

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ

№ 6
2017

ISSN: 2072-9952

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Таранина О.А., Буркат В.С.

Методы контроля выбросов смолистых веществ (возгонов каменноугольного пека) в атмосферу в рамках производственного экологического контроля на алюминиевых заводах Российской Федерации 3

ЗАГРЯЗНЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, АНАЛИЗ И ОХРАНА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Воронич С.С., Роева Н.Н., Гребёнкин Н.Н., Зайцев Д.А., Хлопаев А.Г.

Исследование химического состава фильтрационных стоков полигонов твердых бытовых отходов 8

Горецкая А.Г., Марголина И.Л., Мороз А.В.

Особенности шумового воздействия автотранспорта в городской среде 19

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Солдатов В.Ю., Бурков В.Д.

Информационно-измерительные системы волоконно-оптического типа 24

Голованчиков А.Б., Чёрикова К.В., Доан Минь Кыонг

Моделирование обратноосмотического процесса с диффузионной структурой потока по очищаемому раствору 32

ОТХОДЫ И ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ

Абдрахимов В.З., Кайракбаев А.К., Абдрахимова Е.С.

Использование отходов нефтехимии, цветной и черной металлургии в производстве жаростойких бетонов 41

По материалам реферативных журналов ВИНТИ 52

Правила публикации 54

Учредитель и издатель:
ООО Издательство «Научтехлитиздат»

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-1132
Подписной индекс ОАО «Роспечать» 79218
Подписной индекс «Пресса России» 27866

Главный редактор д-р техн. наук, проф. Т.Г. САМХАРАДЗЕ

Редакция:

Сердюк В.С., Боброва Е.А.,
Паляева Ю.С.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Амбросимов А.К., д-р физ.-мат. наук, проф.
Бабиченко А.В., д-р техн. наук, проф.
Буланова Т.А., доктор техн. наук, проф.
Галиев А.Л., д-р техн. наук, проф.
Галченко Ю.П., д-р техн. наук, проф.
Громов Ю.Ю., д-р техн. наук, проф.
Дидрих В.Е., д-р техн. наук, проф.
Зольников В.К., д-р техн. наук, проф.
Калабин Г.В., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ
Корашавили А.А., д-р с.-х. наук, проф., акад. НАН Грузии
Крапивин В.Ф., д-р физ.-мат. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ
Круашивили И.Г., д-р техн. наук, проф.
Матвеев В.А., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ
Михайлов Ю.Б., д-р техн. наук, проф.
Нагишвили О.Г., д-р техн. наук, проф., акад. НАН Грузии
Пириашвили Ш.А., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки и техники РФ
Потапов И.И., канд. техн. наук
Прохоцкий Ю.М., д-р техн. наук
Романов А.А., д-р техн. наук
Рыбин В.М., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки и техники РФ
Скрыль С.В., д-р техн. наук, проф.
Сумин В.И., д-р техн. наук, проф.
Трубецкой К.Н., акад. РАН
Чебышов С.Б., д-р техн. наук, проф.
Щербаков Н.С., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
Опубликованные статьи реферированы в реферативных журналах ВИНТИ РАН.

Публикация статей бесплатная. Правом внеочередной публикации пользуются аспиранты и докторанты.
Материалы, опубликованные в настоящем журнале, не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без письменного разрешения редакции.
При перепечатке отдельных частей статей ссылка обязательна.

Подписано в печать 30.05.17.
Формат 60×88 1/8. Бумага кн.-журн. Печать офсетная.
Усл.-печ. л. 14,3. Усл. кр.-отг. 32,1. Уч.-изд. л. 19,2. Зак. 485.
Тираж 2 700 экз.

✉ Адрес редакции:
107258, Москва, Алымов пер., д. 17, стр. 2.
☎ Тел.: 8 (499) 168-04-95,
факс: 8 (499) 168-23-58. Бухгалтерия: 8 (499) 168-24-28.
✉ E-mail: esip_red@mail.ru
<http://www.tgizd.ru>

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены
ООО Издательство «Научтехлитиздат»
Отпечатано в ООО Издательство «Научтехлитиздат».
107258, Москва, Алымов пер., д. 17, стр. 2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

О.А. Таранина
аспирант
(Санкт-Петербургский горный университет)
E-mail: Olga.Taranina@gmail.com
В.С. Буркат
канд. техн. наук
(Департамент экологии ООО «РУСАЛ ИТЦ»)
E-mail: Vladimir.Burkat@rusal.com
Санкт-Петербург, Российская Федерация

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ (ВОЗГОНОВ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА) В АТМОСФЕРУ В РАМКАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА АЛЮМИНИЕВЫХ ЗАВОДАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В состав смолистых веществ, выделяющихся при производстве алюминия, главным образом входят два класса соединений: полициклические ароматические углеводороды и их алкилпроизводные и гетероциклические соединения, содержащие один или два гетероатома, таких как кислород, азот, сера. Интерес к данным соединениям вызван их высокими токсичными свойствами, преимущественно канцерогенной активностью некоторых представителей данных классов соединений. Поскольку смолистые вещества являются характерными для алюминиевых заводов, то их включают в программу производственного экологического контроля алюминиевых заводов, целью которого является соблюдение требований в области охраны окружающей среды, установленных законом. В Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений представлены две методики измерения концентрации смолистых веществ в промышленных выбросах и атмосферном воздухе. Методика МВИ № ПрВ 2000/9 основана на гравиметрическом методе анализа и методика МИ № АВСЗЗ 2012/1, основанная на спектрофлуоресцентном методе анализа. Для улавливания смолистых веществ, присутствующих в отходящих газах в газовой фазе, в первой методике предусматривается использование сорбционных фильтров АФАС-ПАУ, которые были сняты с производства. Представляет интерес дальнейшее совершенствование методик и изучение возможности замены фильтров АФАС-ПАУ на другие материалы, позволяющие в полной степени улавливать смолистые вещества, находящиеся в газовой фазе.

Ключевые слова: смолистые вещества; производственный экологический контроль; методики измерения.

O.A. Taranina
Postgraduate Student
E-mail: Olga.Taranina@gmail.com
(Saint-Petersburg Mining University)
V.S. Burkat
Cand. of Techn. Sciences
E-mail: Vladimir.Burkat@rusal.com
Saint-Petersburg, Russian Federation

CONTROL METHODS OF TARRY SUBSTANCES (FUME OF COAL-TAR PITCH) INTO THE ATMOSPHERE AS PART OF INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL CONTROL AT ALUMINUM SMELTERS OF THE RUSSIAN FEDERATION

The tarry substances evolved in the production of aluminum mainly belong to two structural class: polycyclic aromatic hydrocarbons and their alkylated homologues and heterocyclic compounds containing one or two heteroatoms, such as oxygen, nitrogen, sulfur. Interest in these compounds is due to their high toxic properties, mainly the carcinogenic activity of some representatives of these structural class. Since tarry substances are characteristic of aluminum production, they are included in the program of industrial environmental control of aluminum smelters, the purpose of which is to comply with the requirements for environmental protection prescribed by law. In the Federal Information Found for ensuring the uniformity of measurements, two measuring procedures of tarry substances concentration in industrial emissions and atmospheric air are specified. The procedure MVI № PrV 2000/9 is based on the gravimetric method of analysis and the procedure MI № AVSZZ 2012/1 is based on the spectrofluorometry method of analysis. As per the first procedure AFAS-PAH sorption filters, from the production are used to capture gas phase tarry substances present in effluent gases. Further improvement of the procedures and studying the possibility of replacing AFAS-PAH filters with other materials that allow full capture of gas phase tarry substances is of special interest in the research activities.

Key words: Tarry substances; the industrial environmental control; measuring procedures.

Введение

Смолистые вещества, выделяемые при производстве алюминия, представляют собой продукт пиролиза каменноугольного пека, применяемого для формирования угольных анодов. Под смолистыми веществами, как правило, понимают органическую твердую и газообразную составляющую выбросов, растворимую в органических растворителях. В состав смолистых веществ главным образом входят два класса соединений: полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и их алкилпроизводные и гетероциклические соединения, содержащие один или два гетероатома, таких как кислород, азот, сера [1]. Основными источниками выбросов смолистых веществ в атмосферу на алюминиевом заводе являются аэрационные фанеры и дымовые трубы корпусов электролиза, работающих с применением технологии Содерберг, а также дымовые трубы цехов производства анодной массы.

Интерес к данным соединениям вызван их высокими токсичными свойствами, преимущественно канцерогенной активностью некоторых представителей данных классов соединений [2]. В связи с этим смолистые вещества относятся к веществам 1-го класса опасности, в настоящее время в Российской Федерации содержание смолистых веществ в атмосферном воздухе регламентируется следующими установленными гигиеническими нормативами: ПДК_{м.р.} – 0,1 мг/м³, ПДК_{с.с.} – 0,03 мг/м³ [3].

Понятие производственного экологического контроля

Поскольку данные вещества являются характерными для алюминиевых заводов и технологий, применяющихся при производстве металла, то их включают в программу производственного экологического контроля (ПЭК) алюминиевых заводов, целью которого является соблюдение требований в области охраны окружающей среды, установленных законом.

Производственный экологический контроль является важным элементом природоохранной деятельности любого предприятия. В соответствии со статьей 30 Федерального закона № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» предприятия должны «осуществлять учет выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и их источников, проводить производственный контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух» [4].

Предприятия самостоятельно разрабатывают и утверждают программу производственного экологического контроля, в которой в соответствии со статьей 67 Федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» должны содержаться сведения об инвентаризации выбросов загрязняющих веществ и о периодичности и методах осуществления производственного экологического контроля, местах отбора проб и методиках (методах) измерений [5].

Методы и методики определения смолистых веществ

Необходимость контроля выбросов смолистых веществ и их составляющих делает актуальным разработку методик измерений, позволяющих достоверно оценить концентрацию смолистых веществ в промышленных выбросах и в атмосферном воздухе санитарно-защитной зоны, которые можно использовать при ПЭК.

Необходимо отметить, что в РФ и в мировой практике [6] принято судить о наличии ПАУ, а также о смолистых веществах в воздухе главным образом по одному соединению – бенз(а)пирену, для которого установлены следующие гигиенические нормативы: ПДК_{с.с.} – $1 \cdot 10^{-6}$ мг/м³ [3]. Бенз(а)пирен принято считать индикатором присутствия ПАУ в объектах окружающей среды, и большинство методик разработаны с целью определения именно этого соединения. Только несколько методик позволяют определить 16 приоритетных ПАУ (16 ПАУ, рекомендованных для контроля в окружающей среде Агентством по защите окружающей среды США). В Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, куда согласно закону № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» передаются сведения об аттестованных методиках, можно найти порядка 15 аттестованных методик измерений концентрации бенз(а)пирена в атмосферном воздухе, промышленных выбросах и воздухе рабочей зоны. Одну методику для определения 16 приоритетных полиароматических углеводородов в воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах и две методики измерения концентрации смолистых веществ в промышленных выбросах и атмосферном воздухе [7].

Существенной частью любой из методик измерения концентрации смолистых веществ и/или их составляющих является отбор проб. Смолистые вещества находятся в выбросах и в атмосферном воздухе как в твердой, так и в газовой фазах. В таблице показаны характерные распределения смолистых веществ между фазами для отходящих газов электролизного производства [8].

Температура, °С	Количество смолистых веществ, %	
	твердая фаза	газовая фаза
50...60	90,8	9,2
75...90	85,1	14,9
100...115	82,0	18,0
115...135	76,3	23,7
130...145	72,2	27,8

Представленные данные показывают, что системы отбора проб должны обеспечивать как улавливание твердой фазы, так и адсорбцию/абсорбцию ПАУ из газовой фазы.

Отбор проб в основном проводится путем прокачки исследуемого воздуха или газа через фильтры (АФА-ВП, тефлоновый фильтр, фильтр из стекловолокна) и сорбент (пенополиуретан или ХАД-2) с последующей экстракцией аналитов растворителем.

По методу химического анализа методики можно разделить на три группы: высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), газовая хроматография-масс-спектрометрия (ГХ/МС) и спектрофлуоресцентная. Большинство из данных методик предполагает использование метода ВЭЖХ с использованием специальных колонок, позволяющих разделить анализируемую смесь на 16 ПАУ. Данный метод реализуется с использованием флуоресцентного детектора в связи с характерной особенностью ароматических соединений – флуоресценцией. В отличие от ВЭЖХ метод ГХ/МС позволяет определить не только сами ПАУ, но и их алкилированные производные, интерес к которым в последнее время возрастает в связи с тем, что некоторые из них обладают большей устойчивостью в окружающей среде и более токсичны по сравнению с их гомологами, а также являются индикаторами петрогенных источников загрязнения атмосферы [9].

В данном контексте нельзя не упомянуть о спектрально-флуоресцентном методе анализа, основанном на квазилинейных спектрах люминесценции (эффект Шпольского). Данный метод был широко распространен в нашей стране в отличие от первых двух [10], он реализуется с помощью спектрофлуориметров, стоимость которых значительно ниже, чем хроматографов и обладает высокой селективностью по отношению к индивидуальным ПАУ.

Остановимся более подробно на методиках измерения концентрации смолистых веществ: МВИ № ПрВ 2000/9 «Методика выполнения измерений смолистых веществ в промышленных выбросах при производстве алюминия и электродной продукции гравиметрическим методом» [11] и МИ № АВСЗЗ 2012/1 «Выбросы из аэрационных

фонарей электролизных корпусов и атмосферный воздух санитарно-защитной зоны производства алюминия, методика измерений массовой концентрации смолистых веществ» [12]. Данные методики были разработаны специально для алюминиевых заводов АО «Всероссийский алюминиево-магниевого институт» и ООО «РУСАЛ ИТЦ», и позволяют определять суммарную концентрацию соединений, входящих в состав смолистых веществ.

Методика МВИ № ПрВ 2000/9 основана на гравиметрическом методе анализа. Она предполагает отбор проб газопылевой смеси в организованных источниках загрязнения атмосферы, при соблюдении условия изокинетичности. Схема отбора пробы приведена на рисунке.

Для улавливания смолистых веществ, присутствующих в отходящих газах в газовой фазе, в методике предусматривалось использование сорбционных фильтров АФАС-ПАУ. Эти фильтры были сняты с производства в середине 2000-х годов. Для улавливания смолистых веществ, находящихся в твердом состоянии, применяется фильтровальный патрон, заполненный фторопластовой стружкой. Время отбора пробы составляет 20 мин. После отбора смолистые вещества, содержащиеся в патроне и на фильтре, экстрагируют гексаном при комнатной температуре в ультразвуковой ванне, данная процедура проводится трижды, все экстракты сливаются вместе и упариваются досуха. Сухой остаток взвешивают. Данная методика удобна и проста в применении, она не требует дорогостоящего аналитического оборудования, но имеет один недостаток – высокое значение нижнего предела диапазона измерения (2 мг/м^3) и подходит только для контроля источников с высоким содержанием смолистых в отходящих газах.

В настоящее время в ООО «РУСАЛ ИТЦ» разрабатывается и проходит испытания система пробоотбора с целью замены фильтров АФАС-ПАУ на сорбционный материал, который позволяет в полной степени улавливать смолистые вещества, находящиеся в газовой фазе.

Методика МИ № АВСЗЗ 2012/1 предназначена для контроля концентрации смолистых веществ

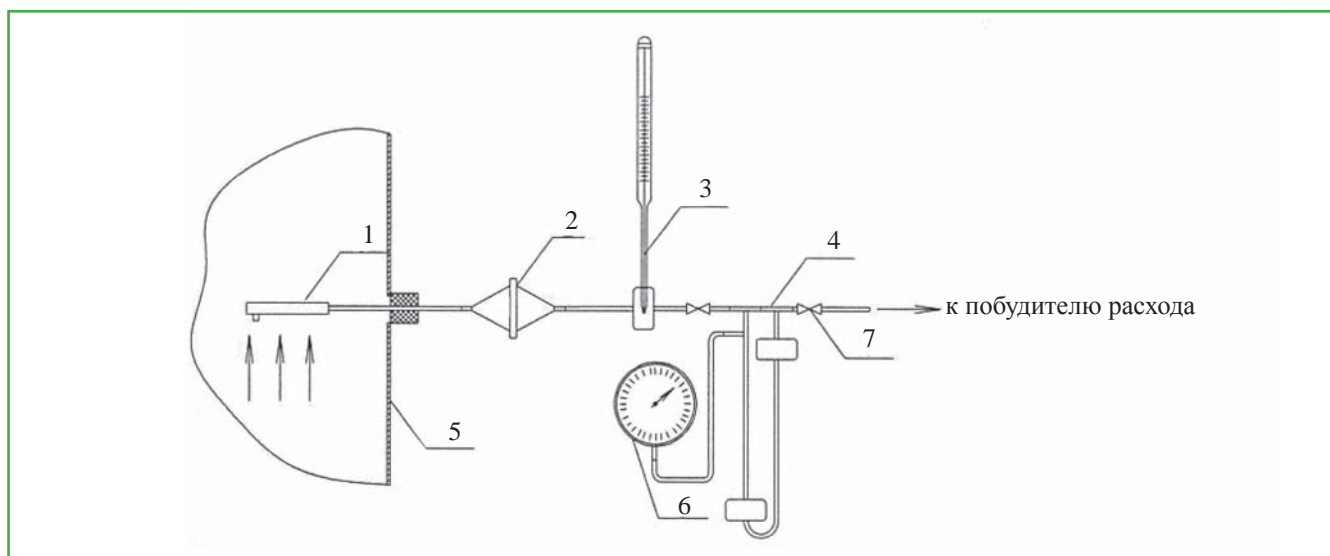


Схема отбора проб смолистых веществ в отходящих газах: 1 – *фильтровальный патрон*; 2 – *фильтродержатель*; 3 – *термометр*; 4 – *реометр с диафрагмой*; 5 – *газоход*; 6 – *вакуумметр*; 7 – *кран*

в атмосферном воздухе и в выбросах азрационных фонарей корпусов производства алюминия. Диапазон измерения значительно ниже и составляет от 0,01 до 1,0 мг/м³ для атмосферного воздуха и от 0,025 до 2,0 мг/м³ – для промышленных выбросов. Методика измерения основана на спекрофлуоресцентном методе анализа и предполагает отбор проб воздуха с использованием пенополиуретановых фильтров в течение 20 мин.

Далее аналиты экстрагируют гексаном в ультразвуковой ванне при комнатной температуре. Спектр флуоресценции гексанового экстракта сравнивают со спектрами стандартных растворов, приготовленных из исходного образца.

Известно, что состав смолистых веществ в отходящих газах зависит от состава ПАУ в каменноугольном пеке, который применяется на заводе. Данный факт вынуждает готовить исходный образец смолистых веществ индивидуально для каждого предприятия. Для этого отбирается проба в течение нескольких часов, содержащая не менее 10 мг смолистых веществ. Проба подвергается экстракции гексаном, далее экстракт упаривают досуха и взвешивают. Сухой остаток известной массы количественно переносят в мерную колбу и рассчитывают концентрацию исходного раствора. Данная методика удобна для рутинного анализа и позволяет контролировать источники выбросов с небольшим содержанием смолистых веществ, что не исключает целесообразности дальнейшего ее совершенствования.

Заключение

Из сказанного следует, что разработанные ООО «РУСАЛ ИТЦ» методики измерения смолистых

веществ, могут использоваться для производственного экологического контроля. Представляет интерес изучение возможности замены снятых с производства фильтров АФАС-ПАУ на другие материалы, позволяющие в полной степени улавливать смолистые вещества, находящиеся в газовой фазе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Roussel R., Allaire M., Friar S.R. Atmospheric polycyclic Aromatic hydrocarbons at a Point Source of Emissions. Part A: Identification and Determination of Polycyclic Aromatic Comounds in airborne Particulate Matter Near a Hrizontal Stud Soderberg Plant. Journal of the Air waste Management Association. 1992. Vol. 42, pp. 1609...1613.
2. Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon, France. 2010. Vol. 92. 868 p.
3. *Гигиенические нормативы*. ГН 2.1.6.1338–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. <http://docs.cntd.ru/document/901865554>.
4. *Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха»*: принят Государственной Думой 2 апреля 1999 г.: по состоянию на 13 июля 2015 г. <http://docs.cntd.ru/document/901732276>.
5. *Федеральный закон «Об охране окружающей среды»*: принят Государственной Думой 20 декабря 2001 г.: по состоянию на 28 декабря 2016 г. <http://docs.cntd.ru/document/901808297>.
6. Report to the Department of Environment, Food and Rural affairs; the Department of Environment Northern Ireland; the Welsh Government and the Scottish Government: NPL Report ENV 4. J. Tompkins et al. National physical Laboratory, 2015. 41 p.

7. Росстандарт. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений <http://www.fundmetrology.ru/default.aspx>.
8. Буркат В.С. Дукарев В.А. *Сокращение выбросов в атмосферу при производстве алюминия*. Санкт-Петербург, 2005. 274 с.
9. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. *Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов*. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 223 с.
10. Harner T. et al. Calibration and Application of PUF Disk Passive Air Samplers for Tracking Polycyclic Aromatic Compounds (PACs). *Atmospheric Environment*. 2013. Vol. 75, pp. 123...128.
11. Методика выполнения измерений массовой концентрации смолистых веществ в промышленных выбросах при производстве алюминия и электродной продукции (гравиметрический метод). МВИ № ПрВ 2000/9. Санкт-Петербург: АО «ВАМИ», 2000.
12. Выбросы из аэрационных фонарей электролизных корпусов и атмосферный воздух санитарно-защитной зоны производства алюминия. Методика измерения массовой концентрации смолистых веществ. МИ № АВСЗЗ 2012/1. Санкт-Петербург: ОАО «РУСАЛ ИТЦ», 2012.
5. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901808297>.
6. Report to the Department of Environment, Food and Rural affairs; the Department of Environment Northern Ireland; the Welsh Government and the Scottish Government: NPL Report ENV 4. J. Tompkins et al. National physical Laboratory, 2015. 41 p.
7. Available at: <http://www.fundmetrology.ru/default.aspx>.
8. Burkat V.S., Dukarev V.A. *Sokrashchenie vybrosov v atmosferu pri proizvodstve alyuminiya* [Reduction of air emissions from aluminum production]. Sankt-Peterburg [Saint Petersburg]. 2005. 274 p.
9. Rovinskiy F.Ya., Teplitskaya T.A., Alekseeva T.A. *Fonovyy monitoring politsiklicheskih aromaticheskikh uglevodородов* [Background monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons] L.: Gidrometeoizdat [Leningrad: Publishing house «Gidrometeoizdat»]. 1988. 224 p.
10. Harner T. et al. Calibration and Application of PUF Disk Passive Air Samplers for Tracking Polycyclic Aromatic Compounds (PACs). *Atmospheric Environment*. 2013. Vol. 75, pp. 123...128.
11. *Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii smolistykh veshchestv v promyshlennykh vybrosakh pri proizvodstve alyuminiya i elektrodnoy produktsii (gravimetricheskii metod)* [The measuring procedure of tarry substances concentration in industrial emissions in the production of aluminum and electrode products (gravimetric method)]. MVI № PrV 2000/9. Sankt-Peterburg [Saint Petersburg: AO «VAMI»]. 2000.
12. Vybrosov iz aeratsionnykh fonarey elektroliznykh korpusov i atmosfernyy vozdukh sanitarno-zashchitnoy zony proizvodstva alyuminiya. *Metodika izmereniya massovoy kontsentratsii smolistykh veshchestv* [Emissions from the aeration lanterns of potrooms and atmospheric air of the sanitary protection zone of aluminum production. The measuring procedure of tarry substances concentration]. MI № AVSZZ 2012/1. Sankt-Peterburg [Saint Petersburg: ОАО «RUSAL ITTs»]. 2012.

REFERENCES

1. Roussel R., Allaire M., Friar S.R. Atmospheric polycyclic Aromatic hydrocarbons at a Point Source of Emissions. Part A: Identification and Determination of Polycyclic Aromatic Comounds in airborne Particulate Matter Near a Horizontal Stud Soderberg Plant. *Journal of the Air waste Management Association*. 1992. Vol. 42, pp. 1609...1613.
2. Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon, France. 2010. Vol. 92. 868 p.
3. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901865554>.
4. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901732276>.

Информация об авторах

Таранина Ольга Александровна, аспирант

E-mail: Olga.Taranina@gmail.com

Санкт-Петербургский горный университет

Буркат Владимир Соломонович, канд. техн. наук, директор департамента экологии ООО «РУСАЛ ИТЦ»

Департамент экологии ООО «РУСАЛ ИТЦ»

E-mail: Vladimir.Burkat@rusal.com

199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д. 2

Information about authors

Taranina Olga Aleksandrovna, Postgraduate Student

E-mail: Olga.Taranina@gmail.com

Saint-Petersburg Mining University

Burkat Vladimir Solomonovich, Cand. of Techn. Sciences, Director of the ecology department, RUSAL ETC

E-mail: Vladimir.Burkat@rusal.com

199106, St Petersburg, Vasilevsky ostrov, 21st Line, the house 2