

ХИМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

И. Д. Эпинатьев^{1}, В. И. Матвеев², Е. О. Панин¹, Н. Ю. Ковалева¹*

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва, *e-mail: epinatiev@chph.ras.ru

²Закрытое акционерное общество «НИИ Интроскопии МНПО «Спектр», Москва

Поступила в редакцию 30.03.2018 г.

Рассмотрены вопросы современного состояния обеспечения химической и экологической безопасности промышленных территорий. Для предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций, ликвидации аварий, защиты населения и снижения ущерба окружающей среде проводится постоянный мониторинг химически опасных объектов и своевременная диагностика источников химической опасности. Приведено описание существующих способов и средств выявления и идентификации источников химической опасности с помощью современных методов неразрушающего контроля.

Ключевые слова: мониторинг химически опасных объектов, химическая и экологическая безопасность, неразрушающий контроль, дистанционное зондирование, тепловизионный метод, газоанализаторы.

ВВЕДЕНИЕ

Химическая безопасность – важная составляющая системы обеспечения национальной безопасности России [1, 2]. В крупных промышленных мегаполисах и на химически опасных объектах часто возникают экологические проблемы, несмотря на определенные усилия соответствующих надзорных органов [3]. Существует целый ряд источников загрязнения среды обитания и, прежде всего, к ним относятся атмосферные выбросы от многочисленных промышленных предприятий и загрязнение почвы и водоемов отходами различной природы.

Следует отметить, что в современных условиях актуальность проблемы экологической и химической безопасности не снижается, а, напротив, возрастает. Это подтверждается многочисленными примерами: усилением воздействия мирового парникового эффекта, частыми разливами нефти (разрушение танкеров, применение бурильного оборудования, например компании British Petroleum в Атлантике), воздействием землетрясений и цунами на особо опасные объекты (АЭС, Япония), выбросами вулканов (Исландия) и масштабными пожарами (Россия) и т.д. Причин отрицательного воздействия на экологию и возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) много, но принципиально их можно разделить на две большие группы:

- к первой группе относятся ЧС, обусловленные так называемым человеческим фактором (несовершенство конструкций, технологий, недостаточная ответственность перед будущим поколением и т.п.);
- ко второй относятся ЧС, причины которых носят глобальный природный характер, их следует тщательно изучать, прогнозировать и принимать особые предупредительные меры.

Классификация ЧС природного и техногенного характера на потенциально опасных объектах приведена на рисунке 1 [4].



Рис. 1. Классификация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В решении проблем химической безопасности все большее применение находят физические методы неразрушающего контроля и технической диагностики [5-7]. В большинстве стран мира созданы и работают специальные экологические службы, которые оснащены современным оборудованием в портативном, мобильном и стационарном исполнении. Передвижные экологические лаборатории (на автомобилях-вездеходах, в железнодорожных вагонах, вертолетах, самолетах) способны оперативно произвести контроль радиационной обстановки, состояния атмосферы, водных ресурсов, почвы и продуктов жизнедеятельности в любой части планеты.

Обобщение сведений о наличии методов и средств по выявлению и идентификации источников химической опасности и оценка современного состояния в области обеспечения химической безопасности явились целью данной работы.

МОНИТОРИНГ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Мониторинг химически опасного объекта это система регулярного наблюдения и контроля за состоянием систем безопасности химически опасного объекта, химической обстановкой на его территории и санитарно-защитной и/или охранной зоны, готовностью сил и средств соответствующих служб к ликвидации последствий химических аварий и защите населения [8].

Мониторинг химически опасных объектов является предметом интенсивных научно-технических исследований. К настоящему времени по этой теме получен ряд патентов:

- Способ дистанционного обнаружения экологически опасных газов, который относится к экологическому мониторингу и основан на использовании лазерного излучения для обнаружения и измерения концентрации опасных газов в местах аварийного или несанкционированного их появления [9];

- Способ экологического мониторинга химически опасных объектов, относящийся к измерительной технике и основанный на непрерывном определении концентрации опасных веществ в рабочей зоне объекта, сравнении ее с предельно допустимой концентрацией этих веществ. При превышении ПДК прогнозируется зона заражения и поражающее действие с учетом метеоусловий и объема выброса опасных веществ для принятия решения о ЧС [10];

- Способ экологического мониторинга химически опасных объектов, который отличается от предыдущего расстановкой постоянных постов наблюдения атмосферного воздуха на местности «треугольником» для оперативного определения координат возможного выброса опасных веществ путем взаимной корреляции параметров (регистрация зараженного облака и ударной волны взрыва) [11];

- Способ экологического мониторинга химически опасных объектов, который отличается от предыдущего дополнительной установкой с подветренной стороны относительно центра «треугольника», образованного постоянными постами контроля, подфакельного поста, который перемещается на основании данных, поступающих с метеорологических датчиков, по внутреннему (внешнему) условному контуру «треугольника» [12];

- Способ экологического мониторинга химически опасных объектов, в котором разработан системный способ расстановки постов наблюдения, оснащенных техническими средствами регистрации параметров поражающих факторов химического (токсическое действие опасных химических веществ) и физического (волна сжатия в грунте, сейсмозрывная волна, экстремальный нагрев среды, тепловое излучение) воздействия возможных источников ЧС в любой из зон влияния химически опасного объекта с учетом

метеорологических условий и характера местности для локализации и ликвидации возможной ЧС [13].

Как правило, развитие чрезвычайной ситуации проходит через стадии «накопления разрушительного потенциала» и «снижения прочности и устойчивости систем», поэтому при мониторинге потенциально-опасных объектов эти стадии могут быть зафиксированы (при помощи измерительных приборов) и при дискретной дифференциации сигнала служить количественной оценкой для выявления степени опасности возникновения ЧС [4].

Таким образом, мониторинг химически опасных объектов относится к комплексу мероприятий, в первую очередь проводимых для предупреждения возникновения ЧС и направленных на определение источников опасности и на защиту населения, объектов экономики и территорий с целью сохранения жизни и здоровья людей и снижения ущерба окружающей среде.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ВЫЯВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ХИМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Экологические службы городов, обладая современным парком приборов и мобильных экологических лабораторий, способны своевременно выявлять источники загрязнения атмосферы, водоемов и почв, превышающие предельно допустимые концентрации вредных выбросов. В настоящее время, например, в Москве и Московской области проблемами экологии занимаются 18 городских и 7 областных инспекций, оснащенных современными техническими средствами, способных произвести анализ вредных производственных факторов на любом предприятии. Сопоставляя результаты анализа со всеми существующими нормативами производства, эксперты оценивают ситуацию и дают рекомендации [3].

Постоянных источников загрязнения среды обитания достаточно много: это многочисленные металлургические, химические, биологические предприятия, животноводческие и перерабатывающие сельскохозяйственные комплексы, транспорт, энергетика (прежде всего АЭС), повышенный общий уровень электромагнитных полей (в том числе за счет массового внедрения мобильной связи), непредсказуемые последствия некоторых видов нанотехнологий [14] и т.д.

В большинстве случаев общество осознает последствия отрицательных факторов чрезмерного технологического воздействия процессов на природу, а экологи вводят соответствующие ограничения и нормы, проводя постоянный или периодический контроль опасных параметров. В последнее время стало обязательным при строительстве новых объектов или реконструкции существующих предприятий прохождение строгой экологической экспертизы.

Во всех возможных зонах повышенной радиации постоянно проводится радиационный контроль средствами дозиметрии, а в прилегающих гражданских зонах информация об уровне радиации выводится на уличные экраны. Передвижные службы радиационного и электромагнитного мониторинга периодически осуществляют проверку состояния окружающей среды.

Для экологического надзора и мониторинга локальных объектов производится вполне достаточный перечень контрольно-измерительных приборов. Для контроля выбросов вредных газов разработан целый ряд современных газоанализаторов, основанных на принципах спектральной хроматографии, измерения подвижности ионов, использования химически активных сенсоров, в том числе на основе нанокompозитных материалов.

В качестве примера на рис. 2 представлены: а) газоаналитическая система «Аналитик 001», б) карманный газоанализатор сероводорода и в) компактный и легкий портативный ИК-Фурье спектрометр 4300 Handheld FTIR. «Аналитик 001» предназначен для автоматического непрерывного измерения объемного содержания целого ряда газов CO , CO_2 , CH_4 , SO_2 , NO , NO_2 , H_2S в газоотводящих трактах промышленных агрегатов с целью контроля технологического режима, оптимизации процесса сжигания топлива, проведения экологического мониторинга промышленных выбросов. В качестве чувствительных элементов в системе используются различного типа электрохимические и оптические датчики. Ручной портативный ИК-Фурье спектрометр модели 4300 Handheld FTIR благодаря широкому выбору оптических приставок используется для неразрушающего химического экспресс-анализа таких объектов как: поглощающие ИК излучение шероховатые поверхности, отражающие металлические поверхности, полимерные и композитные материалы, различные покрытия на поверхности материалов, сыпучие материалы, порошкообразные и гранулированные материалы.

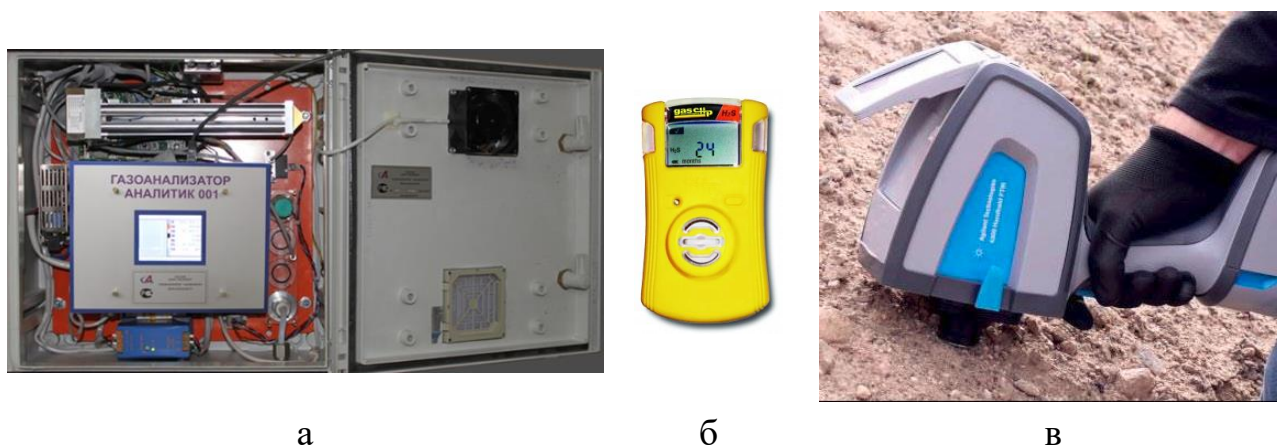


Рис. 2. а) газоанализатор «Аналитик 001; б) карманный газоанализатор H_2S ; в) портативный спектрометр 4300 Handheld FTIR.

Среди технических средств, основанных на физико-химических принципах, используются рентгенофлуоресцентные анализаторы химического состава (в том числе электрохимические, кондуктометрические и др.), которые являются основными при экодиагностике почвы и гидросферы.

Успешно развиваются методы дистанционного зондирования (ДЗ) [15-18], весьма перспективные при обследовании больших зон и территорий. ДЗ -

это получение данных об отдаленных объектах без прямого контакта с ними в результате компьютерной обработки информации, принятой в виде отраженных или излученных электромагнитных волн в процессе обзора с искусственного спутника (рис. 3а), самолета, вертолета (рис. 3б) или беспилотного летательного аппарата. В качестве датчиков ДЗ обычно используются преобразователи, чувствительные к ближней ультрафиолетовой, видимой, дальней инфракрасной области спектра, к электромагнитным излучениям микроволнового диапазона. Для подводного обзора с корабля используются ультразвуковые датчики. Обработка сигналов на заключительном этапе дистанционного зондирования обычно производится на больших универсальных ЭВМ.

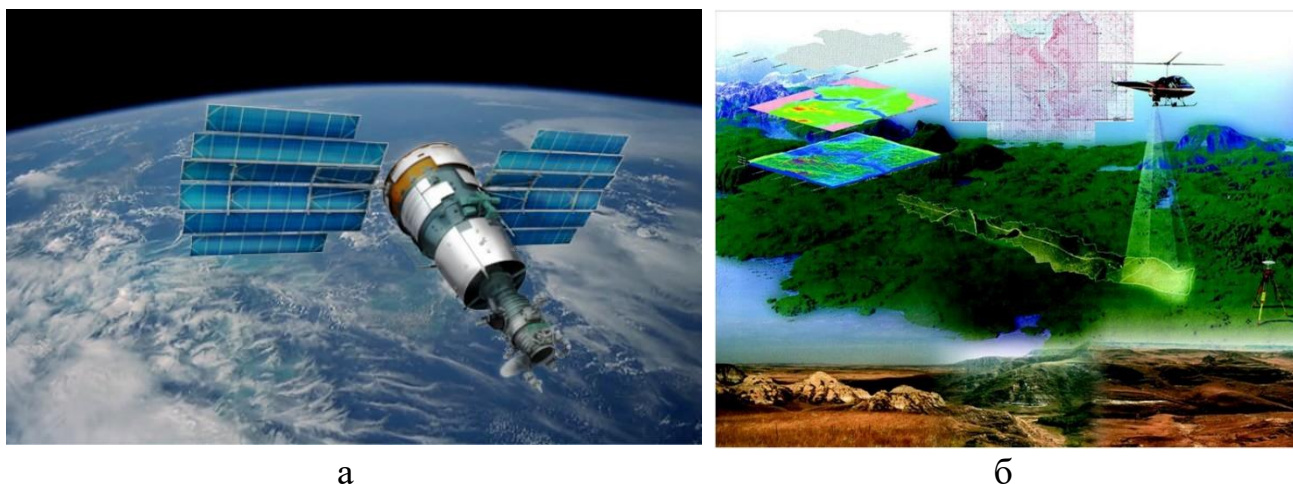


Рис. 3. Дистанционное зондирование поверхности Земли: а) спутником «Ресурс-П»; б) вертолетом [19].

Применение ДЗ стало успешным при определении запасов воды, убытков от наводнений, исследовании снежных и ледяных покровов, исследовании загрязнения атмосферы и водоемов, обнаружении смещений и сбросов земной коры, регистрации временных изменений береговой линии, движения ледников, деятельности вулканов, образования тайфунов и многого другого.

Существуют активные и пассивные системы ДЗ. Активные системы (лампа, лазер, микроволновый передатчик и т.д.) облучают исследуемую среду электромагнитным излучением (ЭМИ), которое обеспечивает система ДЗ. Пассивные системы воспринимают ЭМИ от исследуемого объекта естественным образом. Это может быть, как собственное ЭМИ, возникающее в самом объекте зондирования, например, тепловое излучение, так и рассеянное ЭМИ какого-либо естественного внешнего источника, например, Солнца.

Одним из наиболее распространенных является тепловизионный метод (пассивная система ДЗ). На сегодняшний день тепловизионная съемка является едва ли не самым достоверным источником информации о состоянии обследуемых объектов. Этот метод наиболее эффективен при ДЗ больших пространств и акваторий, в частности, мониторинге пожаро-взрывоопасных объектов, контроле накопителей жидких отходов, диагностике гидротехнических сооружений, тепловых сетей, оценке водных объектов. Это

метод дистанционной визуализации и количественной оценки тепловых полей объектов по их собственному тепловому излучению.

Метод основан на том, что все физические тела, имеющие температуру, отличную от абсолютного нуля, излучают электромагнитную энергию, в том числе и в ИК-области спектра. Диагностирование и дефектоскопия с использованием тепловидения основываются на регистрации аномалий в распределении температурного поля на наружной поверхности объекта, к появлению которых приводят градиенты теплопроводности, возникающие при наличии дефектов в однородности и целостности материалов или изменении их свойств [20].

Тепловизор преобразует не воспринимаемое глазом человека ИК-излучение контролируемого объекта в электрические сигналы, которые после усиления и автоматической обработки отображаются на экране дисплея. При этом на полученных термоизображениях (термограммах) участки обследуемого объекта, имеющие отличия в температуре и излучательных способностях, представляются разными по интенсивности черно-белыми полутонами или цветами (рис. 4).

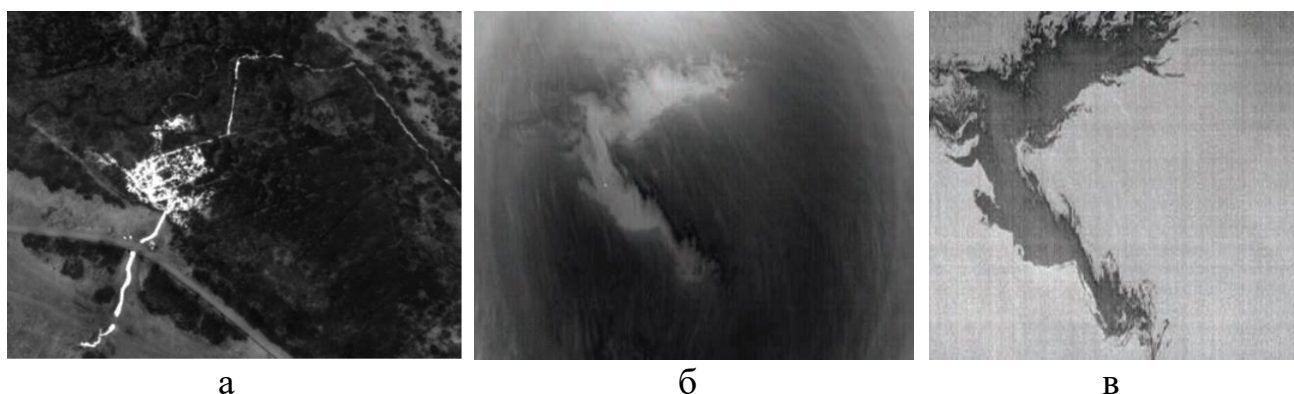


Рис. 4. Термограммы: а) утечка промышленных отходов (Смоленская обл., 2006 г.) [21]; б, в) нефтяное пятно: б) до обработки изображения, в) после обработки изображения [22].

Основные преимущества тепловизионного метода контроля следующие:

- контроль производится без вывода диагностируемого оборудования из эксплуатации;
- напряженное состояние контролируется интегрально по всей площади конструкции;
- не требуется какой-либо подготовки контролируемой поверхности;
- контроль производится бесконтактно, дистанционно;
- регистрирующие устройства не оказывают какого-либо вредного воздействия на человека;
- контроль производится в режиме реального времени, выдача предварительного заключения возможна непосредственно на объекте [20].

ИК-аэрозьемка с высокой эффективностью, пожалуй, не имеющей аналогов, позволяет осуществлять поиск пятен нефтяного загрязнения акваторий в зонах активного движения танкеров и возможного сброса балластных вод, в районах крупных портов или в случаях аварий и катастроф, сопровождающихся разливом нефтепродуктов. ИК-съемка позволяет также обнаружить утечки из накопителей жидких промышленных отходов на стадии их зарождения, предупреждая тем самым тяжелые экологические последствия.

Так, при ИК-диагностике состояния нефте- и газопроводов четко фиксируются места утечек газа (по локальному понижению температуры вследствие адиабатического расширения газа) или места утечек нефти (по потеплению локальных участков по сравнению с фоновой температурой рис. 3 б, в).

Методами ИК-диагностики надежно решается задача фиксирования несанкционированных сбросов сточных вод. Как показывает опыт многолетних работ ГНПП «Аэрогеофизика» в Москве, практически все сбросы находят отражение в тепловом поле. При этом на величину регистрируемого контраста влияет перепад между термодинамическими температурами фоновых и сбрасываемых вод. Однако даже при равенстве этих параметров регистрируется слабоконтрастная тепловая аномалия, обусловленная турбулентностью сбрасываемого потока. Как показали исследования на водных объектах Москвы, около 25% выпусков, обнаруженных с помощью тепловой съемки, официально не зарегистрированы. С помощью этого метода были установлены случаи сброса техногенных вод, подтвержденные гидрохимическим анализом отобранных проб. По набору компонентов можно определить «авторов» сброса. Выявляя выпуски сбросовых вод, тепловая инфракрасная аэрозьемка позволяет локализовать места измерений температурного режима и химического состава стоков, т.е. в комплексе с информацией наземных измерений и гидрохимических анализов она является основой для принятия управленческих решений по существенному уменьшению воздействия загрязненных сточных вод на гидросеть контролируемых территорий.

Дальнейшее развитие тепловизионных методов сопровождается применением средств радиометрии, которые позволяют осуществлять экологический мониторинг со спутников, увеличивая объем полезной информации за счет использования субмиллиметрового, миллиметрового и сантиметрового диапазонов радиоволн.

В последние годы все большее внимание уделяется развитию альтернативных экологически чистых источников энергии: использованию энергии ветра, воды, солнечной радиации, тепловой энергии окружающего пространства, электрохимических источников и т.п. Так, например, в 2014 г. вступила в действие первая в Сибири и крупнейшая в России солнечная электростанция в селе Кош-Агач, расположенном на юге Республики Алтай. Станция рассчитана на покрытие дефицита электроэнергии трех из десяти районов Республики Алтай (рис. 5) [23].



Рис. 5. Солнечная электростанция в селе Кош-Агач Республики Алтай.

Одновременно с этим морально устаревшая централизованная электроэнергетика входит в полосу грандиозных техногенных аварий. Многие специалисты считают, что именно сейчас в эпоху четвертой промышленной революции решается будущее энергетики и технического прогресса в целом и зависит оно от правильности выбора дальнейшего пути развития: или поддерживать старое, улучшая эффективность на доли и единицы процентов, или развивать энергосберегающую энергетику будущего, многократно улучшая эффективность [6, 24, 25].

Приоритеты развития отечественной электроэнергетики были обсуждены на состоявшейся в апреле 2018 г. IX международной научно-технической конференции «Элмаш-2018. Электроэнергетика и электротехника. Проблемы и перспективы», организованной Международной ассоциацией «Интерэлектромаш».

В конференции участвовали представители ведущих предприятий энергетического машиностроения, электротехнической и кабельной промышленности России. С презентациями новых технологий, материалов, оборудования и приборов выступили представители Ивановского энергетического университета, «Протон-Электротекс», «Силовые машины», «Суперпласт», «Турбинные технологии ААЭМ», «Курс», «Элинар», «Электроизолит», «Диэлектрик», «Завод «Микропровод» и другие.

Особое внимание было уделено решению таких актуальных проблем, как современные требования к электроизоляции, стандартизация в развитии возобновляемых источников энергии, и других практических задач в плане политики импортозамещения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ современного состояния обеспечения химической безопасности показывает, что общество имеет возможность защитить себя от отрицательных воздействий на экологию человеческого фактора – для этого имеются все

необходимые средства и методы химического и экологического контроля и диагностики. Этому же способствуют дальнейшее развитие и совершенствование альтернативных экологически чистых источников энергии.

Что касается глобальных природных катастроф, в первую очередь землетрясений, то здесь еще нет достаточных гарантированных знаний по их предсказанию, а тем более предупреждению. Верный, пожалуй, путь – объединение усилий стран мирового сообщества по созданию единой экологической карты планеты с периодически обновляемой информацией с метеоспутников на основе всех физических методов дистанционного зондирования, гидролокационных и сейсмических датчиков, установленных во всех опасных сейсмических зонах. Примеры подобного сотрудничества уже есть. Так, ВНИИОкеангеология тесно сотрудничает и координирует научно-исследовательские работы с ведущими научными геологическими организациями Австралии, Вьетнама, Германии, Дании, Канады, Китая, Кореи, Норвегии, США и Японии.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований ИХФ РАН № 46.15. Номер темы ФАНО 0082-2014-0005. Номер государственной регистрации ЦИТИС: АААА-А17-117091220076-4.

Список литературы:

1. Потапкин В.А., Орлов А.Ю., Роцин А.В., Блошенко А.В. // Химическая и биологическая безопасность. 2015. № 1-2. С. 3.
2. Материалы III Российской конференции с международным участием «Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности России», 8-9 июня 2016 г., Москва. М.: ООО «Буки Веди», 2016.
3. Артемьев Б.В., Матвеев В.И. К вопросу экологической безопасности Москвы. В сборнике: Доклады сессии «Диагностика и прогноз чрезвычайных ситуаций». М.: ЗАО «НИИИН МНПО «Спектр», 2014. С. 69.
4. Ахтямов Р.Г., Сенюшкин Н.С., Суханов А.В. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 5. С. 29.
5. Эпинатьев И.Д., Матвеев В.И. // Контроль. Диагностика. 2016. № 12. С. 60.
6. Матвеев В.И. // Мир измерений. 2011. № 8. С. 48.
7. Клюев В.В. и др. Экологическая диагностика. М.: РОНКТД, 2011. Сер. Диагностика безопасности.
8. ГОСТ Р 22.1.10-2002: Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг химически опасных объектов. Общие требования. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.
9. Патент 2158423 РФ, 2000.
10. Патент 2271012 РФ, 2006.
11. Патент 2346302 РФ, 2009.
12. Патент 2385473 РФ, 2010.
13. Патент 2469335 РФ, 2012.
14. Ковалева Н.Ю., Раевская Е.Г., Роцин А.В. // Хим. безопасность. 2017. Т. 1. № 2. С. 44. DOI: 10.25514/CHS.2017.2.10982.
15. Воробьева А.А. Дистанционное зондирование Земли. СПб: 2012.
16. Escalante-Ramirez B. Remote Sensing - Applications. Publisher: InTech. 2012. DOI: 10.5772/2670 2012.
17. Liang S. Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces. London: Wiley. 2003.

18. *Шовенгердт Р.А.* Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М: Техносфера. 2010.
 19. <https://aboutspacejournal.net> (дата обращения 22.03.2018).
 20. *Афонин А.В., Ньюпорт Р.К., Поляков В.С. и др.* Инфракрасная термография в энергетике. Т 1. Основы инфракрасной термографии. СПб: ПЭИПК, 2000.
 21. http://www.gtcomp.ru/ru/products/tvisor_ru.html (дата обращения 20.03.2018).
 22. <http://www.flir.se/uploadedImages> (дата обращения 26.03.2018).
 23. <http://expert.ru/siberia/2015/04/ot-rassveta-do-zakata/> (дата обращения 19.03.2018).
 24. *Азнабаева Д.В., Нургалеев Э.Р., Хайбуллина Э.З., Смородова О.В.* // Межд. научный журнал «Символ науки». 2017. № 3. С. 35.
 25. *Кудрявый В.В.* Риски и угрозы российской электроэнергетики. Пути преодоления. https://www.ruscable.ru/article/The_risks_and_threats_of_the_Russian_power_industry/ (дата обращения 18.03.2018).
-

CHEMICAL SAFETY OF INDUSTRIAL AREAS

I. D. Epinatiev^{1}, V. I. Matveev², E. O. Panin¹ and N. Yu. Kovaleva¹*

¹Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
*e-mail: epinatiev@chph.ras.ru

²ZAO “NII Introskopii MNPO “Spektr”, Moscow, Russia

Received March 30, 2018

Abstract – The paper considers the current situation regarding measures for ensuring chemical and ecological safety of industrial areas. To prevent emergencies, eliminate accidents, protect the population and reduce damage to the environment, permanent monitoring of chemically hazardous facilities and timely diagnostics of chemical hazards are conducted. The description of existing methods and tools for detecting and identifying chemical hazard sources using modern means of nondestructive testing is given.

Keywords: monitoring of chemically hazardous objects, chemical and ecological safety, nondestructive testing, remote sensing, thermal imaging method, gas analyzers.