

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВАНАДИЯ В КАЧЕСТВЕ МАРКЕРА ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

© 2016 О.С. Егорова, Г.И. Гумерова, Э.В. Гоголь

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

Статья поступила в редакцию 11.12.2015

Условием эффективности экологического мониторинга в мегаполисе является необходимость выбора из большого числа показателей тех, при наблюдении за которыми могут быть сделаны корректные выводы о ситуации в городской экосистеме и приняты управляющие решения относительно конкретных источников загрязнения. Для современных мегаполисов с хорошо развитой дорожной инфраструктурой характерно присутствие целого ряда тяжелых металлов. Они могут использоваться в качестве веществ-маркеров для диагностики вероятных изменений комплекса показателей и прогнозирования допустимых уровней воздействия на городскую среду. Авторами предлагается методика определения ванадия как маркерного загрязнителя, позволяющая дать комплексную оценку состояния экосистемы мегаполиса в режиме реального времени и своевременно принять меры по снижению негативного воздействия передвижных источников.

Ключевые слова: автотранспорт, металл-маркер, ванадий, образцы депонирующих сред, колориметрия, инверсионная вольтамперометрия.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Российской Федерации одним из основных источников загрязнения атмосферы крупных городов можно назвать автомобильный транспорт. С развитием автомобильного рынка за последние два десятилетия в Российской Федерации наблюдается неконтролируемый рост автомобильного парка. Согласно статистическим данным аналитического агентства «АВТОСТАТ» он вырос почти на 60% и к началу 2015 года составил около 41 млн. транспортных единиц, что свидетельствует о высоких темпах автомобилизации по сравнению с другими странами (8 – 10% в год) [1].

На рис. 1 показан ежегодный прирост автомобильного парка РФ в сравнении со странами Европейского Союза, а именно Германией, Великобританией, Францией и Италией. Такое развитие событий может привести к тому, что уже через 2 – 3 года российский автопарк будет являться одним из крупнейших в Европе.

Процесс нерегулируемой автомобилизации населения сопровождается ухудшением состояния окружающей среды крупных городов, создавая опасность для здоровья и жизни человека. В России этот процесс выражен сильнее по сравнению с другими индустриальными странами, поскольку происходит в условиях отставания экологических показателей российских авто-

мобилей и их топлива от европейских, а также отставания в развитии и техническом состоянии улично-дорожной сети.

Казань является третьим по величине городом в России. Количество выбросов вредных веществ в атмосферу от промышленных предприятий и автомобильного транспорта варьирует (рис.2) от максимума 191,2 тысяч тонн в 1988 году до минимума 68,3 тысяч тонн в 1998 году [2].

Соотношение выбросов от промышленных источников и автотранспорта имеет выраженную динамику, связанную с увеличением в городе автотранспорта физических лиц [3]. На составной гистограмме (рис. 2) отчетливо виден «провал» выбросов, начиная с 2010 года. Он объясняется переходом к методам оценки выбросов загрязняющих веществ, в основе которых лежит европейская модель расчета ЗВ от автотранспорта.

При этом динамика комплексного развития дорожно-транспортной сети и экологического мониторинга отстает от динамики увеличения количества автотранспортных средств в Казани. Можно предположить, что в ближайшее время пропускная способность городских автомагистралей достигнет критической точки.

В этой связи возникает необходимость принятия управленческих решений в области показателей диагностики состояния городской экосистемы. Показатели диагностики свидетельствуют о вероятных изменениях комплекса прочих показателей и позволяют прогнозировать уровень воздействия на компоненты городской экосистемы. Выбор веществ-маркеров является приоритетным направлением в области показателей диагностики экологического мониторинга.

Известно, что при эксплуатации автотранспорта выделяется смесь токсичных компонен-

Егорова Ольга Сергеевна, старший преподаватель кафедры общей химии и экологии. E-mail: egorova_o_s@bk.ru
Гумерова Гузель Ильдаровна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры общей химии и экологии. E-mail: geti6872@mail.ru
Гоголь Элина Владимировна, кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии и экологии. E-mail: ellinagogol@bk.ru

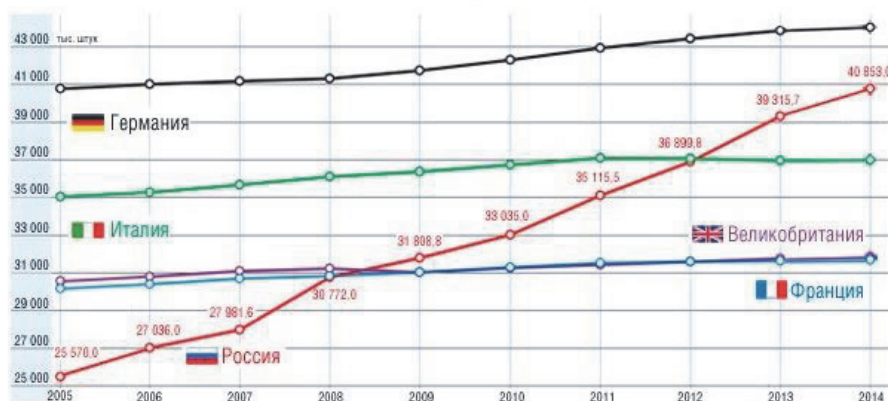


Рис. 1. Динамика автопарка РФ в сравнении с европейскими странами

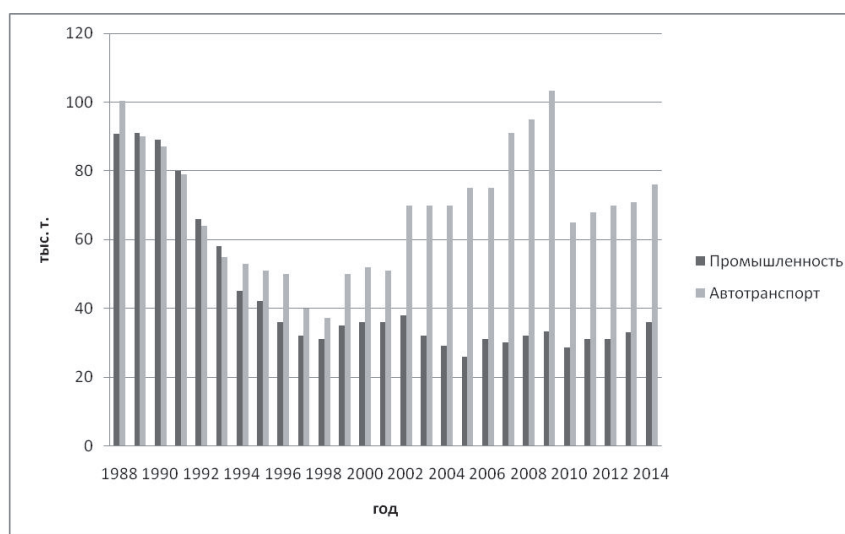


Рис. 2. Динамика выбросов вредных веществ в Казани от промышленности и автотранспорта

тов, которые образуются при сжигании бензина; при испарении заправочных жидкостей (моторного масла, тормозной жидкости, жидкости для мойки стекла, бензина); при истирании автомобильных шин и тормозных колодок, элементов кузова, дисков [4].

Компонентный состав отработавших газов, попадающих в атмосферный воздух г. Казани из выхлопных труб, достаточно разнообразен; насчитывается порядка 300 различных соединений [5, 6]. Качественный и количественный состав выбросов определяется целым рядом факторов: метеорологическими и климатическими условиями, техническим состоянием и конструктивными особенностями автомобиля, рельефом и качеством автомагистрали, режимом движения автотранспортного средства, типом и качеством используемого топлива [7, 8, 9]. Среди загрязняющих веществ, входящих в этот перечень, выявлено порядка 15 тяжелых металлов [10]. Выхлопные газы двигателей содержат мышьяк, кадмий, хром, медь, ртуть, никель, свинец, цинк, сурьма, кобальт, марганец, ванадий, барий, селен [11]. Применение шипованных шин влечет за собой повышенный износ асфальтового покрытия автомобильных дорог, что увеличивает в свою

очередь количество взвешенной в воздухе и осевшей на её поверхности пыли, содержащей тяжелые металлы. При истирании тормозных колодок в воздух попадают медь, ванадий, молибден, никель, хром, а при износе покрышек – кадмий, свинец, цинк, ванадий. Особая опасность этих выбросов заключается в том, что в них содержится сажа, способствующая глубокому проникновению тяжелых металлов в организм человека. При длительном воздействии эти металлы даже в малых концентрациях представляют угрозу в силу своей токсичности (I и II класс опасности) и химической активности [12].

Рассмотренные выше источники оказывают крайне негативное воздействие на состояние городской экосистемы. Это воздействие не ограничивается загрязнением только воздушного бассейна. Оно приводит к загрязнению почвенного и снежного покровов, угнетению растительности деятельности живых организмов. При этом содержание металлов в депонирующих средах многократно превышает естественный фоновый уровень [13].

Таким образом, вышесказанное указывает на то, что в условиях крупных городов со сложной промышленной и жилой застройкой необходи-

ма организация мониторинга металлов около дорог в режиме реального времени. Авторами предложен ванадий в качестве металла - маркера воздействия автотранспорта на городскую экосистему. Экологический мониторинг предложено начать с детектирования концентраций ванадия в почве и снежном покрове в выбранных контрольных точках на территории города Казани. Такой подход позволит дифференцировать зоны городской экосистемы в зависимости от интенсивности воздействия автотранспорта и ареалу распространения загрязнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На начальном этапе исследования был проведен выбор точек отбора проб депонирующих сред (образцов почв и талого снега) г. Казани с учетом степени интенсивности воздействия передвижных источников. Основным методом изучения пространственной структуры распределения металлов в депонирующих природных компонентах окружающей среды был выбран метод геохимического картирования [14]. Сущность метода заключается в отборе проб характеризуемого компонента природной среды по равномерной сети пунктов наблюдения с последующим анализом проб на содержание металлов; выделении зон загрязнения, представляющих участки территории с содержанием металлов, статистически достоверно превышающим возможную вариацию их содержаний в местных фоновых условиях, т.е. на аналогичной в ландшафтном отношении территории без техногенного воздействия. Сеть опробования должна обеспечивать выявление важнейших очагов загрязнения.

Были отобраны пробы снежного покрова и почв из всех функциональных зон города. Также был произведен расчет интенсивности движения автотранспортного потока на выбранных участках улично-дорожной сети с учетом проходящих автотранспортных средств в обоих направлениях с подразделением по следующим группам: легковые, автофургоны и микроавтобусы до 3,5 тонн, грузовые от 3,5 до 12 т, грузовые свыше 12 т, автобусы свыше 3.5 т.

Исследование снежного покрова проводилось в четвертой декаде февраля 2015 года в начале периода снеготаяния. По метеорологическим данным стабильный снежный покров установился 10.02.2015 г. В этот период среднесуточная температура была определена в интервале (-5...-8) °С. Пробоотбор проводился 28.02.2015 г. по нерегулярной сети отбора при температуре (-2...-5) °С. Снежный покров сохранялся целостным, таяние снега только начиналось.

Пробы почв массой 400 - 500 граммов отбирали из верхнего горизонта толщиной от 0 до 5 сантиметров. К этому слою приурочена максимальная концентрация загрязняющих веществ,

поступающих из приземных слоев атмосферы. Пробы отбирались на газонах, расположенных вдоль выбранных участков автодорог. Образцы проб высушивались до воздушно-сухого состояния и просеивались через сито с диаметром отверстий 1 - 2 миллиметра [15]. Пробы были отобраны в мае 2015 года.

2.1. Фотометрическое определение ванадия в пробах снежного покрова

Снежный покров относится к депонирующим средам. Концентрации микроэлементов в них можно определять в твердой и/или жидкой составляющей. Пробоподготовка снега заключается в растапливании и фильтровании отобранных проб, в результате чего получили фильтрат и осевший на фильтре осадок (твердая составляющая). При мониторинге снежного покрова нами была исследована твердая составляющая. Химический анализ выполнялся по стандартной методике [16]. Для идентификации ванадия в осадке использовали фотоколориметр СPhC - 3 ($\lambda = 450 - 480$ нм). Содержание ванадия в анализируемом объеме определяют по предварительно построенному калибровочному графику, для построения которого готовят шкалу стандартов.

2.2. Фотометрическое определение ванадия в пробах почвенного покрова

Определение ванадия в пробах почв проводилось аналогично анализу снежного покрова. Пробоподготовка и анализ почвы выполнялись по стандартной методике [17]. Водную вытяжку почвы колориметрировали с фиолетовым светофильтром (длина волны 413 нм). Содержание ванадия в испытуемом растворе вычисляли по калибровочному графику, построенному по результатам измерения проб из стандартного раствора ванадия.

2.3. Разработка методики вольтамперометрического определения ванадия

На последнем этапе исследований реализовывалась разработка методики определения ванадия методом инверсионной вольтамперометрии. В качестве индикаторных электродов использовали ртутный, стеклоуглеродный и графитовый электроды. В качестве электрода сравнения использовали хлорсеребряный электрод, заполненный насыщенным раствором хлорида калия, с сопротивлением не более 3 кОм. Измерения проводились на комплексе аналитическом вольтамперометрическом СТА-1 [18].

При проведении измерений готовилась серия стандартных растворов с концентрацией от 10^{-1} до 10^{-6} мг/см³. Для установления наиболее подходящих условий анализа были подготовлены 3 фоновых электролита, каждый из которых соответствует определенному потенциалу восстановления ванадия:

- 1 – 2 М HCl (pH = 1), $\phi = -1,26$ В;
 2 – 1 М KCl, 1 М NaOH (pH = 5 – 6), $\phi = -0,39$ В;
 3 – 1 М NH₄Cl (pH = 8 – 9), $\phi = 1,4$ В.

Измерения проводились параллельно в трех ячейках с аналогичными условиями анализа для минимизации погрешностей.

После подбора фонового электролита, рабочего потенциала и индикаторного электрода была проведена серия измерений подготовленных проб модельных растворов ванадия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно [14, 19, 20], установлены количественные связи между содержанием металлов в атмосферном воздухе и выпадением их на территории городов в виде аномалий в почве и снежном покрове. Поэтому для определения количества накопленных веществ целесообразно проводить отбор проб почв и/или снежного покрова. Причем, содержание тяжелых металлов, поступающих в них воздушным путем, на 2-3 порядка выше по сравнению с воздушной средой [21].

Центры наиболее высоких концентраций металлов обычно приурочены к источникам загрязнения. Они фиксируют в виде геохимических аномалий наиболее устойчивые и опасные участки зон воздействия выбросов. Расположение точек пробоотбора на территории Казани выбиралось на основе расчетных данных по интенсивности движения автотранспорта, а также на основе фактической информации об экологическом состоянии территории города. В качестве фоновой точки был выбран участок, расположенный на открытом месте в районе поселка Верхний Услон, расположенного в 35 км от границы города. Данный участок испытывает минимальное антропогенное воздействие. Концентрации химических элементов в этой точке были приняты в качестве фоновых концентраций для территории Казани.

Влияние передвижных источников на городскую среду оценивалось по интегральному показателю степени загрязненности воздушного бассейна города. Как отмечалось выше, в результате их эксплуатации в воздух попадают металлы (As, Cd, Ni, Pb, Hg, Cr, Cu, Zn, Mn, Co, V, Ba, Se, Sb), большинство из которых являются явными токсикантами. Хотя некоторые из них относятся к микроэлементам, необходимым живым организмам, но при постоянном увеличении концентраций в природной среде, превышающих значения ПДК в 2 и более раз, эти металлы рассматриваются уже как тяжелые [22]. Кроме того, ионные формы металлов обладают высокой миграционной способностью. Причем в процессе такого перемещения по депонирующим средам происходит изменение степени окисления, концентрации и формы их нахождения.

Было установлено, что ванадий – это один из металлов, который присутствует во всех типах выбросов от автотранспорта (выхлопные газы, истирание тормозных колодок и покрышек) в очень большом количестве по сравнению с другими металлами [23]. Согласно [24] в выхлопных газах автотранспорта содержится пентоксид ванадия, что обусловлено содержанием V₂O₅ в каталитическом нейтрализаторе отработавших газов. Образование пентоксида ванадия в автотранспортных выхлопах, вероятно, связано с присутствием ванадия в используемом топливе. Именно окись пентавалентного ванадия обладает наибольшей токсичностью, наносит большой и долгосрочный вред окружающей среде при попадании в водоемы.

Именно по содержанию V₂O₅ можно судить о воздействии транспорта на экосистему города, поэтому ванадий предложено выбрать его в качестве металла-маркера в экологическом мониторинге. Предлагаемый подход может быть рекомендован как экспрессный способ выявления как степени загрязнения городской экосистемы,

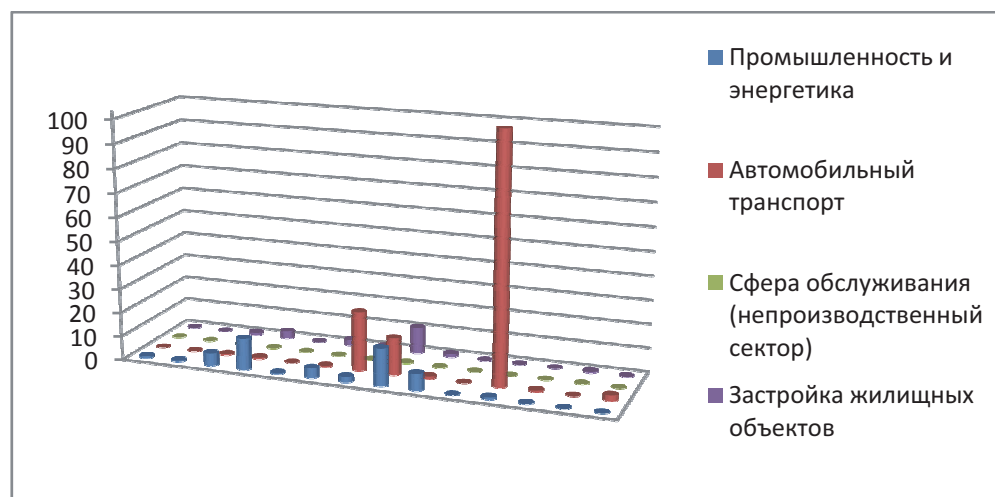


Рис. 3. Распределение эмиссии тяжелых металлов от секторов экономики и передвижных источников

так и очагов, требующих пристального внимания организаций, отвечающих за экологическое состояние городской среды.

Инструментальные методы определения ванадия (фотометрический, рентгенофлуоресцентный, атомно-абсорбционный), действующие в России, недостаточно селективны и чувствительны (нижний предел обнаружения в составляет $0,001 - 0,05 \text{ мг/м}^3$) [25].

В последнее время в мире и в России при исследовании содержания ванадия используются нейтронно-активационные и масс-спектрометрические методы [26].

Они обеспечивают достаточную чувствительность и точность, но имеют ряд ограничений для целей массового анализа: низкую производительность, трудоемкую процедуру пробоподготовки, ее зависимость от происхождения проб.

Согласно [27] аттестованные методы определения ванадия отсутствуют и представлены, как правило, в виде статей.

Был проведен анализ проб депонирующих сред колориметрическим методом, который был выбран как наиболее часто используемый при количественном анализе тяжелых металлов. На основании полученных результатов был сделан вывод о содержании ванадия в каждом из исследуемых образцов, причем прослеживалась четкая зависимость концентрации загрязнителя от интенсивности транспортной нагрузки участка, на котором отбирались пробы.

Разработка методики определения ванадия методом инверсионной вольтамперометрии позволит упростить процедуру пробоподготовки и даст возможность использовать разрабатываемый метод для проведения экспресс-анализа депонирующих сред.

Однако сложность вольтамперометрического определения ванадия заключается в подборе

подходящего фонового электролита, потенциала определения на вольтамперометрическом анализаторе и индикаторного электрода. Значения окислительно-восстановительных потенциалов ванадия в водных растворах зависят не только от соотношения и концентрации его ионных форм, но и от pH среды.

Экспериментально было доказано, что применение ртутного микроэлектрода неэффективно – пиков восстановления ванадия ни при одном из измерений обнаружено не было. Причем поверхность электрода сильно окислялась, и электрод приходилось очищать для восстановления его работоспособности.

Исходя из этого, было предложено заменить ртутный микроэлектрод и опробовать в качестве индикаторных стеклоуглеродный и графитовый электроды диаметром 1,2-1,5 мм, длиной 8-12 мм и сопротивлением не более 2 кОм. Исследования по определению ванадия на двух предложенных электродах также проводились с использованием приготовленных модельных растворов и трех фоновых электролитов, описанных выше.

В ходе анализов было выявлено, что оба индикаторных электрода пригодны для определения ванадия в водных вытяжках. Были обнаружены стабильные пики восстановления ванадия ($\phi = -1,26 \text{ В}$) при использовании в качестве фонового электролита 2 М HCl (pH = 1). Использование двух других фоновых электролитов результатов не дало. Несмотря на то, что графитовый электрод менее дорогостоящий, стеклоуглеродный показал большую стабильность в работе и отсутствие необходимости регенерировать рабочую поверхность после каждого измерения, что является обязательным при использовании графитового электрода.

Также было установлено, что при увеличении pH раствора наблюдалось уменьшения пиков, вплоть до их полного исчезновения при pH = 5.

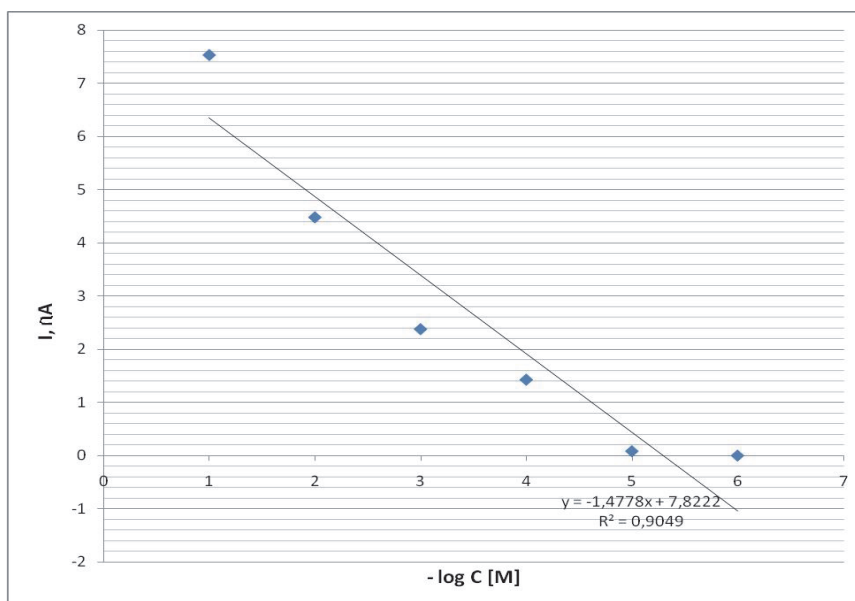


Рис. 4. Зависимость силы тока от концентрации ванадия

После завершения всех измерений была получена усредненная вольтамперограмма при определении ванадия в модельных растворах по разработанной методике ($\phi = -1,26$ В; индикаторный электрод стеклоуглеродный). Зависимость определяемого тока от концентрации анализируемой серии растворов ванадия представлен на графике (рис. 4).

При проведении ряда анализов по данной методике, была установлена хорошая воспроизводимость и повторяемость результатов. Минимальная определенная концентрация ванадия - 10^{-6} М.

ВЫВОДЫ

Таким образом, представленные в статье результаты исследования содержания металла-маркера в депонирующих средах рекомендуется использовать для корректировки размещения точек пробоотбора действующей сети экологического мониторинга города Казани, а внедрение предлагаемой методики позволит упростить систему мониторинга состояния атмосферного воздуха мегаполиса за счет достижения экспрессности и простоты проводимых анализов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аргучинцева, А. В. Оценка загрязнения воздушной среды городов автотранспортом / А. В. Аргучинцева, В. К. Аргучинцев, О. В. Лазарь // География и природные ресурсы. Иркутск. 2009. N 1. С. 131-137.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2014 году. К.: Мин-во экологии и природных ресурсов РТ, 2015. 490 с.
3. Переведенцев, Ю.П. Метеорологический потенциал самоочищения и качество атмосферного воздуха в Казани в последние десятилетия / Ю.П. Переведенцев, Ю.Г. Хабутдинов // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. Ижевск. 2012. Вып. 3. С. 23-28.
4. Танеева, А.В. Анализ проблем экологической безопасности автомобильных дорог г. Казани / А.В. Танеева, А.В. Синкевич, А.А. Карташова, В.Ф. Новиков // Известия Каз ГАСУ. Казань. 2009. № 2 (12). С. 302-307.
5. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2012 году. К.: Мин-во экологии и природных ресурсов РТ, 2013. 450 с.
6. Шагидуллин, А.Р. Расчет загрязнения атмосферы г. Казани выбросами автотранспортных потоков / А.Р. Шагидуллин, Р.А. Шагидуллина // Экология и промышленность России. Москва. 2013. №4. С51-55.
7. Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems. Final report. TRL limited. 2007.
8. COPERT 4. Emission Inventory Guidebook, Laboratory of applied thermodynamics. Thessalonique's University. 2007. URL: <http://link.springer.com/chapter/> (дата обращения 10.11.2015).
9. Hugrel. Transport routier-Parc, usage et emissions des vehicules en France de 1970 a 2025. / Hugrel, R. Joumard // Institut National de Recherche sur des Transports et leur Securite. ADEME 01-03-035. INRETS C02-02.RapportLTE 0420 (2004).
10. Егорова, О.С. Воздействие передвижных источников на качество атмосферного воздуха городов/ О.С. Егорова, Э.В. Гоголь, Р.Р. Шипилова, Ю.А. Тунакова // Вестник Казанского технологического университета. Казань. 2013. Т. 16. № 19. С. 71-75.
11. Astaix, G. Emissions routieres des polluants atmospheriques / G. Astaix, V. Demeules, F-R. Duval, Y. Dantec // Noted information du Setra – Serie Economie Environnement Conception. Lyon. 2009. №92. P. 92-107.
12. Егорова, О.С. Оценка вклада автотранспортных потоков в загрязнение атмосферного воздуха г. Казани / О.С. Егорова, Д.Р. Буркеева, Э.В. Гоголь, Ю.А. Тунакова // Вестник Казанского Технологического Университета. Казань. 2014. Т.17, № 16. С.141-143.
13. Теплая, Г.А. Тяжелые металлы как факторы загрязнения окружающей среды (обзор литературы) / Г.А. Теплая // Астрах. вестник экологического образования. Астрахань. 2013. №1(23). С.182 – 192.
14. Ревич, Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории города химическими элементами / Б.А. Ревич, Ю.Е. Саэт, Р.С. Смирнова, Е.П. Сорокина. М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.
15. Ревич, Б.А. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / Б.А. Ревич, Ю.Е. Саэт, Р.С. Смирнова. М.: ИМГРЭ, 1990. – 8 с.
16. Павловская, Г.С. Методические указания на определение вредных веществ в воздухе / Г.С. Павловская, В.Г. Овечкин. М.: ЦРИА «Морфлот», 1981. – 252 с.
17. Другов, Ю.С. Пробоподготовка в экологическом анализе. Практическое руководство / Ю.С. Другов, А.А. Родин. М.: Изд-во БИНОМ, 2013. – 855 с.
18. Инновационный подход в контроле вредных веществ в выбросах от передвижных источников: отчет о НИР / Академия наук Республики Татарстан: рук. Гумерова Г.И.; испол.: Егорова О.С. Казань, 2015. 47 с.
19. Смирнова, С.М. Тяжелые металлы в снежном покрове г. Николаева / С.М. Смирнова, В.В. Долин // Сб. науч. тр. Института геохимии окружающей среды НАН Украины. Киев. 2011. Вып. 19. С. 115 – 124.
20. Савватеева, О.А. Оценка загрязнения территории городского поселения от источников антропогенного воздействия на основе химического анализа снежного покрова на примере Дубны / О.А. Савватеева, Л.И. Алексеева, И.З. Каманина, С.П. Каплина // Экология и здоровье человека. Якутск. 2007. №5. С. 115-123.
21. Шумилова, М.А. Снежный покров как универсальный показатель загрязнения городской среды на примере Ижевска / М.А. Шумилова, О.В. Садидуллина // Вестник Удмуртского университета. Ижевск. 2011. Вып. 2. С. 91 – 96.
22. Егорова, О.С. Тяжелые металлы и мусоросжигание как источник их поступления в окружающую среду/ О.С. Егорова, Э.В. Гоголь, Р.Р. Шипилова, Ю.А. Тунакова // Вестник Казанского технологического университета. Казань. 2013. Т. 16. № 21. 2013. С. 203-209.

23. Monitoring program for dioxins/furans and heavy metals in atmospheric fallout and the ambient air. Study, financed by the partners of monitoring program ASCOPARG, SUP'AIR, COPARLY. – Paris. 2009. P. 108.
24. Puvvada, G.V.K. Recovery of vanadium from fly ash and spent catalysts. Vanadium – geology, processing and applications / G.V.K. Puvvada, R. Sridhar, V.I. Lakshmanan // Proceedings of the International Symposium on Vanadium. Montreal. 2002. P. 171 – 181.
25. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М.: Центр Исследования и Контроля Воды, 1998. 31 с.
26. Уланова, Т.С. Разработка методических приемов определения ванадия в атмосферном воздухе и биосферах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой / Т.С. Уланова, Е.В. Стенно, Г.А. Вейхман, Ю.В. Шардакова, М.А. Баканина // Вестник Тюменс. гос. ун-та. Тюмень. 2011. №12. С. 32 – 37.
27. Гилева О.В. Методическое обеспечение гигиенической оценки опасности воздействия ванадия на организм детей в зоне размещения металлургических производств феррованадиевых сплавов: автореф. дис...канд. мед. наук: 14.02.01. М., 2014. 23 с.

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF VANADIUM AS A MARKER OF MOTOR VEHICLE EMISSIONS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING

© 2016 O.S. Egorova, G.I. Gumerova, E.V. Gogol

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

The condition of the effectiveness of environmental monitoring in the city is the need to select from a large number of indicators of those under observation that can be made the correct conclusions about the situation in the urban ecosystem and managerial decisions on specific sources of pollution. For modern cities with well-developed road infra-structure is characterized by the presence of a number of heavy metals. They can be used as marker substances for the diagnosis of the likely changes to a set of indicators and predict acceptable levels of exposure to the urban environment. The authors propose a method for determination of vanadium as a contaminant marker that allows to give a comprehensive assessment of the state of metropolis ecosystem in real time and take timely measures to reduce the negative impact of mobile sources. *Keywords:* vehicles, metal marker, vanadium, sample storage medium, colorimetry, inversion voltammetry.

Olga Egorova, Senior Lecturer at the General Chemistry and Ecology Department. E-mail: egorova_o_s@bk.ru
Guzel Gumerova, Candidate of Technical Science, Senior Lecturer at the General Chemistry and Ecology Department. E-mail: geri6872@mail.ru
Ellina Gogol, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the General Chemistry and Ecology Department.