



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2009131544/05, 19.08.2009**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.08.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **19.08.2009**(43) Дата публикации заявки: **27.02.2011** Бюл. № 6(45) Опубликовано: **27.10.2011** Бюл. № 30(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2357222 C1, 27.05.2009. SU 1643988 A1, 23.04.1991. SU 1808122 A3, 07.04.1993. SU 49387 A1, 31.08.1936. DE 4126894 A1, 18.02.1993. WO 2006042691 A1, 27.04.2006. DE 4344324 C1, 23.02.1995.**

Адрес для переписки:

**167982, г.Сыктывкар, ГСП-2, ул.
Коммунистическая, 28, Институт биологии
Коми научного центра УрО РАН,
Инновационная группа**

(72) Автор(ы):

Тентюков Михаил Пантелеймонович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

**Учреждение Российской академии наук
Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения РАН (RU)**

(54) СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОЙ РОСЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области защиты окружающей среды и предназначено для выявления локального загрязнения приземного слоя воздуха тяжелыми металлами. Способ выявления загрязнения приземной атмосферы с помощью искусственной росы осуществляют путем определения в ней тяжелых металлов, при этом искусственную росу собирают путем конденсации водяного пара на предварительно охлажденной сорбционной поверхности, для выделения которой в пограничном слое воздуха создают градиенты температуры и концентрации водяного пара, а в качестве сорбционного

субстрата используют формованные тонковолокнистые пластины с микропористой структурой из гидрофильного материала. Охлаждение хладообразующим веществом и последующее экспонирование формованных пластин производят в плоских неглубоких изготовленных из химически инертного материала (пластмасса, углепластик, композиционные материалы) кюветах, количество и установка которых в пределах территории определяется режимом наблюдений. Изобретение позволяет на новом технологическом уровне получать более точную и качественную оценку атмосферного загрязнения. 2 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2009131544/05, 19.08.2009**(24) Effective date for property rights:
19.08.2009

Priority:

(22) Date of filing: **19.08.2009**(43) Application published: **27.02.2011** Bull. 6(45) Date of publication: **27.10.2011** Bull. 30

Mail address:

**167982, g.Syktyvkar, GSP-2, ul.
Kommunisticheskaja, 28, Institut biologii Komi
nauchnogo tsentra UrO RAN, Innovatsionnaja
gruppa**

(72) Inventor(s):

Tentjukov Mikhail Pantelejmonovich (RU)

(73) Proprietor(s):

**Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk Institut
biologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo
otdelenija RAN (RU)**

(54) METHOD OF DETECTING POLLUTION OF SURFACE AIR USING ARTIFICIAL DEW

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: method of detecting pollution of surface air using artificial dew is carried out by detecting heavy metals in said dew, where the artificial dew is collected by condensing water vapour on a cooled sorption surface, which is extracted by creating a temperature gradient in the air boundary surface, and concentrating the water vapour, and the sorption substrate used is moulded thin-fibre plates with a microporous structure made

from hydrophilic material. Cooling with a coolant and subsequent exposure of the moulded plates takes place in flat shallow cuvettes made from chemically inert material (plastic, carbon fibre-reinforced plastic, composite materials), the number and installation of which is determined by observation conditions within the territory.

EFFECT: invention enables more accurate and quality assessment of air pollution on a new technological level.

2 tbl, 1 ex

Изобретение относится к области защиты окружающей среды и предназначено для выявления локального загрязнения приземного слоя воздуха тяжелыми металлами.

Известен способ сбора аэрозолей, выбранный за прототип (Баденкова С.В., Добродеев О.П. Сфагнум и торф верховых болот как объект геохимического мониторинга / Методы изучения техногенных геохимических аномалий. - Сб. научн. статей. М.: ИМГРЭ, 1984, с.71-76), включающий осаждение на сорбционный субстрат в виде слабо уплотненных образцов сфагнового мха, помещенного в контейнер из нейлоновой сетки размером 7×7×7 см и закрепленного с наружной стенки метеорологической будки на высоте 2 метра, экспонирование осуществляется в течение одного года. О загрязнении судят на основании качественной оценки - выявляют тяжелые металлы-индикаторы, которые в составе аэрозольных частиц (АЧ) осели на сорбенте, и количественной - соотносят концентрацию металлов, удержанных сорбентом, с концентрацией металла в эталонных образцах мха. Полученные результаты (мкг/м³) сравнивают с фоновыми величинами или значениями ПДК.

Недостатком устройства является нестабильность химического состава субстрата - мохового растения, у которого концентрация отдельных элементов, входящих в состав продуктов первичного и вторичного метаболизма, может превышать фоновые значения. Из-за этого корреляционная связь между потоком разных металлов и фиксацией их на поверхности мхов не всегда может быть однозначно установлена. Поэтому концентрации тяжелых металлов, устанавливаемых в моховых растениях, не отражает в точности химический состав атмосферных осадков.

Задачей настоящего изобретения является разработка нового способа выявления загрязнения приземного слоя воздуха, позволяющего на новом технологическом уровне получить более точную и качественную оценку атмосферного загрязнения.

Технический результат предлагаемого способа основывается на существующей зависимости химического состава атмосферной влаги и от концентрации в воздухе аэрозолей [Юнге Х. Химический состав и радиоактивность атмосферы. М.: Мир, 1965. 423 с.].

Технический результат предлагаемого способа заключается в создании условий для искусственного выделения атмосферной влаги в виде росы на сорбционной поверхности, выполненной из химически инертного гидрофильного материала. Известно, что в воздухе постоянно содержится определенное количество водяного пара, химический состав которого находится в равновесии с аэрозольной средой. Другими словами, в атмосферной влаге всегда растворено некоторое количество тяжелых металлов из числа минеральных соединений, попадающих в атмосферу в результате природных (продукты эксгаляции вулканов, гейзеров, фурмарол; ветровой вынос с суши и поверхности морей и океанов) и техногенных (выбросы в атмосферу отходов промышленных предприятий) процессов. При этом объемы техногенных эмиссий в атмосферу сопоставимы с природными. В зоне действия промышленных предприятий установлена тесная связь между минерализацией атмосферной влаги и концентрацией аэрозолей в приземном слое воздуха. Данная взаимосвязь обусловлена тем, что техногенные эмиссии увеличивают объем аэрозольной массы в приземном слое воздуха. Процесс сопровождается нарушением химического равновесия между атмосферной влагой и аэрозольной средой, что вызывает комплексобразование в атмосфере и рост концентрации тяжелых металлов в атмосферной влаге.

Вместе с тем, влагосодержание в атмосфере находится в прямой зависимости от температуры. Так, объем водяного пара в атмосфере при температуре +30°С в семь раз превышает таковой при 0°С. Поэтому при понижении температуры воздуха

происходит уменьшение содержания водяного пара за счет выделения росы -
появление капелек влаги на охлажденной поверхности. В природе механизм
выделения росы заключается в том, что почвенно-растительный покров в ночное
5 время охлаждается вследствие ночного излучения (радиационное выхолаживание
поверхности). Если воздух при соприкосновении с такой поверхностью охлаждается
до точки росы, то происходит выделение жидкой влаги на поверхности [Хромов С.П.
Метеорология и климатология // Л.: Гидрометеиздат, 1968. 391 с.].

Однако при относительной влажности (100%-ная влажность воздуха достигается во
10 время выпадения дождевых осадков) меньше 100% точка росы всегда ниже
фактической температуры. Иными словами, чтобы в сухую и теплую погоду
произошло выделение росы нужно понизить температуру поверхности. При этом, чем
суше воздух (чем меньше в нем содержится водяного пара), тем ниже должна быть
15 температура поверхности, чтобы произошло выделение росы. Так, например, для
появления росы при температуре +15°C и относительной влажности 90% поверхность
должна быть охлаждена до +13,4°C. При той же температуре воздуха +15°C, но при
его относительной влажности 70, 60, 50% поверхность уже должна быть охлаждена до
20 точки росы, которая равна температуре +9,5, +7,3, +4,6°C соответственно. Между тем,
в условиях ненасыщенности водяного пара в приземном слое воздуха конденсация
начинается при понижении температуры, когда воздух достигнет насыщения. Тогда
количество водяного пара с понижением до точки росы становится насыщающим.
При дальнейшем понижении температуры избыток водяного пара сверх того, что
25 нужен для насыщения, переходит в жидкое состояние и выводится из приземного слоя
воздуха в виде росы. В природе появление росы наблюдается в утренние и вечерние
часы при восходе и заходе солнца, что ограничивает использование росы в качестве
объекта опробования при выявлении загрязнения приземного слоя воздуха.

Технический результат достигается тем, что согласно изобретению выявление
30 загрязнения приземного воздуха при относительной влажности ниже 100%
осуществляют с помощью искусственной росы, включающей ее выделение и сбор на
предварительно охлажденной до температуры ниже 0°C сорбционной поверхности, в
качестве которой выступают специальным образом формованные пластины с
тонковолокнистой и микропористой структурой, изготовленные из химически
35 инертного гидрофильного материала, при этом предварительное охлаждение
хладообразующим веществом и последующее экспонирование формованных пластин
производят в плоских неглубоких, изготовленных из химически инертного материала
(пластмасса, углепластик, композиционные материалы), кюветах, количество и
40 установка которых в пределах территории определяются режимом наблюдений.

Изобретение основывается на искусственном создании условий, способствующих
появлению насыщающего водяного пара в пограничном слое и его последующей
конденсации на охлажденной сорбционной поверхности. При обтекании воздушным
поток субстрата у его поверхности скорость потока сильно изменяется, образуется
45 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
поверхность. В зависимости от распределения скорости v пограничный слой может
50 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. При охлаждении сорбционной поверхности до температуры ниже 0°C в пограничном слое возникает резкий градиент температур, создаются условия для формирования конвективных и турбулентных воздушных потоков и создается обстановка для появления насыщающего водяного пара и его последующей конденсации из пограничного слоя воздуха на сорбционную поверхность вне зависимости от окружающей температуры воздуха. Одновременно с градиентом температур возникает градиент концентраций водяного пара в пограничном слое, что обуславливает приток водяного пара вследствие турбулентной диффузии из окружающего воздуха в пограничный слой, в котором содержание водяного пара становится насыщающим. При контакте с охлажденной поверхностью избыток пара сверх того, что нужен для насыщения, переходит в жидкость и адсорбируется на охлажденной поверхности. Иными словами, выделение искусственной росы осуществляется за счет турбулентной диффузии водяного пара из пограничного слоя, образовавшегося при движении конвективных потоков воздуха над охлажденным субстратом. Поэтому для сбора искусственной росы и удержания ее на сорбционной поверхности пластины депонирующего субстрата выполнены из гидрофильных материалов, например из фильтровальной бумаги.

Для экспериментальной проверки заявляемого способа был организован сбор искусственной росы. В качестве сорбционной поверхности использованы бумажные фильтры обеззоленные «белая лента». Диаметр фильтров 18 см. Фильтры, определенным образом формованные, помещались в контейнер из пластиковой сетки. В каждый сетчатый контейнер закладывалось по четыре фильтра. Примерный объем одного контейнера составлял 150-200 см³. Затем контейнеры укладывались в невысокие пластмассовые кюветы. Всего было установлено четыре кюветы, в каждую из которых было уложено по десять контейнеров. Местоположение площадок, на которых устанавливаются кюветы, выбираются исходя из задач исследования. В рассмотренном случае кюветы были установлены на скошенном лугу. Для искусственного выделения росы при относительной влажности ниже 100% сорбционную поверхность предварительно охлаждали. Для этого в кюветы с уложенными в них контейнерами с фильтрами заливали жидкий азот. Экспонирование осуществляется в тех же кюветах. Продолжительность экспонирования определялась временем испарения жидкого азота из кювет и выравнивания температуры сорбционной поверхности до температуры окружающего воздуха. Контроль температуры пластин внутри контейнера производят с помощью термпары. Для получения концентрации металла в пробе выше чувствительности анализа фильтры из контейнеров объединяли в отдельные пробы. Из них готовили водные и кислые вытяжки ω (HNO₃)=5%. Количественный химический анализ осуществляли в аналитической лаборатории «ЭКОАНАЛИТ» Института биологии Коми НЦ УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.511257) с использованием метода индуктивно связанной плазмы. Погрешность анализа 8-10%. Для учета химической неоднородности сорбционного материала в каждую партию анализируемого материала включали «холостые» пробы - чистые фильтры из той же пачки, что и фильтры, уложенные в контейнере. В качестве сравниваемого параметра был выбран показатель, характеризующий отношение массовой концентрации металла (мкг/дм³) в пересчете на 1 г фильтров. Считается, что все отклонения концентрации металла в экспонированном образце относительно контроля (эталоны) связаны с качественным составом аэрозольной среды в приземном слое воздуха изучаемого участка.

В табл. 1 указано соотношение концентраций металлов (в пересчете на 1 г

сорбента) в водорастворимой фракции искусственной росы, $\text{мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$.

В табл. 2 указано соотношение концентраций металлов (в пересчете на 1 г сорбента) в кислоторастворимой фракции искусственной росы, $\text{мкг}\cdot\text{дм}^{-3}$.

5 Пример 1. Способ сбора искусственной росы и определения ее химического состава осуществляли по описанной выше технологии. Расход жидкого азота при его заливке в каждую кювету составил 1 л, а время его испарения 10-12 мин. Во время экспонирования (48 мин) жидкий азот в кюветы подливали три раза. Данные приведены в табл.1 и 2. Как следует из приведенных результатов в приземном воздухе 10 исследованного участка в теплый период в атмосферной влаге увеличена доля металлов в кислоторастворимой вытяжке (табл.2) и парадоксально низкая их концентрация в водорастворимой (табл.1) (меньше, чем в эталоне!). Это обусловлено тем, что для г.Сыктывкар уменьшение относительной влажности летом обусловлено частыми заточками холодного и сравнительно сухого арктического воздуха (по 15 многолетним наблюдениям отмечается, что с мая по август увеличивается повторяемость ветров северных румбов, которые в июле становятся господствующими (52%) [Климат Сыктывкара / Под ред. Ц.А.Швер - Л.: Гидрометеиздат, 1986. 190 с.]), который при перемещении на юг прогревается и 20 удаляется от состояния насыщения. Очевидно, что проходя над урбанизированными районами северо-востока европейской территории России, чья промышленная специализация связана с добычей и первичной переработкой углеводородов и каменного угля (Воркутинский, Усинский, Ухта-Сосногорский промышленные 25 районы), эти воздушные массы «обогащаются» диоксидом серы. Поэтому следует ожидать, что при постоянной эмиссии SO_2 в атмосферу его содержание в каплях облаков, согласно закону Генри, будет расти. При растворении диоксида серы в атмосферной влаге образуется сернистая кислота. При ее диссоциации в атмосфере появляются сульфит-ионы. В дальнейшем существующие в атмосфере схемы 30 окисления преобразуют сульфит-ионы в сульфат-ионы. В результате этих процессов в атмосфере значительно увеличивается концентрация металлов в кислотосодержащей фазе и снижается в водорастворимой (см. табл.1 и 2). В итоге это приводит к увеличению минерализации аэрозольной среды воздушных масс, следующих 35 «транзитом» над промышленными районами, и росту концентраций металлов в кислоторастворимой фракции в стоке сухих аэрозолей.

Способ позволяет выполнить экспрессную оценку состояния атмосферы в локальных точках, например, в условиях загазованности и запыленности дворовой территории, производственных помещений, а также эффективен при проведении 40 экспрессных мониторинговых наблюдений за состоянием атмосферы в пределах территории, прилегающей к зоне чрезвычайных ситуаций (аварийные выбросы промышленных предприятий).

45

Таблица 1										
Пр об ы	Fe	Ni	Cu	S	Co	Cr	Sr	B	Mo	Ba
1в	0,314	0,007	0,052	0,024	0,0007	0,0058	0,281	0,0842	0,0088	0,483
2в	0,306	0,008	0,054	0,023	0,0007	0,0041	0,278	0,0811	0,0035	0,405
3в	0,298	0,008	0,073	0,025	0,0000	0,0035	0,350	0,0802	0,0025	0,277
4в	0,334	0,011	0,060	0,025	0,0015	0,0031	0,299	0,0802	0,0034	0,275
Контроль										
хв1	1,173	0,098	0,250	0,007	0,0006	0,0015	0,190	0,0654	0,0246	0,816
хв2	1,166	0,106	0,246	0,007	0,0017	0,0017	0,190	0,0690	0,0281	0,812

50

Таблица 2.

Пр об ы	Fe	Ni	Cu	S	Co	Cr	Sr	B	Mo	Ba
1к	9,058	0,340	0,416	0,014	0,0058	0,1857	2,588	0,0727	0,0489	14,319
2к	9,207	0,314	0,435	0,014	0,0032	0,1473	2,619	0,0676	0,0383	14,369
3к	8,519	0,321	0,441	0,014	0,0054	0,1419	2,568	0,0717	0,0394	16,003
4к	8,807	0,309	0,494	0,014	0,0040	0,	2,600	0,0642	0,0355	12,220
4к*	8,738	0,320	0,498	0,014	0,0042	0,1418	2,630	0,0696	0,0372	12,673
Контроль										
хк1	4,719	0,048	0,287	0,027	0,0024	0,0318	2,310	0,0839	0,0046	12,007
хк2	4,690	0,048	0,291	0,027	0,0032	0,0354	2,299	0,0790	0,0051	11,897

15

Формула изобретения

Способ выявления загрязнения приземной атмосферы с помощью искусственной росы осуществляют путем определения в ней тяжелых металлов, согласно способу искусственную росу собирают путем конденсации водяного пара на предварительно охлажденной сорбционной поверхности в виде искусственной росы, для выделения которой в пограничном слое воздуха создают градиенты температуры и концентрации водяного пара, а в качестве сорбционного субстрата используют формованные тонковолокнистые пластины с микропористой структурой из гидрофильного материала, перед выделением искусственной росы создают градиент температур между охлажденной сорбционной поверхностью и обтекающим ее воздушным потоком, при этом охлаждение хладообразующим веществом и последующее экспонирование формованных пластин производят в плоских неглубоких, изготовленных из химически инертного материала (пластмасса, углепластик, композиционные материалы) кюветах, количество и установка которых в пределах территории определяется режимом наблюдений.

35

40

45

50