттестат аккредитации №САРК RU. 0001.441622) на сцинтилляционном гамма-бета спектрометрическом комплексе с программным обеспечением «Прогресс» в геометриях «чашка Петри», «Кювета-D70», «Маринелли-250». Время измерения проб в указанных геометриях составило 7200, 3600 и 3600 соответственно (измерения выполнены В.В Камбаловым, вед. инж.-электроник).

Для качественной характеристики минералогической фазы сухих выпадений в экспонированных образцах использовали ЭПР-спектроскопию. Спектры ЭПР были изучены в ЦКП «Центр спектроскопических исследований» Института геологии Коми НЦ УрО РАН на серийном радиоспектрометре SE/X-2547 (RadioPAN, Польша) при комнатной температуре образцов. Эталонные (неэкспонированные) и экспонированные образцы ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) изучены с тройной повторностью. Навеска

образцов при регистрации спектров составляла около 200 мг. Порошки помещали в кварцевую пробирку. Сигналы пробирки устраняли из полученных спектров при математической обработке спектров (съёмка и обработка спектров выполнены В.Н.Лютоевым, ИГ Коми НЦ УрО РАН).

5 Гамма-спектрометрия экспонированных образцов показала, что для  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  удельная активность ниже чувствительности метода определения. Только для  $^{40}\text{K}$  результаты измерений показали наличие сезонности в динамике концентраций (табл.). В спектре эталонного образца присутствуют уширенные компоненты, 10 которые отождествляются с линиями от ионов  $\text{Fe}^{3+}$ , локализованных в замещающих ионы алюминия структурных позициях оксида алюминия (линии с g-факторами 5.08 и 2.07) и в аморфизованных частях вещества ( $g=4.27$ ) [De Biasi R.S., Rodriques D.C.S. Influence of iron concentration and partical size on ESR linewidth of  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Fe}^{3+}$  powders // J. 15 Materials Sci. Lett., 1983. V 2, N1. P.210-212]. Узкая линия с g-фактора = 2.004, по-видимому, относится к поверхностным дефектам. Кроме этого, в области спектра при значениях магнитного поля около 300 мТ присутствует широкая полоса, которая происходит от небольших количеств примесей оксидов и/или гидроксидов железа. В спектре ЭПР экспонированных образцов линии примесных ионов  $\text{Fe}^{3+}$  с g- 20 факторами 5.08, 4.27 и 2.07 остались неизменными (фиг.5). В последующем при съёмке и обработке спектров названные линии примесных ионов железа были использованы в качестве внутреннего стандарта интенсивности спектров ЭПР. С их помощью было установлено, что по мере увеличения времени экспозиции образцов в спектрах ЭПР 25 дополнительно появляются сначала одиночные компоненты в интервале полей 170-300 мТ, а затем широкие симметричные полосы с центром при 200 и 320 мТ. Можно предполагать, что на начальных этапах экспозиции на порошок осаждаются отдельные частички магнитных оксидов железа из числа теллурической пыли в составе сухих выпадений, и обуславливающие отдельные компоненты сигналов ферро- 30 антиферромагнитного резонанса, преобразующиеся по мере накопления частичек в широкие усредненные полосы. Сопоставление данных гамма-спектрометрического анализа с ЭПР-спектроскопией экспонированных порошков (табл. и фиг.5) указывает на корреляцию интегральной интенсивности сигналов железосодержащей фаз в сухих 35 аэрозолях и значений удельной активности, полученной для  $^{40}\text{K}$ , возрастающей с увеличением продолжительности экспонирования.

Можно полагать, что региональный перенос  $^{40}\text{K}$  происходит в составе минералов теллурической пыли, а механизм накопления радиоактивности экспонированных 40 препаратов с эффектом суммации малых доз, обусловленного капиллярной конденсацией сухих выпадений в пограничном слое.

### Пример 3

Исследовалась фоточувствительность  $\text{MgO}$  в пологе леса. Экспонирование порошкового субстрата осуществлялось в специальном контейнере (фиг.3), 45 защищающий субстрат от выпадений росы и дождевых осадков. Время экспонирования 18 дней. Спектры ЭПР были изучены в ЦКП «Центр спектроскопических исследований» Института геологии Коми НЦ УрО РАН на серийном радиоспектрометре SE/X-2547 (RadioPAN, Польша) при комнатной 50 температуре образцов. Эталонные (неэкспонированные) и экспонированные образцы ( $\text{MgO}$ ) изучены с тройной повторностью. Навеска образцов при регистрации спектров составляла около 200 мг. Порошки помещали в кварцевую пробирку. Сигналы пробирки устраняли из полученных спектров при математической обработке

спектров (съемка и обработка спектров выполнены В.Н.Лютоевым, ИГ Коми НЦ УрО РАН). В спектре эталонного образца MgO (фиг.6, линия 1) фиксируются 6-компонентный спектр узких пиков, который можно однозначно связать с ионами  $Mn^{2+}$  [Альтшуллер С.А., Козырев Б.М. Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп. - М.: Наука, 1972. 672 с], и одиночная узкая линия, связанные с ионами  $Cr^{3+}$  в позициях Mg [Власова М.В., Каказей Н.Г., Калиниченко А.М., Литовченко А.С. Радиоспектроскопические свойства неорганических материалов. Киев: Наукова Думка, 1987, 719 с.]. Отмечаются также сигналы от ионов  $Fe^{3+}$ , локализованных в замещающих структурных позициях оксида магния ( $g \approx 2$ ) алюминия, а также в аморфизованных частях вещества ( $g=4.27$ ). Присутствует также широкий компонент примесных окси-гидроксидных фаз железа. В экспонированном образце (фиг.6, линия 2) зафиксировано понижение интенсивности линий ионов оксония, примесных ионов марганца и особенно хрома. Предполагается, что эти изменения обусловлены гидратацией поверхности зерен MgO. Кроме этого увеличение интенсивности широкой линии свидетельствует о наличии адсорбции железосодержащих соединений на поверхности вещества субстрата, что, возможно служит основной причиной снижения сигналов марганца и хрома. Тогда наблюдаемый эффект снижения интенсивности сигнала примесных парамагнитных центров в MgO вызван осаждением наноразмерных оптически непрозрачных частиц теллурической пыли на поверхность зерен MgO. Следовательно, тонкодисперсный порошок MgO может быть использован при оценке прозрачности приземного слоя воздуха.

#### Пример 4

Исследовали изменение прозрачности снега с глубиной возле автомобильной дороги. Для этого в специальный держатель с интервалом 5 см закрепили 3 герметичных трубчатых контейнера из кварцевого стекла с прокаленным порошком MgO. Герметизация потребовалась, чтобы исключить гидратацию зерен MgO. При установке в снег верхняя ампула была над поверхностью снежного покрова, остальные две - в снежной толще (фиг.7). Время экспонирования составляло 5 дней. Спектры ЭПР были получены в ЦКП «Центр спектроскопических исследований» Института геологии Коми НЦ УрО РАН на серийном радиоспектрометре SE/X-2547 (RadioPAN, Польша) при комнатной температуре образцов (съемка спектров выполнена В.Н.Лютоевым, ИГ Коми НЦ УрО РАН). Во всех проанализированных образцах присутствовали линии от ионов  $Cr^{3+}$  и  $Fe^{3+}$ , а также регистрировался 6-компонентный спектр, аналогичный полученному ранее (см. фиг.6, линия 1), но отличающихся друг от друга снижением интенсивности сигнала спектра ЭПР ионов  $Mn^{2+}$  с глубиной, то же самое отмечается и для ионов  $Fe^{3+}$  (фиг.8). Снижение интенсивности сигнала произошло вследствие уменьшения оптической прозрачности загрязненного снега с глубиной, что позволяет использовать ЭПР-спектроскопию при проведении мониторинга пылевого загрязнения снежного покрова.



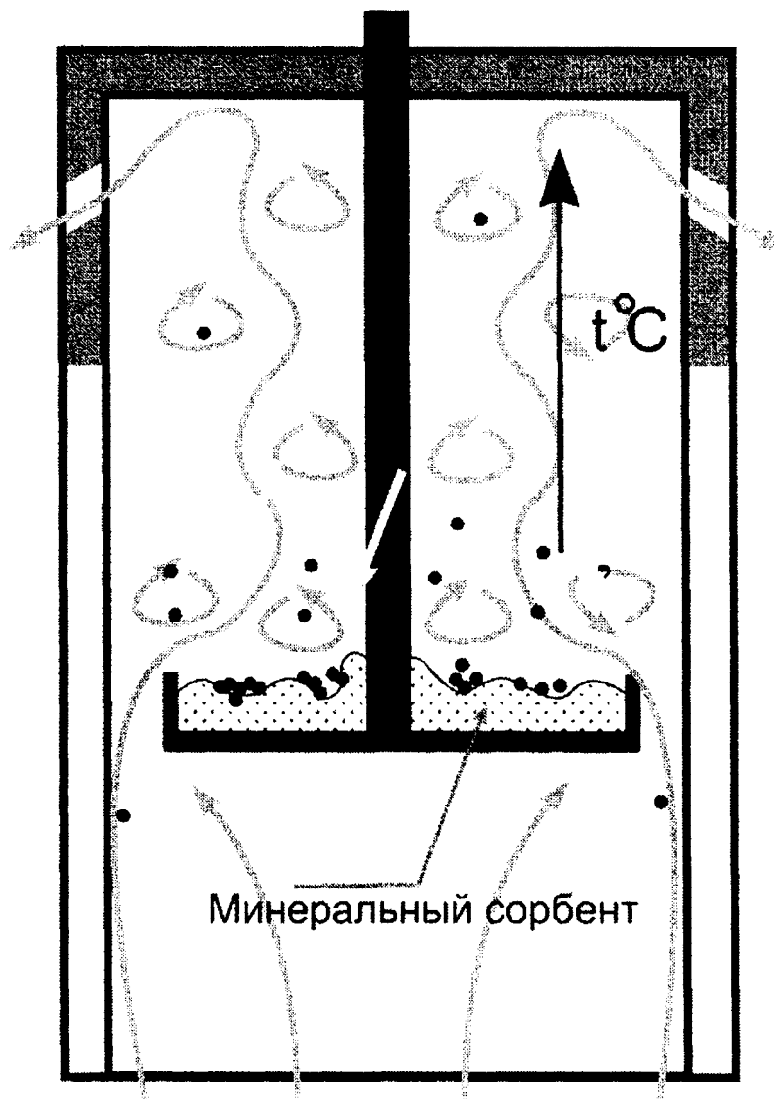
Таблица. Схема экспонирования порошковых сорбентов ( $Al_2O_3$ )

Номер пробы	2009 г.							2010 г.					Удельная активность, Бк/кг	
	V	VI	VII	VII I	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV		V
09-5														54.0±13.5
09-6														< 40
09-7														62.0±18.6
09-8														< 40
09-9														54.0±12.5
09-11														< 40
09-12														< 40
10-1														< 40
10-2														< 40
10-3														< 40

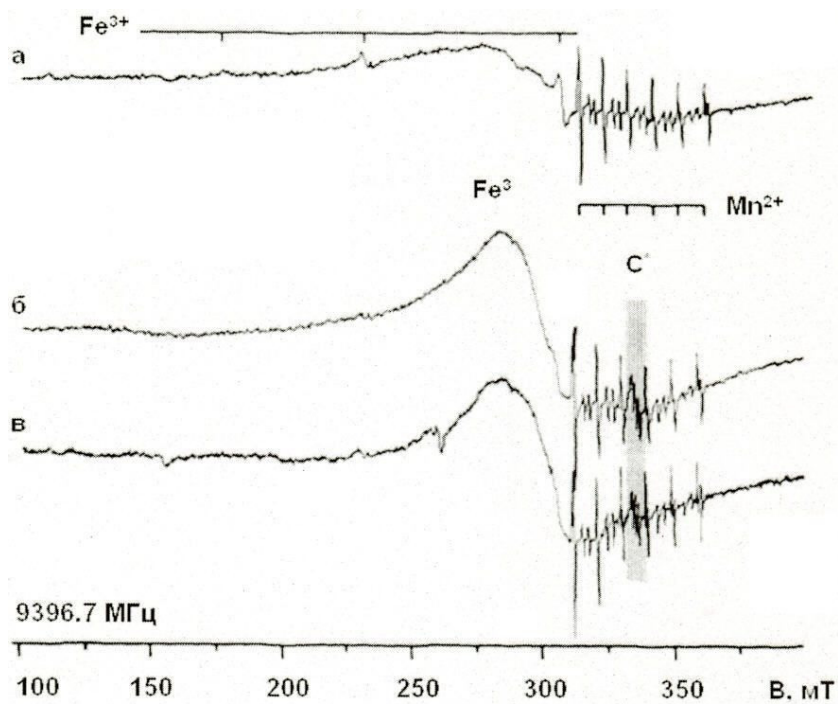
Примечание. Толстой линией показана продолжительность экспонирования каждой партии устройств.

#### Формула изобретения

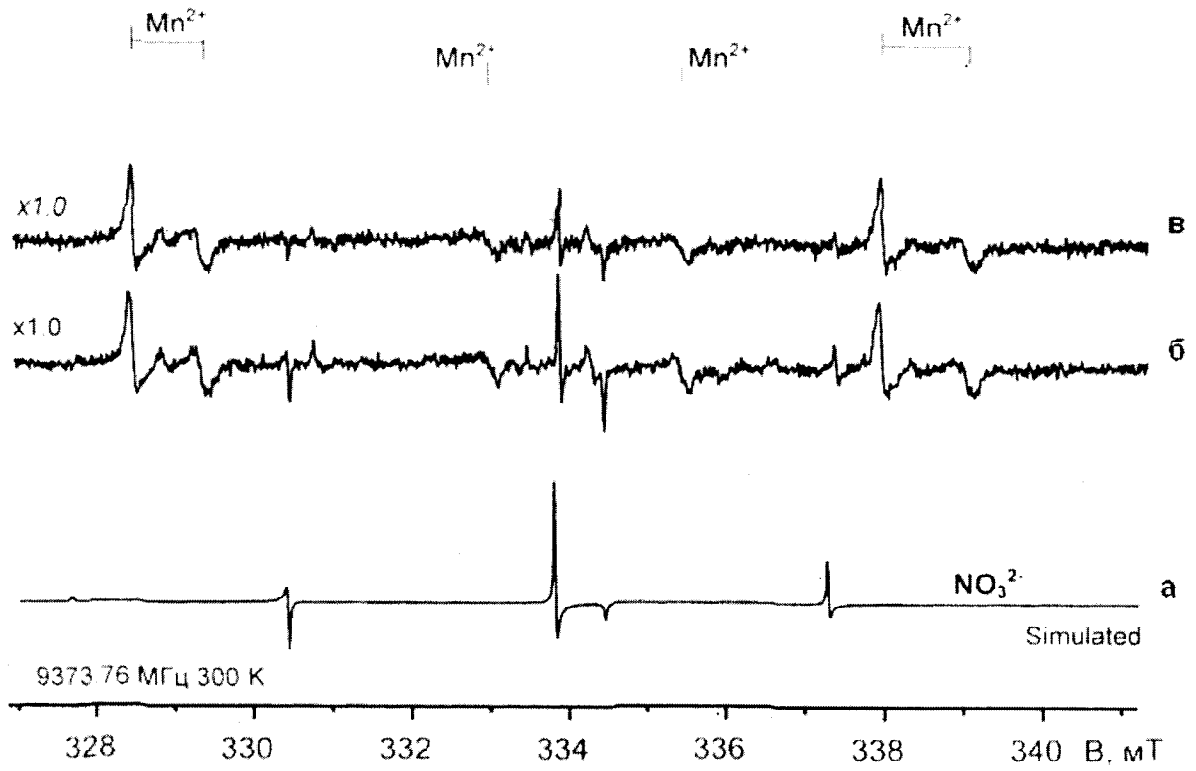
Способ определения загрязнения приземного слоя атмосферы наноразмерными частицами, включающий осаждение на депонирующем субстрате наноразмерных частиц, и перед осаждением создают градиент температур между субстратом и атмосферным воздушным потоком, осаждение и удержание наноразмерных частиц на субстрате осуществляют посредством действия молекулярных сил типа вандерваальсовых, отличающийся тем, что осаждение наноразмерных частиц осуществляют на субстрат из тонкодисперсных минеральных частиц, содержащих примесные парамагнитные стабильные  $NO_3^{2-}$  - центры, чувствительные к воздействию солнечного излучения, а суждение о загрязнении приземного слоя атмосферы ведут по интенсивности сигнала свободных радикалов.



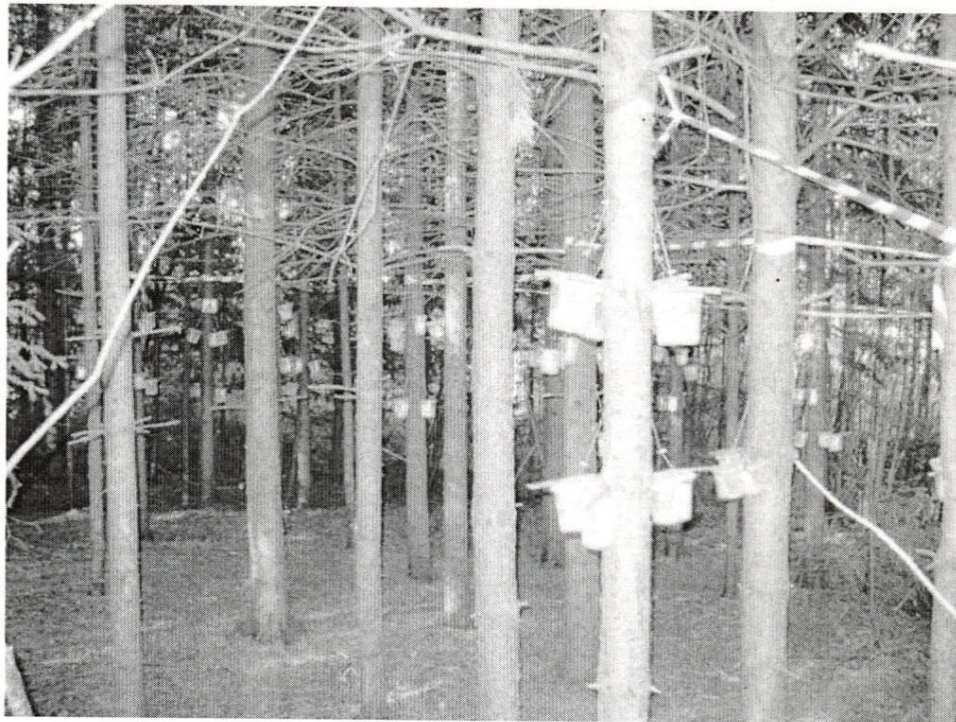
Фиг. 1



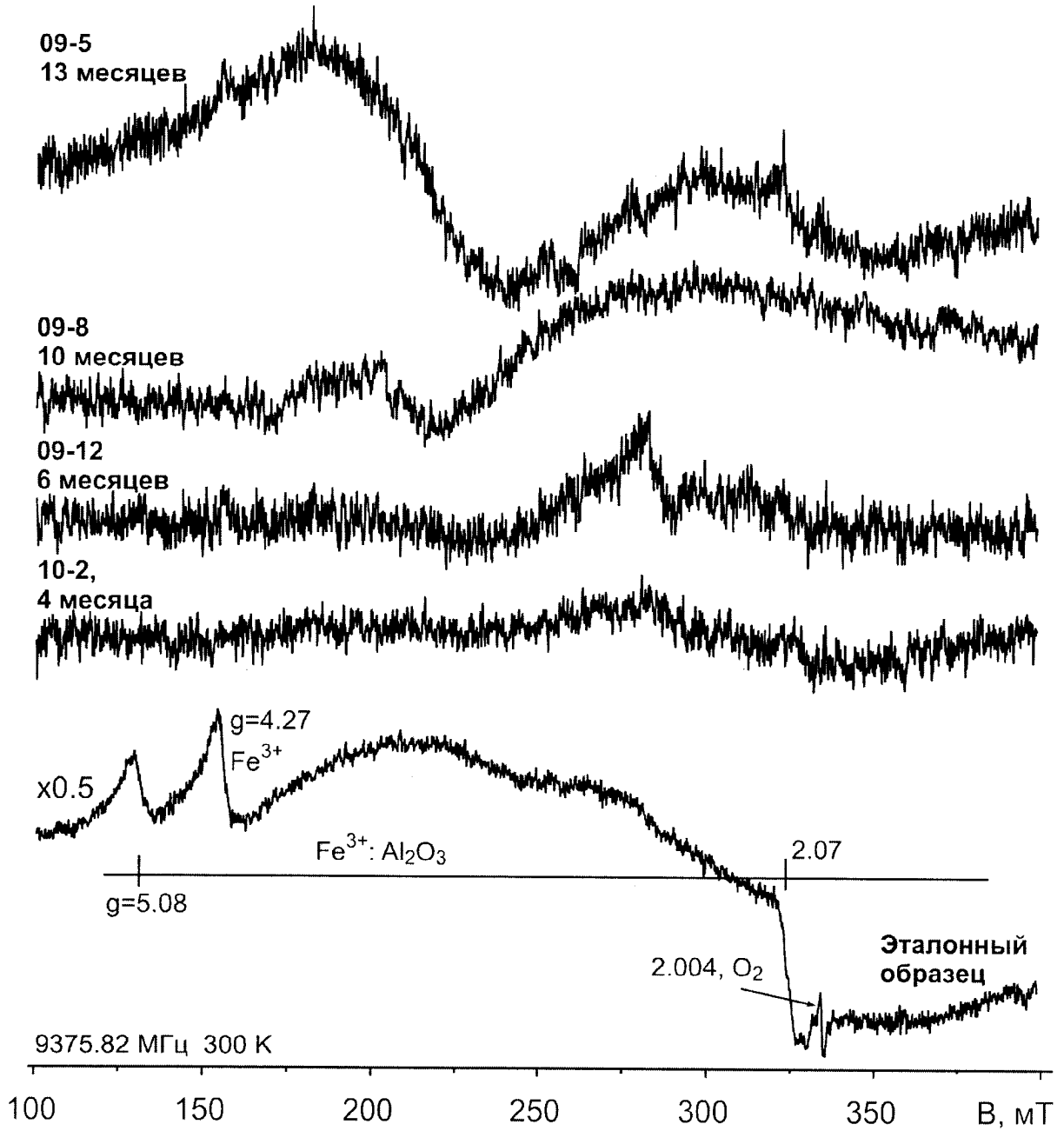
Фиг. 2



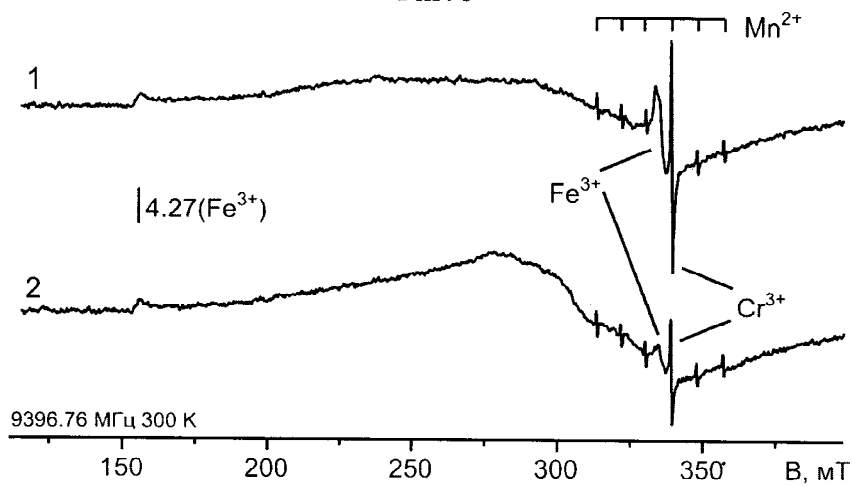
Фиг. 3



Фиг. 4



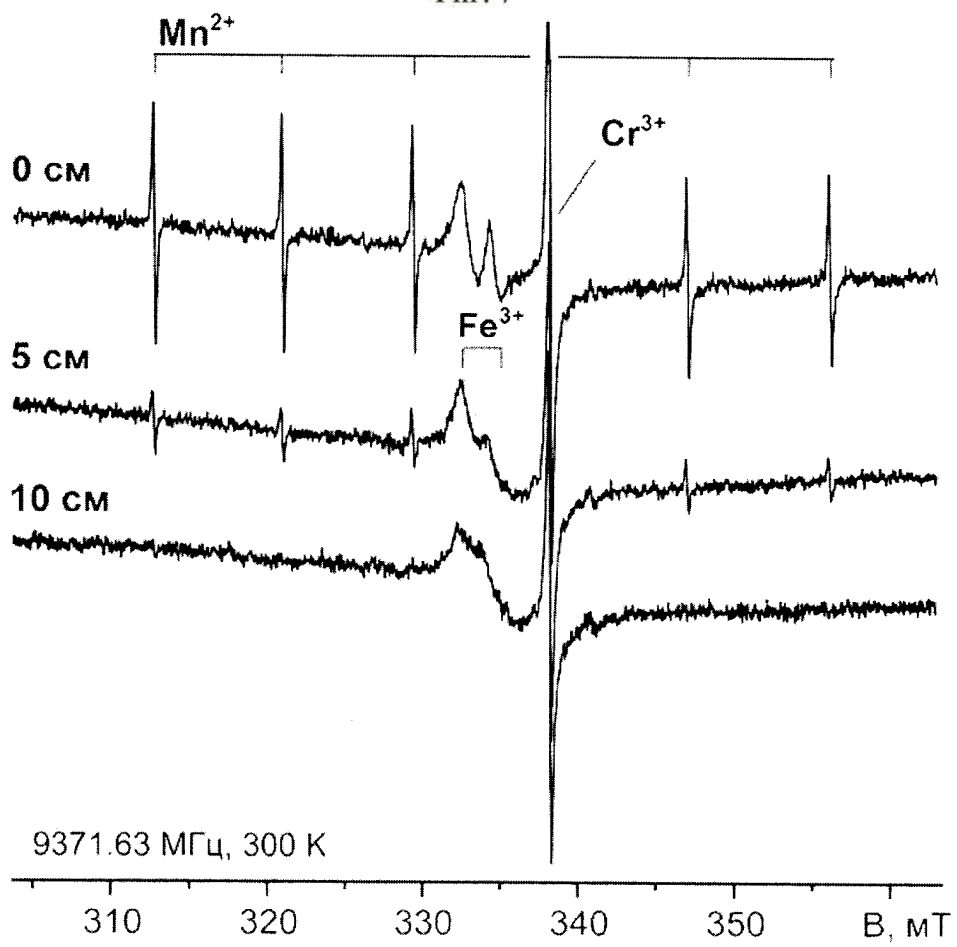
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8