

Введение Каждый год в мире огромные количества противогололедных реагентов (ПГР) применяются на дорогах и каждый год в прессе активно обсуждаются возможные экологические последствия от применения реагентов [1]. Поднимается вопрос о переходе на новые «безвредные для окружающей среды» реагенты. Однако очевидно, что «чудо реагентов» в природе не существует, также как и нет абсолютно безвредных способов содержания дорог в зимнее время в чистом виде. Априори любое вмешательство в окружающую среду в таких масштабах, как это происходит на дорогах, неизбежно приводит к отрицательным последствиям в окружающей среде. Выигрывая в безопасности на дорогах, мы получаем взамен те или иные негативные последствия. Ситуация складывается так, что приходится выбирать между тем, чтобы сделать плохо или очень плохо. С определенными недостатками реагентов приходится мириться, так как других альтернативных экономически оправданных способов борьбы с зимней скользкостью не существует. Это является платой за возможность ездить по чистым дорогам, свободным ото льда и снежного наката. Вопрос экологической безопасности применяемых ПГР в настоящее время очень актуален, поэтому возникает необходимость детального и системного подхода в оценке потенциального воздействия реагентов на человека и природные объекты, а также установления рисков и ограничений, связанных с обращением данных продуктов [2, 3]. Для решения этих проблем нами проводится экологический компьютерный мониторинг состояния объектов окружающей среды, который позволяет дать достоверную оценку негативного воздействия применяемых ПГР по 4-м важнейшим экологическим кластерам: снег и водные объекты, почвенный покров, зеленые насаждения и атмосферный воздух. Система мониторинга разрабатывалась на основе информационного CALS-стандарта ISO-10303 STEP в программном комплексе PSS Lite. Конфигурация PSS Lite имеет двухуровневую архитектуру «Клиент-сервер» (Continuous Acquisition and Life-cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия или продукта). В качестве сервера выступает модуль «Локальный сервер базы данных», входящий в дистрибутив клиентского модуля PSS. Любой компьютер, на котором установлен клиент PSS, может выступать в роли Lite-сервера БД. Данная конфигурация предназначена для работы с небольшими объемами данных при тестировании системы, отработке процедур работы с PSS, отладке приложений, написанных на PSS API. Структура системы экологического мониторинга воздействия ПГР На основе концепции CALS была разработана система компьютерного менеджмента качества (КМК-система) для оценки экологического воздействия ПГР на окружающую среду. В качестве категория верхнего уровня (рис. 1) были выбраны различные объекты окружающей среды: снежный покров и водные объекты (категория № 1); почвенный покров (№ 2); зеленые насаждения (№ 3) и атмосферный воздух (№ 4). Необходимо отдельно рассматривать воздействие на окружающую среду большого объема основных

компонентов ПГР и сопутствующих им наиболее потенциально опасных примесей. Для этого на 2-м уровне разработанной системы рассматриваются основные группы химических ПГР: хлориды, ацетаты, карбамиды и нитраты. На рисунке представлен элемент CALS-проекта для подкатегории № 1.1. «Хлориды». В рассматриваемой подкатегории, в свою очередь, выделено 3 подкатегории 2-го уровня, представляющие собой наименования химических веществ – основных компонентов ПГР: хлориды кальция, магния и натрия. Для каждого соединения в систему занесены 6 индикаторов качества, характеризующих степень воздействия ПГР на выбранный объект окружающей среды (рис. 1): массовая доля растворимых солей (подкатегория № 1), массовая доля нерастворимых в воде веществ (№ 2), водородный показатель (№ 3), удельная эффективная активность естественных радионуклидов (№ 4), массовая доля примесей (№ 5) и коррозионная активность на металл (№6). Рис. 1 – CALS-проект «Экологическое воздействие ПГР». Снег, водные объекты - Хлориды (а – гигиенические нормативы 2.1.5.689-98; б – таблица ПДК для воды) Для каждого показателя в систему занесены все необходимые исследователю сведения о методе определения, используемом приборе и виде выходной документации. Определение массовой доли растворимых солей (подкатегория № 1) ведут титриметрическим методом, для которого в системе приведено несколько наименований используемых для этого цифровых бюреток различных марок (BRAND Titrette, BT-50 Stuart Scientific и др.). В качестве примера (рис. 1) представлен элемент CALS-проекта для подкатегории «Хлориды». Показано, что основным источником поступления хлоридов являются воды хозяйственной канализации, так как в них утилизируется основная масса снега, содержащего компоненты ПГР. Современная система очистки не позволяет очищать воду от ионов хлора. Все поступающие хлориды с ПГР после очистки воды от других загрязнений попадают в реки г. Москвы. Массовая доля нерастворимых в воде веществ (подкатегория № 2) определяется гравиметрически. Навеску ПГР фильтруют через обеззоленный фильтр «синяя лента» (предварительно высушенный в сушильном шкафу при температуре 60-70 0С до постоянной массы). Осадок на фильтре промывают горячей водой до отрицательной реакции на хлорид-ион, а затем фильтр с осадком подвергается термообработке в сушильном шкафу. В КМК-системе представлено несколько вариантов сушильных шкафов различных фирм-производителей (Ulab, Umega, Экрос) для выбора сушильного устройства с различными габаритами, максимальной температурой и режимом сушки. В КМК-системе определению водородного показателя (подкатегория № 3) поставлен в соответствие потенциометрический метод с использованием в качестве аналитического оборудования рН-метра. Метод основан на потенциометрическом измерении разницы потенциалов стеклянного электрода и электрода сравнения, погруженных в водный раствор ПГР. Определение удельной эффективной активности естественных

радионуклидов (подкатегория № 4) проводится методом радиометрии. Метод основан на измерении излучений, испускаемых радиоактивными элементами. В CALS-проекты занесены данные по различным рН-метрам и радиометрам отечественного и зарубежного производства. Аналитический мониторинг примесных компонентов химических ПГР Наибольший интерес для нас представляет аналитический мониторинг, связанный с определением и занесением в КМК-систему примесных компонентов химических ПГР. Для этого в подкатегории № 5 «Массовая доля примесей» выделено 3 подкатегории четвертого уровня, объединенных по способу определения рассматриваемых примесей (рис. 2). Рис. 2 – CALS-проект «Экологическое воздействие ПГР».

Хлориды кальция – Примеси фтора (а – иономер-кондуктометр Анион 4155; б – график зависимости электродного потенциала) Примеси Cd, Hg, Mo, As, Pb и Se определяют методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (метод основан на использовании для ионизации элементов индукционной плазмы факельной конфигурации; для регистрации ионов определяемых элементов используют масс-спектрометр квадрупольного типа); примеси Co, Ni, Cu, Cr и Zn – методом атомно-эмиссионной спектрометрии (метод основан на использовании в качестве источника возбуждения спектров индукционной плазмы факельной конфигурации; для регистрации спектра используются многоканальные фотоэлектрические системы), а примесь фтора – методом потенциометрии. Как и в ранее рассмотренных подкатегориях для каждого метода в системе представлены несколько приборов различных фирм-разработчиков и виды выходной документации (рис. 2-а). Разработка экологических ПГР на основе формиата натрия Разработанные КМК-системы «ПГР» [4] и «Экологическое воздействие ПГР» взаимосвязаны и дополняют друг друга. Данный тезис отчетливо иллюстрируется нашей работой по формиату натрия - одному из основных действующих веществ ПГР, применяемых в г. Москве. Одной из главных причин использования формиата натрия является его положительное экологическое влияние. Для определения фактического наличия формиата натрия в рассматриваемых ПГР был проведен комплексный анализ ассортимента ПГР по основным действующим веществам (по заданию Департамента природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы). Полученные с помощью КМК-системы результаты анализа показали, что в состав использовавшихся в сезоне 2011-2012 г в Москве ПГР входили в порядке убывания содержания хлорид натрия, хлорид кальция, хлорид калия и формиат натрия. Массовое соотношение ионов натрия к ионам хлора, в случае если натрий входит в состав только соли хлорида натрия (NaCl), не должно превышать значение 0,65. Соответственно, в случае, когда массовое соотношение натрия и хлора выше 0,65 можно утверждать, что в состав противогололедных реагентов вводились другие соли, содержащие натрий (в том числе и формиат). Если же массовое соотношение натрия и хлора ниже 0,65,

это свидетельствует о применении в составе противогололедных реагентов других хлоридов (кальция и калия). Кроме того, соотношение среднего содержания ионов натрия к среднему содержанию ионов хлора, согласно данным, приведенным в КМК-системе, составляет  $1118,5/2363 = 0,47$ , что меньше значения 0,65. Этот результат свидетельствует о том, что в состав используемых в г. Москве ПГР входят, в основном, традиционно применяемые хлориды (кальция и калия), а формиат натрия использовался как компонент ПГР еще в очень незначительном количестве. Это подтверждается лабораторными испытаниями образцов ПГР. Нами было показано, что в состав твердых ПГР входит формиат натрия. Его среднее количество, определяемое при входном контроле ПГР (данные ФГУП ИРЕА), составляет 3-5%. При таком содержании значимо повлиять на результаты определения содержания ионов натрия и хлора в пробах формиат натрия не может. Заключение На основе информационных CALS-технологий разработана система экологического мониторинга влияния противогололедных реагентов на следующие компоненты окружающей среды: снежный покров, водные объекты и грунтовые воды; почвенный покров; зеленые насаждения; атмосферный воздух. Для каждой экологической составляющей в архитектуру системы введены 6 важнейших индикаторов качества (массовая доля растворимых солей, массовая доля нерастворимых в воде веществ, водородный показатель, удельная эффективная активность естественных радионуклидов, массовая доля примесей и коррозионная активность на металл), характеризующих степень воздействия конкретного ПГР на выбранный объект окружающей среды. По всем индикаторам качества в систему введены соответствующие методы анализа и аналитическое оборудование. Полученные по экологическому мониторингу результаты вошли в 2 договора Департамента природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы № 125-11 от 30.05.2011 и № 151-12 от 25.07.2012 «Выполнение работ по экспертно-методическому сопровождению работ по ведению мониторинга воздействия противогололедных реагентов на состояние природных сред».