



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005141282/12, 28.12.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.12.2005

(45) Опубликовано: 10.01.2008 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: БАДЕНКОВА С.В. и др. Сфагнум и торф верховых болот, как объект геохимического мониторинга. - М.: ИМГРЭ, 1984, с.71-76. SU 1270621 A1, 15.11.1986. EP 096420 A1, 15.12.1999. GB 2224118 A, 24.04.1990. US 3922905 A, 02.12.1975. FR 2732692 A1, 11.10.1996. SU 637622 A, 19.12.1978.

Адрес для переписки:

167982, г.Сыктывкар, ул. Коммунистическая,  
28, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, пат.  
пов. Л.Б. Печерской

(72) Автор(ы):

Тентюков Михаил Пантелеймонович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

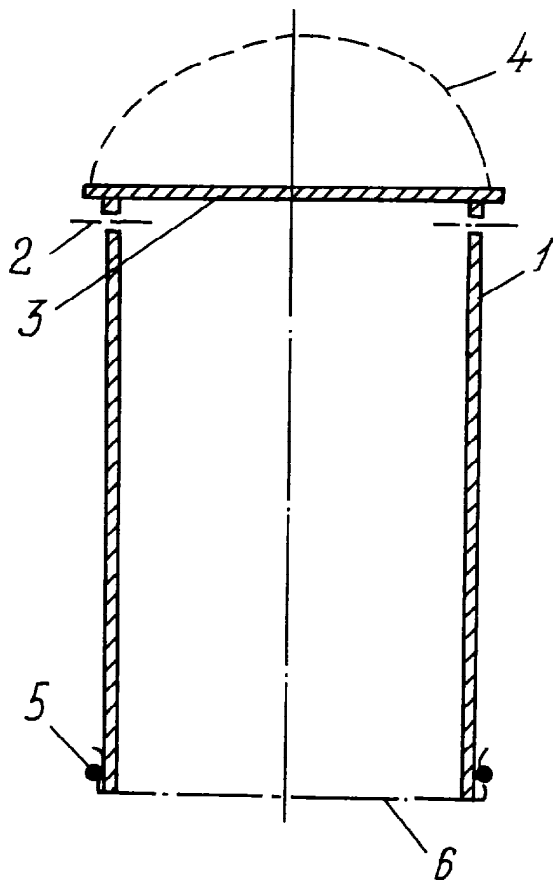
## (54) СПОСОБ СБОРА СУХИХ АЭРОЗОЛЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области защиты окружающей среды и может быть использовано для улавливания сухих аэрозолей при выявлении аэротехногенного загрязнения поверхности тяжелыми металлами. Устройство для сбора сухих аэрозолей содержит контейнер с депонирующим субстратом. Контейнер выполнен из материала, обладающего высокой теплоемкостью и химически инертного к атмосферным компонентам. Верхняя часть контейнера закрыта герметичной крышкой. К открытой нижней части контейнера прикреплена сетка, на которую помещен субстрат. Субстрат выполнен в виде формованных тонковолокнистых пластин с микропористой структурой из гидрофильного материала, имеющего более низкую теплоемкость, чем материал, из которого

выполнен контейнер. В верхней части боковой части контейнера выполнен ряд отверстий для формирования конвективных и турбулентных потоков воздуха внутри контейнера. Изобретение предусматривает способ отбора сухих аэрозолей, в котором перед осаждением создают градиент температур между субстратом и атмосферным воздушным потоком. Осаждение аэрозолей на субстрате осуществляют посредством турбулентной диффузии аэрозольных частиц в субстрат из пограничного слоя, образующегося при движении турбулентных и конвективных потоков над субстратом, и удержанием осевших частиц капиллярной конденсаций. Изобретение обеспечивает получение точной и качественной оценки атмосферного загрязнения. 2 н. и 2 з.п. ф-лы, 1 ил., 3 табл.

RU 2314511 C2



RU 2314511 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
**G01N 1/22** (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2005141282/12, 28.12.2005**

(24) Effective date for property rights: **28.12.2005**

(45) Date of publication: **10.01.2008 Bull. 1**

Mail address:

**167982, g.Syktyvkar, ul. Kommunisticheskaja,  
28, Institut biologii Komi NTs UrO RAN, pat.  
pov. L.B. Pecherskoj**

(72) Inventor(s):

**Tentjukov Mikhail Pantelejmonovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD AND DEVICE FOR COLLECTING DRY AEROSOLS**

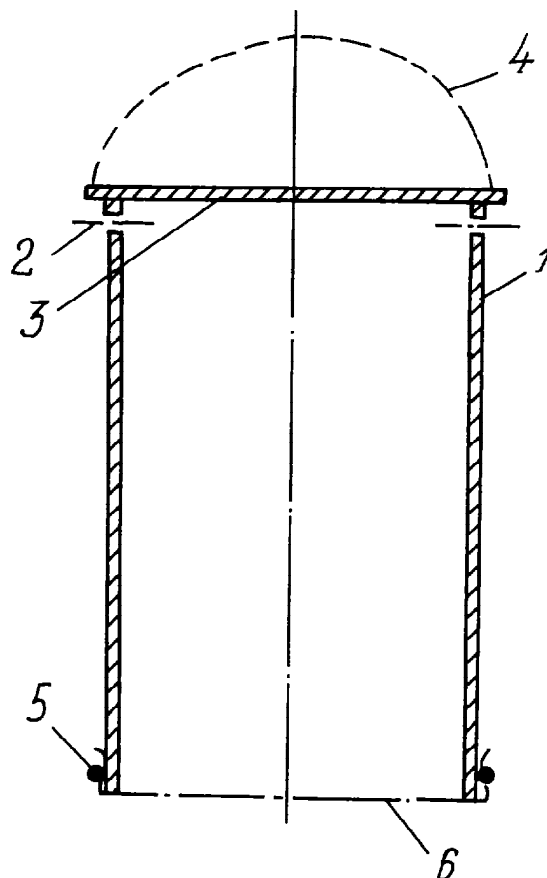
(57) Abstract:

FIELD: environmental protection.

SUBSTANCE: device comprises container with depositing agent and made of high heat capacity material chemically inert to the atmospheric components. The top section of the container is covered with a pressure tight lid. The open bottom part of the container is connected with the grid that comprises the agent made of thin-fiber porous plates whose heat capacity is lower than that of the container material. The top part of the container side is provided with openings for generating convective and turbulent flows inside the container.

EFFECT: enhanced reliability.

4 cl, 1 dwg, 3 tbl, 2 ex



RU 2 3 1 4 5 1 1 C 2

RU 2 3 1 4 5 1 1 C 2

Изобретение относится к области защиты окружающей среды и предназначено для улавливания сухих аэрозолей при выявлении аэротехногенного загрязнения поверхности тяжелыми металлами.

Известен способ сбора аэрозолей, выбранный за прототип, включающий осаждение на  
5 многослойные фильтры сухих аэрозолей путем прокачки потока воздуха (аспирацией) сквозь фильтры с использованием специальных вентиляционных установок (аспираторов) [Геохимия окружающей среды. / Ю.Е.Сает, Б.А.Ревич, Е.П.Янин и др. - М.: Недра 1990, с.74]. С помощью химического анализа определяют количество вещества, удержанного на  
10 поверхности фильтра. О загрязнении судят на основании качественной оценки - выявляют тяжелые металлы-индикаторы, которые в составе (аэрозольные частицы) АЧ осели на сорбенте, и количественной - соотносят концентрацию металлов, удержанных сорбентом, с  
15 массой прокаченного воздуха сквозь материал сорбента. Полученные результаты ( $\text{мкг/м}^3$ ) сравнивают с фоновыми величинами или значениями ПДК.

Недостатком способа сбора аэрозолей с помощью аспирационных установок является  
15 то, что наряду с АЧ в установку попадает определенное количество пылевых частиц с размерностью, значительно превышающей диаметры пор фильтров. Это ведет к росту сопротивления сорбентов при прокачке воздуха. Вместе с тем при увеличении скорости прокачки тонкодисперсные аэрозольные частицы, представляющие наибольшую  
20 гигиеническую опасность, проскакивают через фильтры, снижая тем самым достоверность данных и эффективность способа.

Известно устройство для сбора сухих аэрозолей, выбранное за прототип конструкции, (Баденкова С.В., Добродеев О.П. Сфагнум и торф верховых болот как объект  
25 геохимического мониторинга. / Методы изучения техногенных геохимических аномалий. - Сб. научн. статей. М.: ИМГРЭ, 1984, с.71-76), включающее контейнер из нейлоновой сетки с депонирующим субстратом в виде слабо уплотненных образцов мха размером  $7 \times 7 \times 7$  см.

Устройство крепится с наружной стенки метеорологической будки на высоте 2 метра, экспонирование осуществляется в течение одного года.

Недостатком устройства является нестабильность химического состава субстрата -  
30 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  
35 тяжелых металлов, устанавливаемых в моховых растениях, не отражает в точности химический состав атмосферных осадков. Кроме того, недостатком устройства является отсутствие возможности защиты депонирующего субстрата и осажденных на его  
40 поверхности сухих аэрозолей от действия дождевых осадков в период экспозиции.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение нового способа и новой  
40 конструкции сбора аэрозольных частиц, позволяющих получить более точную и качественную оценку атмосферного загрязнения.

Технический результат предлагаемого устройства заключается в создании условий для  
45 формирования конвективных и турбулентных потоков воздуха над поверхностью субстрата и обеспечении улавливания аэрозольных частиц (АЧ) с размерностью от 0,01 мкм и более. Кроме того, изобретение обеспечивает надежную защиту субстрата и сорбированных сухих аэрозолей от дождевых осадков.

Технический результат нового способа заключается в том, что способ позволяет  
повысить качество сбора аэрозольных частиц и достоверность оценки состояния атмосферы.

Технический результат достигается тем, что в устройстве для сбора сухих аэрозолей,  
50 содержащем контейнер с депонирующим субстратом, согласно изобретению контейнер выполнен из материала высокой теплоемкости и снабжен герметичной крышкой, на боковых стенках контейнера выполнены отверстия для формирования турбулентных и конвективных воздушных потоков, в нижней части контейнера установлена сетка, на

которую уложен субстрат, представляющий собой формованные тонковолокнистые пластины с микропористой структурой из гидрофильного материала.

- крышка выполнена с выступом-козырьком;
- боковые отверстия выполнены под козырьком.

5 Технический результат достигается тем, что в способе сбора сухих аэрозолей для контроля загрязнения окружающей среды, включающем осаждение на депонирующем субстрате сухих аэрозолей, согласно изобретению в качестве субстрата используют формованные тонковолокнистые пластины с микропористой структурой из гидрофильного материала, перед осаждением создают градиент температур между субстратом и  
10 атмосферным воздушным потоком, осаждение аэрозолей на субстрате осуществляют посредством турбулентной диффузии аэрозольных частиц в субстрат из пограничного слоя, образующегося при движении турбулентных и конвективных потоков над субстратом, и удержанием осевших частиц капиллярной конденсацией.

Изобретение основано на процессе пассивного осаждения частиц из воздушного потока.  
15 Осаждение частиц с размерностью 0,01-10,0 (представляющих наибольшую гигиеническую опасность) обусловлено турбулентной диффузией, а для частиц с размерностью более 10,0 мкм - капиллярной конденсацией. Для этого используют гидрофильные материалы. Аэрозольные частицы, удерживаемые на субстрате, отражают достоверное состояние атмосферы, при этом состав и концентрация тяжелых металлов, связанных с  
20 аэротехногенным загрязнением, определяется достаточно точно.

Изобретение поясняется чертежом, где представлено устройство для сбора сухих аэрозолей.

Устройство включает контейнер 1, выполненный из материала, обладающего высокой теплоемкостью и химически инертного к атмосферным компонентам, например, в форме  
25 полого цилиндра, усеченного конуса или многогранника. Контейнер 1 может быть выполнен, например, из пластмассы или дерева, или композиционного материала (углепластика, металлопластмассы, стеклопластика). К открытой нижней части контейнера 1 резиновым кольцом 5 крепится нейлоновая сетка 6. Верхняя часть контейнера 1 закрыта глухой крышкой 3, предпочтительно, снабженной выступом-козырьком. Внутри контейнера  
30 1 на сетку 6 помещен субстрат из гидрофильного материала (не показано), который с целью обеспечения градиента температур должен иметь более низкую теплоемкость, чем материал, из которого выполнен контейнер 1. В верхней боковой части контейнера 1, предпочтительно под козырьком, сделан ряд отверстий 2 для формирования конвективных и турбулентных потоков воздуха внутри контейнера. Устройство содержит приспособление  
35 4 для фиксации при развешивании, например, в виде металлической дужки, крючка или петли из капроновой нити.

Способ сбора сухих аэрозолей с применением устройства осуществляется следующим образом.

В пределах ключевого участка на модельных деревьях и кустарниках на высоте 0,6-2,0  
40 метра развешивают устройства сбора. Их количество определяется задачами исследований. В результате действия солнечной радиации из-за различий теплоемкости материалов депонирующего субстрата, представляющего собой формованные тонковолокнистые пластины с микропористой структурой из гидрофильного материала, например фильтровальную бумагу, и контейнера 1, изготовленного, например, из  
45 пластмассы, во внутреннем объеме устройства возникает температурный градиент. Через открытую нижнюю часть контейнера 1, закрытую сеткой 6, в устройство поступает воздух с аэрозольными частицами. Наличие градиента температур и отверстий (перфораций) 2 в верхней части контейнера обеспечивает во внутреннем объеме устройства возникновение условий для формирования конвективных и турбулентных воздушных потоков.

50 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 поверхность. 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, но при этом ламинарный поток сохраняется в виде небольшого подслоя у твердой поверхности. Для турбулентного пограничного слоя характерно нелинейное распределение скорости воздушного потока. Во внутреннем объеме устройства создаются условия, в результате которых осаждение сухих аэрозолей из пограничного слоя на поверхность субстрата определяется градиентом температур и концентраций. Это повышает качество результатов, поскольку отражает естественный механизм осаждения сухих аэрозолей из атмосферы.

При характеристике механизма сухого осаждения следует различать осаждение при: а) турбулентной диффузии и б) гравитационной седиментации. Последнее начинает играть существенную роль для частиц с размерностью 1,0 и более. Для них процесс выведения из атмосферы контролируется гравитацией и описывается законом Стокса, который устанавливает соотношения между скоростью осаждения, силой тяжести и аэродинамического сопротивления.

Предлагаемый способ сбора сухих аэрозолей заключается в разделении процесса осаждения сухих аэрозольных частиц, выделяя для последующего химического анализа те, осаждение которых определяется турбулентной диффузией (их размерность составляет 0,01-10,0 мкм). Взаимодействие частиц с такой размерностью как между собой в воздушном потоке, так и с поверхностью субстрата при осаждении определяется вандерваальсовыми силами. В связи с этим в качестве депонирующего субстрата для сбора сухих аэрозолей были использованы формованные тонковолокнистые с микропористой структурой пластины, характеризующиеся большой площадью активной поверхности. В этом случае естественным образом обеспечивается пассивное осаждение сухих аэрозолей нужной размерности на поверхность субстрата, что, в свою очередь, отражает достоверное состояние атмосферы. Такое отдельное осаждение осуществляется за счет турбулентной диффузии аэрозольных частиц из пограничного слоя, образовавшегося при движении конвективных потоков воздуха над субстратом (осаждение аэрозольных частиц с размерностью более 10 мкм контролируется уже силой тяжести). С приближением частиц к поверхности субстрата возникают поверхностные физико-химические процессы. Одновременно с этим за счет солнечной радиации нагревается воздух в пограничном слое. Воздух «прозрачен» для солнечной радиации, поэтому его температура зависит от нагрева частиц, последний, в свою очередь, зависит от интенсивности солнечной радиации. Следовательно, чем больше частиц в пограничном слое, тем выше его температура, тем активнее идет молекулярное перемешивание: при нагреве частиц часть их кинетической энергии передается молекулам воздуха. При этом число соударений возрастает, и частицы могут контактировать с поверхностью и удерживаться на ней за счет вандерваальсового взаимодействия. Процесс идет на различных межфазовых поверхностях и адсорбироваться могут любые вещества.

Если силы взаимодействия между двумя частицами больше, чем при взаимодействии между частицей и поверхностью, то в пограничном слое происходит укрупнение частиц. В этом случае на осаждение частиц в пограничном слое начинают влиять уже силы гравитации, а их «прилипание» к поверхности будет обусловлено 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. Необходимым условием для образования капиллярной прослойки является гидрофильность контактирующих поверхностей. В этом случае образующийся мениск жидкости в зоне контакта «притягивает» частицу к поверхности и удерживает ее.

Поэтому для сбора сухих аэрозолей и удержания их на поверхности субстрата с помощью капиллярной конденсации пластины депонирующего субстрата выполнены из

гидрофильных материалов, например из фильтровальной бумаги.

Для экспериментальной проверки заявляемого способа был организован сбор сухих аэрозолей на двух ключевых участках, расположенных в 32 км друг от друга по линии наиболее часто повторяющихся ветров (с юго-запада на северо-восток). Местоположение площадок выбрано таким образом, чтобы один из них (участок «Эжва») находился с подветренной стороны, а другой (участок «Тыла-Ю») - с наветренной. В качестве субстрата использованы бумажные фильтры обеззоленные «белая лента». Диаметр фильтров - 11 см. Фильтры помещались в устройство сбора, которое защищало их от дождевых осадков. В каждое устройство закладывалось десять фильтров с общей сорбционной поверхностью 110 см<sup>2</sup>. Всего было установлено по 20 устройств на каждом участке. Время экспонирования составило 10, 20, 40 дней. Из каждой партии проб готовили две вытяжки - водную и азотнокислую. 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, установленные в устройства для сбора сухих аэрозолей. В качестве сравниваемого параметра был выбран показатель, характеризующий отношение массовой концентрации металла-индикатора (мг/дм<sup>3</sup>) в пересчете на 1 г фильтров.

Пример 1. Способ сбора осуществляли по описанной выше технологии. Данные приведены в табл.1.

Пример 2. Способ сбора осуществляли по описанной выше технологии. Определяли накопление тяжелых металлов на субстрате в зависимости от времени экспонирования. Для этого в пределах каждого модельного участка на площади 150-200 м<sup>2</sup> было установлено по 20 устройств. Время экспонирования сорбентов составило 20 и 42 дня. Результаты даны соответственно в табл.2 и 3.

Проверка показала, что способ эффективно может быть использован для сбора сухих аэрозолей при организации непрерывного ряда наблюдений и одновременно на всей площади контрольного участка и в различных типах ландшафта, что повышает качество экологического мониторинга.

Таблица 1									
Массовые концентрации химических соединений и тяжелых металлов в составе сухих аэрозолей (в пересчете на 1 г сорбента), время экспонирования с 14 мая по 24 мая									
Водная вытяжка (в мг/дм <sup>3</sup> )									
Характеристика образца, место сбора, номер пробы		Ca	Mg	K	Na	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	
Уч. «Тыла-Ю»	1	0.08	0.03	0.02	0.06	0.14	0.08	0.02	
	2	0.08	0.03	0.02	0.06	0.19	0.08	0.02	
Уч. «Эжва»	3	0.10	0.03	0.02	0.08	0.16	0.09	0.02	
	4	0.10	0.03	0.02	0.06	0.15	0.09	0.02	
Контроль «холостой»		0.09	0.03	0.00	0.06	0.21	0.05	0.02	
Min*		0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.07	0.02	
Азотнокислая вытяжка (в мкг/дм <sup>3</sup> )									
Характеристика образца, место сбора, номер пробы		Fe	Mn	Zn	Al	Ni	Pb	Cu	Cd
Уч. «Тыла-Ю»	5	5.1±1.3	0.47±0.14	2.1±0.7	2.0±0.6	0.09±0.04	0.16	0.33±0.17	0.01
	6	4.3±1.1	0.31±0.09	2.0±0.7	1.5±0.4	0.06±0.02	0.14	0.21±0.10	0.01
Уч. «Эжва»	7	5.4±1.4	0.77±0.23	1.9±0.7	2,3±0.7	0.15±0.06	0.20	0.28±0.14	0.01
	8	6.1±1.5	0.54±0.16	2.5±0.9	2.4±0.7	0.09±0.04	0.27	0.27±0.14	0.01
Контроль «холостой»		3.8±1.0	0.14±0.04	0.14±0.05	0.80±0.24	0.03±0.01	0.14	0.14±0.07	0.01

Min (минимальная определяемая массовая концентрация)	0.4	0.04	0.04	0.04	0.04	0.2	0.02	0.02
--	-----	------	------	------	------	-----	------	------

5

Таблица 2  
Массовые концентрации химических соединений и тяжелых металлов в составе сухих аэрозолей (в пересчете на 1 г сорбента), время экспонирования с 24 мая по 14 июня

Водная вытяжка (в мг/дм<sup>3</sup>)

Характеристика образца, место сбора, номер пробы		Ca	Mg	K	Na	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
Уч. «Тыла-Ю»	9	0.109	0.033	0.014	0.065	0.070	0.096	0.063
Уч. «Эжва»	10	0.122	0.028	0.018	0.072	0.096	0.096	0.119
Контроль	«холостой»	0.098	0.028	0.005	0.065	0.070	0.065	0.040
Min*		0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.07	0.02

Азотнокислая вытяжка (в мкг/дм<sup>3</sup>)

Характеристика образца, место сбора, номер пробы		Fe	Mn	Zn	Ni	Cu	Cd
Уч. «Тыла-Ю»	11	5.5	0.62	0.72	0.106	0.27	0.017
Уч. «Эжва»	12	4.74	1.00	0.55	0.141	0.29	0.014
Контроль	«холостой»	4.46	0.27	0.29	0.089	0.18	0.008
Min (минимальная определяемая массовая концентрация)		0.4	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02

10

15

20

Таблица 3  
Массовые концентрации химических соединений и тяжелых металлов в составе сухих аэрозолей (в пересчете на 1 г сорбента), время экспонирования с 14 июня по 26 августа

Водная вытяжка (в мг/дм<sup>3</sup>)

Характеристика образца, место сбора, номер пробы		Ca	Mg	K	Na	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
Уч. «Тыла-Ю»	13	0.095	0.030	0.012	0.057	0.182	0.099	0.162
Уч. «Эжва»	14	0.083	0.028	0.010	0.058	0.179	0.100	0.189
Контроль	«холостой»	0.065	0.019	0.008	0.064	0.123	0.074	0.156
Min*		0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.07	0.02

25

30

Азотнокислая вытяжка (в мкг/дм<sup>3</sup>)

Характеристика образца, место сбора, номер пробы		Fe	Mn	Al	Zn	Ni	Cd	Cu
Уч. «Тыла-Ю»	15	4.87	1.04	2.64	1.50	0.083	0.005	0.344
	16	3.78	0.29	2.34	0.84	0.045	0.004	0.224
Уч. «Эжва»	17	4.03	0.49	2.18	1.25	0.033	0.003	0.205
	18	3.95	0.45	2.23	1.29	0.037	0.003	0.199
Контроль	«холостой»	4.73	0.27	2.58	0.61	0.054	0.008	0.134
Min (минимальная определяемая массовая концентрация)		0.4	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02

35

### Формула изобретения

40

45

50

1. Устройство для сбора сухих аэрозолей, содержащее контейнер с депонирующим субстратом, отличающееся тем, что контейнер выполнен из материала высокой теплоемкости и химически инертного к атмосферным компонентам, верхняя часть контейнера закрыта герметичной крышкой, а к открытой нижней части контейнера прикреплена сетка, на которую помещен субстрат, выполненный в виде формованных тонковолокнистых пластин с микропористой структурой из гидрофильного материала, имеющего более низкую теплоемкость чем материал, из которого выполнен контейнер, причем в верхней части боковой части контейнера выполнен ряд отверстий для формирования конвективных и турбулентных потоков воздуха внутри контейнера.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что крышка выполнена с выступом-козырьком.

3. Устройство по п.1 или 2, отличающееся тем, что боковые отверстия выполнены под выступом-козырьком.

4. Способ сбора сухих аэрозолей для контроля загрязнения окружающей среды, включающий осаждение на депонирующем субстрате сухих аэрозолей, отличающийся тем, что в качестве субстрата используют формованные тонковолокнистые пластины с микропористой структурой из гидрофильного материала, перед осаждением создают градиент температур между субстратом и атмосферным воздушным потоком, осаждение



аэрозолей на субстрате осуществляют посредством турбулентной диффузии аэрозольных частиц в субстрат из пограничного слоя, образующегося при движении турбулентных и конвективных потоков над субстратом и удержанием осевших частиц капиллярной конденсацией.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50