

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК 574.502.7

*В. В. ВАМБОЛЬ, А. С. РАШКЕВИЧ, Н. В. РАШКЕВИЧ***АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА**

Проведен анализ возможности организации дистанционного экологического мониторинга атмосферного воздуха в районах возникновения чрезвычайных ситуаций. Определены требования, имеющие важнейшее значение для проведения мониторинга в зоне чрезвычайных ситуаций техногенного характера, а именно, быстрейшее получение данных контроля и возможность отбора представительной пробы. Установлено, что дистанционный лазерный мониторинг наиболее полно удовлетворяет необходимым требованиям и позволяет решить при помощи одного комплекта аппаратуры двудейную задачу – оперативного мониторинга газовых примесей и аэрозолей в условиях ЧС.

Ключевые слова: атмосферный воздух, экологический мониторинг, чрезвычайная ситуация, дистанционное зондирование, лазер.

Проведено аналіз можливості організації дистанційного екологічного моніторингу атмосферного повітря в районах виникнення надзвичайних ситуацій. Визначено вимоги, що мають найважливіше значення для проведення моніторингу в зоні надзвичайних ситуацій техногенного характеру, а саме, швидкодія отримання даних контролю й можливість відбору представницької проби. Встановлено, що дистанційний лазерний моніторинг найбільш повно задовольняє необхідним вимогам і дозволяє вирішити за допомогою одного комплекту апаратури двосдине завдання – оперативного моніторингу газових домішок й аерозолів в умовах НС.

Ключові слова: атмосферне повітря, екологічний моніторинг, надзвичайна ситуація, дистанційне зондування, лазер.

The analysis of possibility of organization of ecological RMON of atmospheric air is conducted in the districts of origin of emergencies. Requirements having a major value for realization of monitoring in the zone of emergencies of technogenic character are certain, namely, fast-acting of receipt of control data and possibility of selection of representative test. In the zone of origin of emergency sampling can be produced only on a border by indignant and unindignant areas of atmosphere. Besides sampling to behave a traditional method to the noncommunicative volume round some point in space, that does not provide reliable information about current status of atmospheric air. Deciding this problem is possible the controlled from distance noncontact methods. It is set that laser RMON most full satisfies to the necessary requirements, because during realization of measuring a concentration усредняется along the route of sounding, and after the choice of a few directions the representatively "of test" increases repeatedly. Similarly the laser monitoring allows to decide one in two task through one complete set of apparatus – operative monitoring of gas admixtures and aerosols in the conditions of emergency.

Keywords: the atmosphere, environmental monitoring, emergency, remote sensing, laser.

Введение. Рассматривая чрезвычайные ситуации техногенного характера, вызванные производственной деятельностью человека следует сказать, что они, как правило, приводят к загрязнению окружающей среды. Статистика и информационные ресурсы позволяют утверждать, что большинство техногенных аварий сопровождаются процессами горения [1–4]. Для Украины наиболее характерными являются взрывы на складах боеприпасов, пожары на полигонах захоронения отходов, нефтехранилищах, складах ГСМ, аварии на химических предприятиях, на железнодорожных магистралях и т. п. В силу того, что такие чрезвычайные ситуации происходят на территориях, ограниченных размерами, в ограниченные промежутки времени, они характеризуются высокоинтенсивным энерговыделением и высокой интенсивностью образования молекулярных соединений, опасных в экологическом отношении. Высокотемпературные газы, обладающие огромной подъемной силой, при своем движении вызывают эффект засасывания воздушных масс из невозмущенных областей атмосферы и подготавливают условия для физико-химического взаимодействия сложных реагирующих систем. Следует учитывать и тот факт, что процесс горения, характеризуется поступлением в атмосферу в больших количествах сажи, моно- и диоксида углерода, и токсичных химических веществ, а также соединений, которые при взаимодействии с парами воды образуют кислоты. Именно эти факторы в своей совокупности обуславливают сильное отклонение экологических параметров околоземной среды от фоновых естественных значений.

Описанные выше процессы определяют снижение уровня экологической безопасности в районе возникновения и распространения чрезвычайной ситуации техногенного характера. Постоянно меняющаяся концентрация вредных веществ в окружающей среде, и прежде всего, в атмосферном воздухе, вызывает необходимость в разработке оперативных средств экологического мониторинга в очаге и зоне ЧС. В этом случае большой интерес представляют такие средства и системы, которые позволяют дистанционно, а также оперативно получать необходимую информацию.

Выше изложенными соображениями и определяется актуальность данного исследования, а именно: анализ возможности проведения дистанционного экологического мониторинга атмосферного воздуха в районах возникновения чрезвычайных ситуаций. Базируясь на данных мониторинга, возможна качественная и количественная оценка экологического состояния исследуемого района и прогнозирование возможных экологических последствий.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. В экологическом мониторинге выбор метода измерений и выбор средств измерений между собой неразрывно связаны. Для обеспечения достоверных результатов контроля данные измерений с применением средств измерения недостаточной точности или с использованием недостаточно совершенной методики измерений малоценны, т. к. неизбежно приводят к неправильным выводам и оценке экологической ситуации.

© В. В. Вамболь, А. С. Рашкевич, Н. В. Рашкевич. 2016

Качество экологического мониторинга атмосферного воздуха определяется требованиями к полноте данных, достоверности результатов, оперативности (быстродействия), т. е. степенью совершенства системы метрологического обеспечения мониторинга. Его эффективность зависит от значительного числа факторов.

Идентификация загрязнителей, содержащихся в атмосферном воздухе, является достаточно трудной задачей для аналитической химии из-за наличия сотни токсичных соединений различных классов. Это объясняется тем, что концентрации токсичных веществ, попадающих из различных источников в атмосферу, находятся на уровне следовых количеств или микропримесей [5]. Кроме того, лабораторные исследования – это достаточно длительный процесс [6]. Для выявления микропримесей в атмосферном воздухе, в частности полициклических соединений, в работе [7] предложено использовать цифровую обработку хроматографических сигналов с применением фильтра Бесселя. Однако, в условиях техногенных катастроф отбор проб является достаточно проблематичной задачей. При отборе проб для анализа степени загрязнения воздуха существенное влияние оказывает место расположения приборов, например высота, и возможность доступа к нему исследуемого потока свободного воздуха [8].

Так же необходимым является правильный выбор методов и средств регистрации данных, что влияет на качество самих данных и их дальнейший анализ [9].

К требованиям, имеющим важнейшее значение при мониторинге в зоне чрезвычайных ситуаций техногенного характера, следует отнести быстродействие получения данных контроля и отбор представительной пробы. К тому же в зоне возникновения чрезвычайной ситуации атмосферный воздух характеризуется наличием загрязнений в виде несвойственных ему молекул газов и аэрозолей. А, следовательно, традиционными средствами исследования состава атмосферного воздуха в зоне техногенной катастрофы не может быть выполнено ни одно из поставленных выше требований.

В связи с этим на первое место выходят дистанционные методы зондирования загрязнений воздуха. Для дистанционного зондирования возможно применение датчиков или других регистрирующих приборов, установленных на некотором расстоянии от места исследования. Результатом являются снимки, которые требуют дальнейшей обработки и расшифровки специальными математическими методами по определенным методикам. При этом отмечается высокая надежность такого исследования окружающей среды в случае использования космических снимков Landsat TM [10]. Однако такие снимки дорогостоящие и не решают поставленную задачу оперативно.

Особого внимания заслуживают лазерные методы, как методы дистанционного зондирования атмосферного воздуха [11].

С этих позиций следует рассмотреть реальные возможности применения традиционных и лазерных методов для проведения экологического мониторинга атмосферного воздуха в зоне чрезвычайной ситуации.

Цель и задачи исследования. Основная цель данной работы заключается в исследовании особенностей и реальной возможности применения лазерных методов

для проведения экологического мониторинга атмосферного воздуха в зоне чрезвычайной ситуации (ЧС).

Для достижения данной цели решены следующие задачи:

– анализ особенностей и возможности проведения оперативного и качественного экологического мониторинга атмосферного воздуха в зоне ЧС традиционными методами контроля;

– анализ реальной применимости лазерных методов в условиях ЧС для качественной и количественной оценки состояния атмосферного воздуха.

Материалы и методы анализа особенностей экологического мониторинга атмосферного воздуха в зоне возникновения ЧС. Традиционный мониторинг атмосферы, построенный на основе многозвенной технологической цепочки, включает отбор проб, их предварительную подготовку и химический анализ с использованием индивидуальных методик и реактивов на каждое вещество. Даже если не брать во внимание систематические погрешности, обусловленным несовершенством каждого из звеньев многозвенной цепи, следует указать на то обстоятельство, что в зоне техногенных катастроф мониторинг на основе проботбора полностью теряет смысл по своему назначению из-за невозможности отобрать представительную пробу.

В действительности в зоне возникновения чрезвычайной ситуации отбор проб может быть произведен лишь на границе возмущенной и невозмущенной областей атмосферы.

К тому же отбор проб традиционным методом относится к локализованному объему вокруг некоторой точки в пространстве с координатами $(x_0, y_0, z_0) \dots (x_n, y_n, z_n)$ содержание загрязняющих веществ опасных в экологическом отношении существенно отличается от их содержания в контрольной точке (x_0, y_0, z_0) .

Решить эту проблему можно лишь дистанционными бесконтактными методами на основе использования лазерной техники, когда концентрация усредняется вдоль трассы зондирования, а после выбора нескольких направлений представительность «пробы» многократно возрастает.

Основы лазерного мониторинга окружающей среды заложены в работах Э. Д. Хинкли, Р. Межериса, В. Е. Зуева, В. В. Зуева [11]. Их обобщение проведено в работах П. Л. Мейера, М. В. Сигриста, Б. И. Васильева, У. М. Маннуна.

Суть методики кратко состоит в следующем.

Загрязненная атмосфера содержит не присущие ей газы (двуокись серы – SO_2 , окислы азота – NO и NO_2 , углеводороды – HC и другие), продукты их реакции типа кислот и окислителей, а также твердые пылинки с размерами от 10^{-8} до 10^{-3} м (аэрозоли).

Молекулы газов – загрязнителей и аэрозолей поглощают и рассеивают лазерное излучение. На этом базируются методы лазерного мониторинга загрязнений в атмосфере.

Лазерный монитор (он же лидар) состоит из трех основных частей:

– передающее устройство (лазер, оптическая система);

– приемное устройство (телескоп, фильтры, поляризационный элемент, фотодетектор);

– управляющее устройство (блок контроля параметров оптического генератора, блок обработки, система регистрации и отображения).

Эффект учета лазерным лучом состава и концентраций загрязняющих веществ по большому множеству точек на нескольких трассах обеспечивает выполнение требований мониторинга в отношении достоверности результатов полноты данных.

Точность определения концентрации исследуемого газа зависит от разных параметров:

– погрешность регистрации лидарных сигналов (в реальных лидарных системах она не превышает 10 %);

– погрешность определения сечения поглощения газа, которое находится либо экспериментально, либо с помощью атласов спектральных данных HITRAN или GEISA;

– оптимально выбранные пары длин волн внутри линии поглощения (λ_{ON}) и вне ее (λ_{OFF}), для которых желательны большое дифференциальное сечение поглощения, маленький спектральный интервал $\Delta\lambda = \lambda_{ON} - \lambda_{OFF}$ и наличие малого числа мешающих газов;

– погрешность определения профиля аэрозольного рассеяния;

– характеристики детектора (прежде всего его чувствительность).

В настоящее время применяются лидары дифференциального поглощения с новыми алгоритмами, где используется не одна, а несколько пар длин волн. Такой подход сильно уменьшает негативное влияние аэрозоля на точность измерения концентрации методом дифференциального поглощения, особенно в нижней тропосфере.

Метод дифференциального поглощения основан на поглощении световой энергии молекулами исследуемого газа при совпадении частоты излучения лазера с частотой электронного или колебательно-вращательного перехода данных молекул. Для технической реализации этого метода необходимо осуществлять зондирование на двух частотах, одна из которых точно совпадает с резонансной частотой исследуемых молекул, а вторая – несколько от нее отличается (обычно разница длин волн составляет около 15 нм), что необходимо для учета влияния на результаты измерения аэрозольного и молекулярного рассеяния и поглощения посторонними веществами.

Метод оказывается эффективным в том случае, когда применяется режим временного накопления и определяется средняя концентрация исследуемого газа вдоль стационарной трассы, на одном конце которой располагается зондирующий лидар, а на другом – приемное устройство. Если приемник и излучатель располагаются рядом, то на другом конце трассы помещается отражатель.

На практике зондирование атмосферы с использованием метода дифференциального поглощения реализуется двумя способами: лидарным и трассовым [12]. В первом случае в качестве распределенного отражателя применяется атмосферный аэрозоль. В этом режиме возможно дистанционное измерение профилей газовых примесей с пространственным разрешением ΔR , определяемым в основном длительностью

лазерного импульса τ : $\Delta R = c \times R / 2$. Во втором – регистрируется отраженный или диффузионно отраженный от различных топографических объектов сигнал. При этом возможно определение с высокой чувствительностью усредненных по длине трассы зондирования концентраций газовых примесей по отдельным направлениям, соответствующему азимуту топомишеней.

Далее следует указать на то, что выполнение требований мониторинга в отношении быстродействия измерений (требуется 15...60 с на определение одного вещества) при использовании лазерных методов, позволяет получить данные о концентрациях большого количества ингредиентов (до 80 шт.) в короткие сроки. Таким образом, выполнение данного требования работает на выполнение другого требования к полноте данных.

Еще одна важная особенность лазерного мониторинга в зоне экологических катастроф становится понятной из следующих данных.

Динамический диапазон измеряемых концентраций при осуществлении экологического мониторинга традиционными средствами охватывает величины в пределах значений от 0,8 ПДК до 10 ПДК в соответствии установленными требованиями. В тоже время фактическая величина концентраций в зоне возникновения чрезвычайных ситуаций нередко достигает значений от $10 \cdot 10^5$ до $15 \cdot 10^5$ ПДК, что на несколько порядков выше максимальных концентраций доступных определению традиционными средствами.

Чувствительность лазерных методов при определении содержания загрязняющих веществ также существенно выше, чем у традиционных методов, и составляет от единицы до десятков ppb, т. е. от единицы до десятков загрязняющих веществ на миллиард молекул атмосферного воздуха приходится несколько молекул загрязняющих веществ. Используя разработанный макет лазерного монитора, авторы в исследовании [13] установили, что погрешность измерений концентраций газовых примесей составляла 1...10 %. При этом они считают, что существуют пути уменьшения этой погрешности.

Обсуждение результатов исследования особенностей и реальной возможности применения лазерных методов для проведения экологического мониторинга атмосферного воздуха в условиях ЧС. Использование традиционных методов оценки загрязнений атмосферного воздуха в зонах чрезвычайной ситуации приводит к дополнительному риску для персонала МЧС, задержке в принятии решений по ликвидации последствий в зоне чрезвычайной ситуации, принятию неверных решений и т. п.

Для лазерной техники нет принципиальной разницы при определении малых и высоких концентраций загрязняющих веществ, что обеспечивается за счет методического единства в процессе измерений концентраций, которые определяются избирательностью взаимодействия лазерного излучения с молекулами загрязняющих веществ, приходящего на определенной частоте, зависящей от типа (химической формулы) молекулы. Важно, что лазерный мониторинг принципиально позволяет решить двуединую задачу –

практически одновременную и оперативную диагностику загрязнений зоны чрезвычайной ситуации, как газами, так и аэрозолями.

Выводы. В результате проведенного исследования установлено:

1. Традиционные методы оценки загрязнений атмосферного воздуха в зонах чрезвычайной ситуации имеют ряд существенных недостатков. К ним относятся: значительная задержка при анализе проб воздуха, низкая чувствительность и высокая погрешность приборов, ограниченность применения существующих приборов и др.

2. Использование традиционных методов оценки загрязнений атмосферного воздуха в зонах чрезвычайной ситуации приводит к дополнительному риску для персонала, задействованного в ликвидации последствий в зоне чрезвычайной ситуации, возможности принятия неверных решений и т. п.

3. Дистанционный лазерный мониторинг позволяет решить при помощи одного комплекта аппаратуры двуединую задачу – оперативного мониторинга газовых примесей и аэрозолей в условиях ЧС.

Список литературы:

1. Foss-Smith, P. Understanding landfill fires [Electronic resource] / P. Foss-Smith. – Available at: <https://waste-management-world.com/a/understanding-landfill-fires>. – 01.08.2010.
2. Что происходит в Сватово: Онлайн-трансляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://112.ua/glavnye-novosti/chto-proishodit-v-svatovo-onlayn-translyaciya-268554.html>. – 2.11.2015.
3. Крупный пожар произошел на свалке бытовых отходов в Хмельницком [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rian.com.ua/incidents/20160808/1014386129.html>. – 8.08.2016.
4. Крупный пожар на складе горюче-смазочных материалов в Бишкеке локализован [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itv.ru/news/2016-11-05/313408-kрупnyy-pozhar-na-sklade-goryuche-smazochnyh-materialov-v-bishkeke-lokalizovan> – 5.11.2016.
5. Особенности и методы анализа воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anastasia-myskina.ru/ekologiya/metodyanaliza/55/4772-osobennosti-i-metody-analiza-vozduxa.htm>
6. Kumar, A. Air Quality [Text] / A. Kumar. – Sciyo, 2010. – 390 p. doi:10.5772/259
7. Дмитрик, В. П. Екологічний моніторинг мікродомішок поліциклічних сполук у повітряному середовищі за відсутності еталонів [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 21.06.01 / В. П. Дмитрик. – НТУУ КПІ. – Київ, 2006. – 42 с.
8. Guidelines for Ambient Air Quality Monitoring [Electronic resource]. – Available at: <http://www.cpcb.nic.in/newitems/7.pdf>. – 9.06.2015.
9. Доронина, Ю. В. Повышение эффективности систем экологического мониторинга [Текст] / Ю. В. Доронина, В. О. Рябовая // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 4/6 (58). – С. 41–44. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/5592/5032>
10. Lim, H. S. Air Pollution Determination Using Remote Sensing Technique [Electronic resource] / H. S. Lim, M. Z. MatJafri, K. Abdullah, C. J. Wong // Advances in Geoscience and Remote Sensing. – 2009. – doi: 10.5772/8319
11. Зуев, В. В. Лидарное зондирование газовых составляющих атмосферы методом дифференциального поглощения [Текст] / В. В. Зуев // Спектроскопические методы зондирования атмосферы. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 57–75.
12. Черногор, Л. Ф. Возможности применения лазерных исследований атмосферы зоны чрезвычайной ситуации [Текст] / Л. Ф. Черногор, А. С. Рашкевич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 5/9 (53). – С. 10–14. Режим доступа: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/1282/1183>
13. Черногор, Л. Ф. Результаты трассового лазерного мониторинга загрязняющих газовых примесей в атмосфере [Текст] / Л. Ф. Черногор, А. С. Рашкевич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 4/9 (52). – С. 57–62. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/1483/1381>

Bibliography (transliterated):

1. Foss-Smith, P. (01.08.2010). Understanding landfill fires. Available at: <https://waste-management-world.com/a/understanding-landfill-fires>.
2. Chto proiskhodit v Svatovo: Onlain-translyatsiya. (2.11.2015). Available at: <http://112.ua/glavnye-novosti/chto-proishodit-v-svatovo-onlayn-translyaciya-268554.html>.
3. Krupnyj pozhar proizoshel na svalke bytovykh othodov v Hmel'nic'kom (8.08.2016). Available at: <http://rian.com.ua/incidents/20160808/1014386129.html>.
4. Krupnyj pozhar na sklade gorjuche-smazochnykh materialov v Bishkeke lokalizovan (5.11.2016). Available at: <http://www.itv.ru/news/2016-11-05/313408-kрупnyy-pozhar-na-sklade-goryuche-smazochnyh-materialov-v-bishkeke-lokalizovan>
5. Osobennosti i metody analiza vozduha. Available at: <http://www.anastasia-myskina.ru/ekologiya/metodyanaliza/55/4772-osobennosti-i-metody-analiza-vozduxa.htm>
6. Kumar, A. (2010). Air Quality. Sciyo, 390. doi:10.5772/259
7. Dmytrykov, V. P. (2006). Ekolohichnyy monitoryng mikrodomishok politsyklіchnykh spoluk u povitryanomu seredovyshchi za vidсутnosti etaloniv. NTUU KPI, Kiev, 42.
8. Guidelines for Ambient Air Quality Monitoring. Available at: <http://www.cpcb.nic.in/newitems/7.pdf>.
9. Doronyna, Ju. V., Rjabovaja, V. O. (2012). Increase of efficiency systems of ecological monitoring. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(6(58)), 41–44. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/5592/5032>
10. Lim, H. S., MatJafri, M. Z., Abdullah, K., Wong, C. J. (2009). Air Pollution Determination Using Remote Sensing Technique. Advances in Geoscience and Remote Sensing. doi: 10.5772/8319
11. Zuev, V. V. (1985). Lidarnoe zondirovanie gazovykh sostavljajushih atmosfery metodom differencial'nogo pogloshhenija. Spektroskopicheskie metody zondirovanija atmosfery, Novosibirsk: Nauka, 57–75.
12. Chernogor, L. F., Rashkevich, A. S. (2011). Application of laser beams studies of the atmosphere of emergency. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(9(53)), 10–14. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/1282/1183>
13. Chernogor, L. F., Rashkevich, A. S. (2011). The results of enroute monitoring of the laser gas pollutant pollutants in the atmosphere. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(9(52)), 57–62. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/1483/1381>

Надійшла (received) 18. 11. 2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Аналіз особливостей екологічного моніторингу атмосферного повітря в зоні надзвичайних ситуацій техногенного характеру/ В. В. Вамболь, О. С. Рашкевич, Н. В. Рашкевич// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 49(1221). – С.85–89. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-5459.

Анализ особенностей экологического мониторинга атмосферного воздуха в зоне чрезвычайных ситуаций техногенного характера/ В. В. Вамболь, А. С. Рашкевич, Н. В. Рашкевич// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 49(1221). – С.85–89. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-5459.

An analysis of features of the ecological monitoring of atmospheric air is in the zone of emergencies of technogenic character/ V. Vamol, A. Rashkevich, N. Rashkevich//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 49 (1221).– P.85-89. – Bibliogr.: 13. – ISSN 2079-5459.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Вамболь Віола Владиславівна – доктор технічних наук, Національний університет цивільного захисту України, професор кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки; вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023; e-mail: violavambol@nuczu.edu.ua

Вамболь Виола Владиславовна – доктор технических наук, Национальный университет гражданской защиты Украины, профессор кафедры охраны труда и техногенно-экологической безопасности; ул. Чернышевского, 94, м. Харьков, Украина, 61023; e-mail: violavambol@nuczu.edu.ua

Vambol Viola – Doctor of Technical Sciences, National University of Civil Protection of Ukraine, professor of Department of Labour Protection and Technogenic and Ecological Safety; Chernichevska str., 94, Kharkiv, Ukraine, 61023; e-mail: violavambol@nuczu.edu.ua

Рашкевич Олександр Сергійович – спеціаліст, 8-а державна пожежно-рятувальна частина м. Харкова, фахівець; пр-т Московський, 279, м. Харків, Україна, 61089; e-mail: rminav@nuczu.edu.ua

Рашкевич Александр Сергеевич – специалист, 8-я государственная пожарно-спасательная часть г. Харькова, специалист; пр-т Московский, 279, г. Харьков, Украина, 61089; e-mail: rminav@nuczu.edu.ua

Rashkevich Oleksandr – specialist, 8th State Fire and Rescue part of Kharkov, specialist; Moscow Ave., 279, Kharkiv, Ukraine, 61089; e-mail: rminav@nuczu.edu.ua

Рашкевич Ніна Владиславівна – Національний університет цивільного захисту України, завідувача лабораторією кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки; вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023; 1; e-mail: rminav@nuczu.edu.ua

Рашкевич Ніна Владиславовна – Национальный университет гражданской защиты Украины, заведующая лабораторией кафедры охраны труда и техногенно-экологической безопасности; ул. Чернышевского, 94, м. Харьков, Украина, 61023; e-mail: rminav@nuczu.edu.ua

Rashkevich Nina – National University of Civil Protection of Ukraine, Head of the laboratory of Department of Labour Protection and Technogenic and Ecological Safety; Chernichevska str., 94, Kharkiv, Ukraine, 61023; e-mail: rminav@nuczu.edu.ua

УДК 543.1; 535.016

Д. Г. РАДОВ, В. П. МАСЛОВ, Г. В. ДОРОЖИНСЬКИЙ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДОДАТКОВОГО ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ

Вперше досліджено процес очищення вимороженої водопровідної води методом на основі поверхневого плазмонного резонансу. Оцінено ефективність кількарізного заморожування та введено коефіцієнт виморожуваності – критерій, що визначає сприятливість води певного типу до очищення від домішок заморожуванням. Запропоновано параметри для оцінки ефективності очищення води. Результати досліджень можуть бути використані для вдосконалення існуючих та створення нових методик контролю процесу очищення водопровідної води.

Ключові слова: водопровідна вода, очищення води, виморожування, поверхневий плазмонний резонанс.

Впервые исследован процесс очистки вимороженого водопроводной воды методом на основе поверхностного плазмонного резонанса. Оценена эффективность многократного замораживания и введено коэффициент виморожуваності – критерий, определяющий благоприятность воды типа к очистке от примесей замораживанием. Предложены параметры для оценки эффективности очистки воды. Результаты исследований могут быть использованы для совершенствования существующих и создания новых методик контроля процесса очистки водопроводной воды.

Ключевые слова: водопроводная вода, очистка воды, замораживание, поверхностный плазмонного резонанса.

For the first time the control for water purification process by developed method based on the phenomenon of surface plasmon resonance (SPR) was performed. It is shown that the development of alternative control method of purification of water based on the phenomenon of SPR is advanced direction which allows rapid analysis and can be less expensive than existing methods, has high sensitivity to low concentrations of analytes and high accuracy. For the first time a was study the effectiveness of cleaning water samples by rapid method using specialized equipment "Aqua-polaritons". Was proposed to apply the following parameters for water purification efficiency:

- a) the value of the number of cycles freezing – k;
- b) saturation point clickthrough water - KEO_k;
- c) the maximum derivative KEO - maxKEO;
- d) ratio of freezing – KV.

The research results can be used to improve existing and create new methods of process quality control of water purification.

Keywords: tap water, water purification, freezing, surface plasmon resonance.

© Д. Г. Радов, В. П. Маслов, Г. В. Дорожинський. 2016.