ОРГАНИЗАЦИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

DOI 10.15593/2409-5125/2015.02.05
УДК 502.7:543.27-52

А.Н. Егорова, В.С. Смелов, Г.М. Батракова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА

Описан принцип работы автоматизированных систем мониторинга атмосферного воздуха. Измерительная сеть наблюдений и контроля загрязнения атмосферы включает в себя автоматизированные стационарные посты. Центры обработки информации в системе регионального и локального мониторинга обеспечены комплексом технических и программных средств сбора, обработки и передачи информации. Проанализированы методы визуализации потоков информации о промышленном загрязнении атмосферного воздуха. Предложен графический способ представления результатов контроля загрязнения атмосферы в зоне рассеивания выбросов стационарных источников загрязнения с учетом направления ветра на момент замера. Для отображения концентраций загрязняющих веществ в виде круговой диаграммы использованы возможности Microsoft Excel. Описан алгоритм разработки формул и таблиц, необходимых для построения диаграммы содержания приоритетных загрязняющих веществ, в сравнении с допустимым содержанием (ПДК).

Ключевые слова: мониторинг, атмосферный воздух, загрязнение, загрязняющее вещество, пост наблюдений, Microsoft Excel, система «Агат».

С ростом промышленного производства увеличивается степень воздействия на компоненты окружающей среды и повышается уровень загрязнения атмосферы на урбанизированных территориях. Организация наблюдений за влиянием промышленных объектов на состояние воздушного бассейна регламентирована природоохранным законодательством Российской Федерации.

В соответствии с изменениями в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» от 29.12.2014 г., в части требований к крупным промышленным объектам стационарные источники выбросов объектов I категории должны быть оснащены автоматическими средствами измерения и учета объема/массы выбросов вредных (загрязняющих) веществ и концентрации этих веществ в выбросах, а также техническими средствами передачи информации об объеме выбросов и о концентрации вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе в государственный фонд данных экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), создаваемый и используемый в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды.

Общая структура аппаратных средств сети наземных измерений в системе экологического мониторинга включает в себя:

1. *Для низового уровня мониторинговой сети:*

- стационарные посты наблюдений;
- передвижные и стационарные лаборатории;
- передвижные станции контроля источников эмиссии вредных веществ;
- инспекционный контроль;
- обработка обращений от населения.

2. Для среднего уровня сети:

- центры сбора и обработки информации, полученной в низовых сетях, отличающиеся друг от друга спецификой и сложностью решаемых задач.

3. *Для высшего уровня сети:*

- пользователи информации, полученной в центрах ее сбора и обработки [1].

Существующие в нашей стране автоматизированные системы мониторинга атмосферного воздуха действуют на единых принципах, позволяющих провести комплексный анализ, оценить и сделать обобщения по данным полученных измерений [2–4]. В структуру системы входят измерительная сеть, представленная стационарными и передвижными постами наблюдений, и аналитический центр обработки информации.

Автоматизированные стационарные посты контроля (АСПК) атмосферного воздуха позволяют:

1) выполнять автоматическое измерение контролируемых параметров (компонентов пылегазовых выбросов, метеорологических данных, радиационного фона) и управление измерительным процессом;

2) обеспечивать накопление результатов измерений за требуемый период;

3) осуществлять передачу результатов измерений по каналам связи;

4) проводить дистанционный контроль состояния оборудования [2–5].

В число нормативно-правовых документов, регламентирующих порядок организации, учета и функционирования государственной системы мониторинга окружающей среды, входит Приказ Росгидромета от 21.01.2000 № 13 «Об утверждении Положения о порядке организации, учета и функционирования ведомственной наблюдательной сети» [6, 7].

В настоящее время разработчиками автоматизированных постов для контроля загрязнения атмосферного воздуха являются ЗАО НПФ «ДИЭМ», компания ИТЕРАНЕТ, НПО «Экрос» и др. За рубежом автоматизированные посты производят фирмы Rancon (Италия), Antechnica (Германия), Thermo Environmental (США), Seres (Франция) и др.

Стационарный пост контроля – оборудованное помещение, снабженное системами поддержания микроклимата, автономного электропитания, контроля доступа и связи. Типовой пост включает в себя измерительный комплекс для непрерывного измерения содержания в воздухе загрязняющих веществ – оксиды азота (NO, NO_2, NO_x), оксид углерода (CO), оксид серы (SO_2), углеводородов (суммарное содержание и метан), летучих органических соединений (ЛОС), аммиака (NH_3), сероводорода (H_2S), взвешенных частиц (пыли) и др. [2–6].

На рис. 1 представлен вид АСПК, разработчиком которого является «Экрос-инжиниринг» [3, 8].

Измерение в непрерывном режиме концентрации рассеянной эмиссии пылегазовых выбросов от промышленных объектов, имеющих стационарные источники загрязнения воздуха, представляет собой сложную задачу и включает в себя измерительную

Рис. 1. Автоматизированный стационарный пост контроля
(вид снаружи, измерительный блок внутри)

газоаналитическую систему и комплекс технических и программных средств сбора, обработки и передачи информации. Подсистема автоматизированного мониторинга для обработки, регистрации и архивирования информации, поступающей от измерительных приборов, требует программного обеспечения сбора данных реального времени, архивирования и передачи данных в аналитический центр. Собранная информация используется для формирования отчетных и иных видов обобщений для принятия управленческих решений и/или информирования надзорных органов. Это требует специальных операций первичной обработки информации:

- статистической обработки массива данных измерений;
- представления данных в виде таблиц, диаграмм, графиков;
- представления результатов с картографической привязкой точечных данных;
- экспорта данных наблюдений в программы расчета приземных концентраций.

В ряде случаев результаты наблюдений, поступающие с АСПК, могут быть использованы для математического моделирования переноса и трансформации загрязнений, оценки последствий реализованных аварий, расчета экологического ущерба [2, 9–12]. Но в большинстве случаев обработка данных измерений включает в себя первичное преобразование точечной информации от конкретного пункта сбора данных – единичного АСПК или передвижной лаборатории. На этом уровне обработки в режиме поступления данных выполняются следующие процедуры: фильтрация, нормализация, сжатие, сравнение с параметрами контроля, например, с ПДК.

В системе Росгидромет РФ в автоматическом режиме создаются выходные формы документов о концентрации загрязняющих веществ за месяц для автоматизированной системы обработки информации о загрязнении атмосферы (АСОИЗА) в городах [7] и имеется возможность графического представления этих данных в виде гистограмм, линейных графиков, круговых и векторных диаграмм.

Современные системы мониторинга загрязнения воздуха включают в себя информационно-измерительные системы, позволяющие оперативно получать репрезентативные данные о качестве атмосферного воздуха от сети АСПК и на их основе принимать решения по управлению экологической обстановкой [4, 9, 10–15].

Для крупного промышленного объекта в Индустриальном районе г. Перми для учета долевого вклада стационарных источников выбросов ведется реорганизация измерительной сети наблюдений за загрязнением воздуха с внедрением автоматизированной измерительной сети (два стационарных и один передвижной пост контроля атмосферного загрязнения) и системы сбора и обработки данных. В пробах атмосферного воздуха контролируются примеси – оксиды углерода и азота, аммиак, углеводороды, стирол, ЛОС. Результаты передаются и обрабатываются аналитической системой мониторинга «Агат» и могут быть представлены в виде осредненных концентраций за 20 минут, час, день, неделю, месяц в сводной (отчетной) таблице (рис. 2).

Представление данных мониторинга в виде таблицы не позволяет визуально оценить изменение средних значений концентрации *i*-го загрязняющего вещества в зависимости от преобладающих направления ветра. Для наглядности представления результатов были рассмотрены способы визуализации результатов мониторинга. В результате анализа разных способов отображения массива данных, формируемых при проведении регулярного мониторинга, предложено использовать возможности Microsoft Excel для графического представления данных измерений в виде круговой диаграммы с учетом направления ветра. Расчет и построение диаграммы предназначен для индивидуального вещества. Ниже представлены этапы преобразования данных, поступающих с АСПК в программу «Агат».

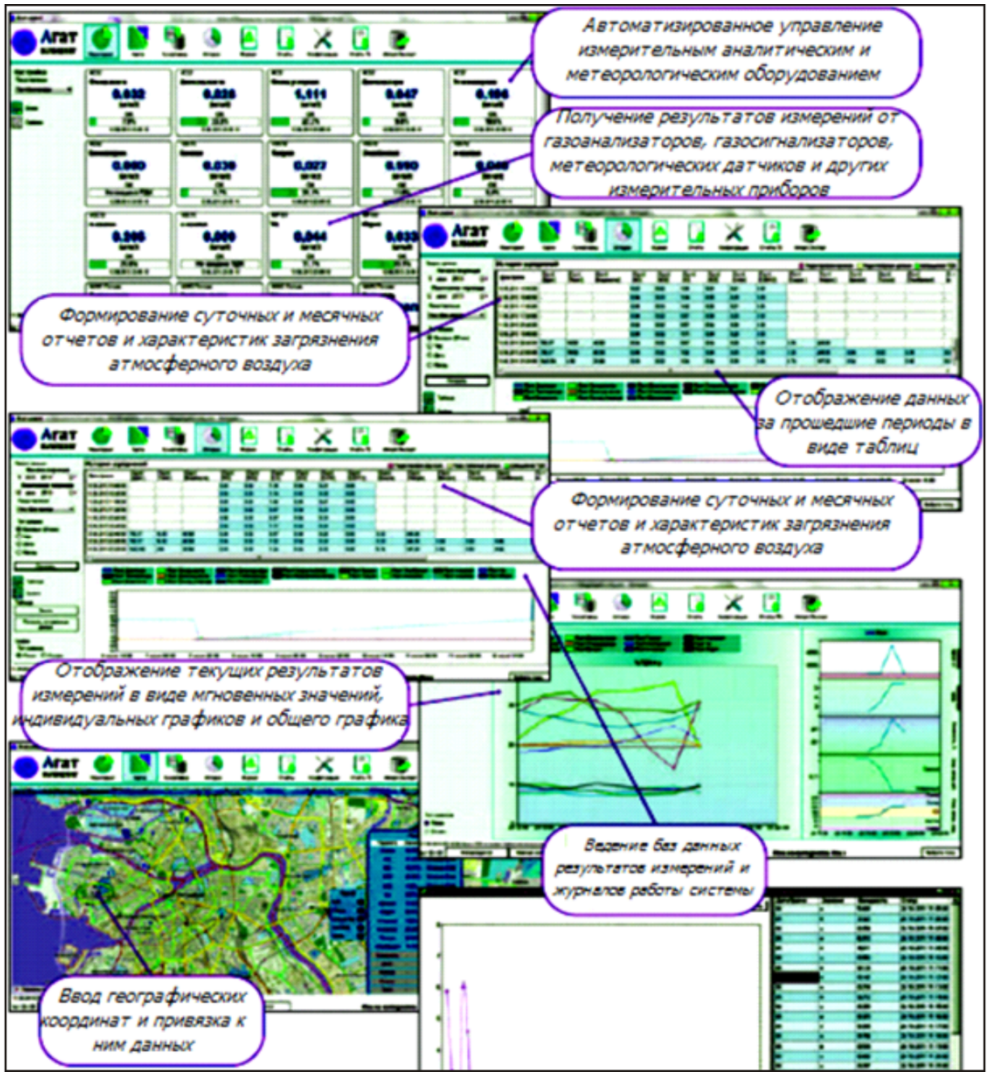

Рис. 2. Формы выдачи результатов системы «Агат»

1. Задать необходимую форму представления данных, выбрать вид осреднения концентрации примеси (максимально-разовая/среднесуточная), выбрать интервал времени, за который оценивается преобладающие направления ветра (час, сутки, неделя, месяц и т.д.).

2. Выполнить экспорт данных из системы «Агат» в программу Microsoft Excel.

3. Выполнить сортировку данных по направлению ветра от меньшего к большему (все столбцы, кроме «дата», «направление ветра», «наименование примеси», «концентрация» не задействованы);

4. Создать следующий лист, в котором будут колонки с необходимыми формулами. Важно сохранять формулы путем ввода данных с использованием Ctrl+Shift+Enter для формирования массив данных. Необходимо на листе создать колонку «направление ветра» с шагом от 0 до 360 градусов.

5. Создать колонку «диапазон направления ветра»: начальный (пример 0.001, 5.001, 10.001 и т.д.) и конечный (пример 4.999, 9.999, 14.999 и т.д.);

6. Создать колонку «сумма концентраций *i*-го вещества при определенном направлении ветра». Рассчитывается по формуле

=СУММ((Направление ветра > Начальный диапазон направления ветра)×(Направление ветра <Конечный диапазон направления ветра)×Концентрация i-го вещества).

Пример для расчета толуола:

=СУММ((Лист1!$B$4:$B$50000>C4)×(Лист1!$B$4:$B$50000<D4)×Лист1!$H$4:$H$50000)

7. Создать колонку «количество повторений при определенном направлении ветра» для определения совпадений направлений ветра и количества совпадений. Для этого необходимо использовать формулу

=СЧЁТ(ЕСЛИ((Направление ветра > Начальный диапазон направления ветра)×(Направление ветра <Конечный диапазон направления ветра);1))

Пример для расчета толуола:

=СЧЁТ(ЕСЛИ(('Общий массив данных'!$B$4:$B$50000>>C4)×('Общий массив данных'!$B$4:$B$50000<D4);1))

8. Создать колонку «средняя концентрация», которая будет отражена в диаграмме, рассчитывается по формуле

=ЕСЛИ(Сумма концентраций при определенном направлении ветра=0;0; Сумма концентраций при определенном направлении ветра/ Количество повторений при определенном направлении ветра);

Пример расчета для толуола:

=ЕСЛИ(E4=0;0;E4/F4)

9. Для наглядности сравнения «средней концентрации» с ПДК создать колонку «значение ПДК» индивидуальных примесей с внесением данных о ПДКмр и/или ПДСсс.

10. Построить диаграмму. Диаграмма учитывает среднюю концентрацию вещества при определенных направлениях ветра (в градусах) и ПДК веществ. Для этого в функциях Microsoft Excel выбираем лепестковую диаграмму. Далее:

- выбрать данные: средняя концентрация *i*-го вещества (в элементы легенды (ряд));
- подписать название вещества;
- в подписи горизонтальной оси (категории) выбирать колонку «начальный диапазон направления ветра» (градусы круговой диаграммы);
- добавить ряд с нормативами ограничений «значение ПДК», выбрать необходимое значение ПДК.

Если границы ПДК или концентраций не видны, необходимо уменьшить цену деления или указать максимальное значение оси «меньше/больше».

Чтобы провести расчет для всех загрязняющих веществ и визуализировать результаты измерений с учетом направления ветра, рекомендуется создать для каждой примеси отдельный лист, в котором изменяются параметры концентрации из общего массива данных. При подстановке данных в общий массив все расчеты и диаграммы будут изменяться автоматически.

После того, как получили результаты, стало ясно, что использование средних концентраций при определенном направлении ветра возможно только для демонстрации загрязнения по преобладающему направлению ветра. Использование этого показателя для сравнения с ПДКсс или ПДКмр недопустимо.

Сравнивать ПДК можно только с самой концентрацией. Поэтому пошли по пути построения диаграммы исключительно по двум столбцам: направление ветра (шаг 1 градус) и реальная концентрация. Причем не важно, какую концентрацию брать – среднесуточную или максимально-разовую. А если при определенном направлении ветра зафиксировано несколько показаний, то берется максимальная концентрация. Дополнительно добавлен столбец с округлением направления ветра с точностью до целых.

Исходя из вышеизложенного предложен следующий алгоритм построения диаграммы:

1. Задать в системе «Агат» необходимую форму представления данных – выбрать концентрации максимально-разовые или среднесуточные, выбрать интервал времени для оценки преобладающего направления ветра (час, сутки, неделя, месяц и т.д.).

2. Скопировать данные, поступившие в систему «Агат» в программу Microsoft Excel.

3. Отсортировать данные по направлению ветра от меньшего к большему.

4. Округлить до целых значений градусы направления ветра.

5. Создать следующий лист с колонками необходимых формул и колонкой «направление ветра» с шагом 1 (от 0 до 360).

6. Создать колонку «наибольшая концентрация *i*-го вещества» из повторяющихся при этом направлений ветра, которая рассчитывается по формуле

=НАИБОЛЬШИЙ(ЕСЛИ(округленное направление ветра=направлению ветра в градусах;концентрация i-го вещества;);1)

Пример для расчета стирола:

=НАИБОЛЬШИЙ(ЕСЛИ('Массив данных'!X:X='Для построения диаграммы 2'!A2;'Массив данных'!U:U;);1)

7. Построить лепестковую диаграмму, как было указано выше (см. п.10).

Создаются новые расчеты для каждой примеси, изменяя концентрацию *i*-го вещества. Последовательность действий представлена в виде алгоритма (рис. 3).

На рис. 4 приведен пример представления расчета для приоритетной примеси – стирол (ПДКсс = 0,002 мг/м^3). Из диаграммы видно, что практически при всех направлениях ветра концентрации стирола превышает ПДК в несколько раз (при направлении ветра от 50 до 224 градусов фиксировалось превышение ПДК. Максимальное превышение до 30 ПДК наблюдалось при направлении ветра 224 градуса.

Таким образом, с помощью представленного алгоритма построения круговой диаграммы можно преобразовывать массив данных, поступающих с АСПК в систему «Агат». Графическое отображение результатов наблюдений позволяет учитывать все

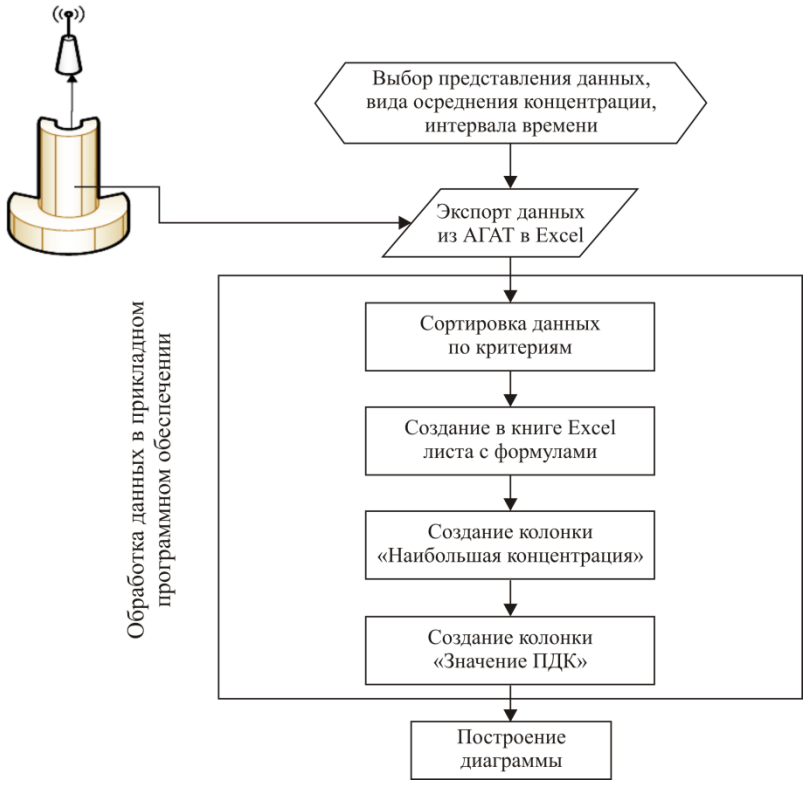

Рис. 3. Алгоритм построения диаграммы

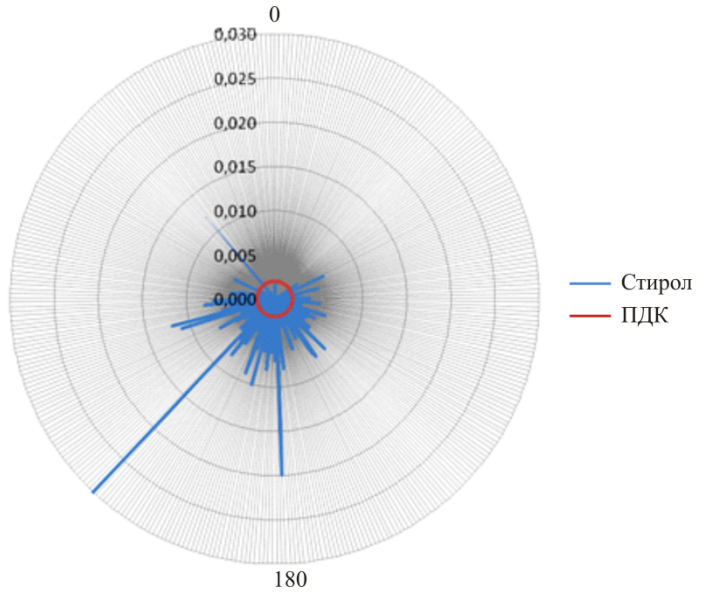

Рис. 4. Круговая диаграмма концентраций (мг/м^3) стирола с учетом преобладания повторяемости направления ветра

зафиксированные концентрации, сравнивать их с нормативами (ПДКмр, ПДКсс) или средними значениями с учетом и направлений ветра. Представление данных в виде «розы ветров» позволяет оценить масштаб и направление потока загрязняющих веществ.

Для дополнительных задач по преобразованию массива данных наблюдений, накапливаемых системой «Агат», планируется расширить использование возможностей макросов Microsoft Excel.

Библиографический список

1. Пашкевич М.А., Шуйский В.Ф. Экологический мониторинг / С.-Петерб. гос. горн. ин-т. – СПб., 2002. – 17 с.

2. Вопросы организации распределенной базы данных в системах экологического мониторинга / Ю.С. Легович [и др.] // Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения: тр. конф. – М., 2010. – С. 782–791.

3. Система автоматизированного контроля выбросов [Электронный ресурс]. – URL: http://mini-tes.ru/tech/ecros/ (дата обращения: 11.04.2015).

4. Экологический мониторинг окружающей среды: учеб. пособие для вузов: в 2 т. / Ю.А. Комиссаров [и др.]. – М.: Химия, 2005. – Т. 1. – 365 с.

5. Автоматический стационарный пост наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха АСПК-А [Электронный ресурс]. – URL: http://ecolabavto.ru/stroitelstvo-mobilnyx-zdanij/avtomaticheskij-stacionarnyj-post-nablyudeniya-za-zagryazneniem-atmosfernogo-vozduxa-aspk-a (дата обращения: 24.02.2015).

6. РД 52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы / Гос. комитет по гидрометеорологии СССР. – М., 1991.

7. РД 52.19.704–2013. Краткие схемы обработки гидрометеорологической информации / ВНИИГМИ-МЦД. – Обнинск, 2013.

8. Система экологического мониторинга / ОАО «Экрос-Инжиниринг». – М., 2013. – 27 с.

9. Цыбина А.В., Дьяков М.С., Вайсман Я.И. Опыт создания современных автоматизированных систем мониторинга атмосферного воздуха на территории промышленно развитых городов России // Вестник Пермского национального исследовательского

политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2015. – № 1 (17). – С. 65–89.

10. Дорохов И.Н., Смирнов В.Н. Автоматизированная система экологического мониторинга промышленного района [Электронный ресурс] // Программные продукты и системы. – 1998. – № 1. – URL: http://swsys.ru/print/article_print.php?id=975 (дата обращения: 24.02.2015).

11. Шаймарданов М.З., Пуголовкин В.В. Автоматизированные системы и технологии сбора, обработки и накопления данных гидрометеорологических наблюдений / ВНИИГМИ-МЦД. – Обнинск, 2002. – 226 с.

12. Батракова Г.М., Белик Е.С., Швецова И.Н. Мониторинг безопасности: конспект лекций. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 306 с.

13. Колтыпин С.И., Петрулевич А.А. Автоматизированные системы экологического мониторинга: интегрированный подход // СТА. – 1997. – № 1. – С. 26–31.

14. Яковенко Н.В., Марков Д.С. Качество атмосферного воздуха как составляющая качества среды обитания Ивановской области [Электронный ресурс] // Современные исследования социальных проблем. – 2012. – № 11 (19). – URL: http://sisp.nkras.ru/e-ru/issues/2012/11/markov.pdf (дата обращения: 09.02.2015).

15. Рябченко О.И., Зачиняев Я.В. Охрана и мониторинг атмосферного воздуха – приоритетные направления сервиса экосистем Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Технико-экономические проблемы сервиса. – 2014. – № 2 (28). – С. 34–40.

References

1. Pashkevich M.A., Shujskij V.F. Ekologicheskij monitoring [Environmental monitoring]. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj gornyj institut. Saint Petersburg, 2002. 17 p.

2. Legovich Ju.S. et al. Voprosy organizatsii raspredelennoj bazy dannykh v sistemakh ekologicheskogo monitoringa [Questions of the organization of a raspredelenkny database in systems of environmental monitoring]. *Trudy konferentsii «Tekhnicheskie i programmnye sredstva sistem upravleniya, kontrolya i izmereniya»*. Moscow, 2010, pp. 782–791.

3. Sistema avtomatizirovannogo kontrolya vybrosov [System of avtomated control of emissions]. – URL: http://minites.ru/tech/ecros/ (accessed 11 April 2015).

4. Komissarov Ju.A. et al. Ekologicheskij monitoring okruzhayushchej sredy [Environmental monitoring of environment]. Vol. 1. Moscow: Khimiya, 2005. 365 p.

5. Avtomaticheskij statsionarnyj post nablyudeniya za zagryazneniem atmosfernogo vozdukha [Automatic stationary post obsezvations of airpollution], available at: http://ecolabavto.ru/stroitelstvo-mobilnyx-zdanij/avtomaticheskij-stacionarnyj-post-nablyudeniya-za-zagryazneniem-atmosfernogo-vozduxa-aspk-a (accessed 24 February 2015).

6. Rukovodstvo po kontrolyu zagrjazneniya atmosfery [Guide to control of pollution of the atmosphere]. RD 52.04.186–89. State committee on hydrometeorology of the USSR. Moscow, 1991.

7. Kratkie skhemy obrabotki gidrometeorologicheskoj informatsii [Short schemes of processing of hydrometeorological information]. RD 52.19.704–2013. Obninsk, 2013.

8. Sistema ekologicheskogo monitoringa [System of environmental monitoring]. JSC Ekros-Enginiring. Moscow, 2013, 27 p.

9. Tsybina A.V., Dyakov M.S., Vajsman Ja.I. Opyt sozdaniya sovremennykh avtomatizirovannykh sistem monitoringa atmosfernogo vozdukha na territorii promyshlenno razvitykh gorodov Rossii [Experience in developing modern automated air monitoring systems in territories of industrialized cities of Russia]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatelskogo polytekhnicheskogo universiteta. Urbanistika*, 2015, no. 1 (17), pp. 65–89.

10. Dorokhov I.N., Smirnov V.N. Avtomatizirovannaya sistema ekologicheskogo monitoringa promyshlennogo rajona [Automated environmental monitoring system for an industrial area]. *Programmnye produkty i sistemy*, 1998, no. 1, available at: http://swsys.ru/print/article_print.php?id=975(accessed 24 February 2015).

11. Shajmardanov M.Z., Pugolovkin V.V. Avtomatizirovannye sistemy i tekhnologii sbora, obrabotki i nakopleniya dannykh gidrometeorologicheskikh nablyudenij [Automated systems and technology of gathering, processing and storage of data hydrometeorological]. Obninsk, 2002. 226 p.

12. Batrakova G.M., Belik E.S., Shvetsova I.N. Monitoring bezopasnosti [Safety monitoring]. Perm, 2012. 306 p.

13. Koltypin S.I., Petrulevich A.A. Avtomatizirovannye sistemy ekologicheskogo monitoringa: integrirovannyj podkhod [Automated environmental monitoring systems: an integrated approach]. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*, 1997, no. 1, pp. 26–31.

14. Yakovenko N.V., Markov D.S. Kachestvo atmosfernogo vozdukha kak sostavlyayushhaya kachestva sredy obitanija Ivanovskoj oblasti [Air quality as a component of Ivanovo region habitat quality]. *Sovremennye issledovanija social'nyh problem*, 2012, no. 11(19), available at: http://sisp.nkras.ru/e-ru/issues/2012/11/markov.pdf (accessed 9 February 2015).

15. Ryabchenko O.I., Zachinyaev Ja.V. Okhrana i monitoring atmosfernogo vozdukha – prioritetnye napravleniya servisa ekosistem Sankt-Peterburga i Leningradskoj oblasti [Air protection and monitoring – ecosystem service priorities in St. Petersburg and Leningrad region]. *Tekhniko-ekonomicheskie problemy servisa*, 2014, no. 2 (28), pp. 34–40.

Получено 25.02.2015

A. Egorova, V. Smelov, G. Batrakova

GRAPHIC WAY OF REPRESENTATION OF RESULTS OF CONTROL OF POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE INDUSTRIAL OBJECT

The principle of work of the automated systems of monitoring of atmospheric air is described. The measuring network of supervision and control of pollution of the atmosphere includes the automated stationary posts. The centers of information processing in system of regional and local monitoring are provided with a complex technical and software of collecting, processing and information transfer. Methods of visualization of flows of information on industrial pollution of atmospheric air are analysed. The graphic way of representation of results of control of pollution of the atmosphere in a zone of dispersion of emissions of stationary sources of pollution taking into account the direction of a wind at the time of measurement is offered. For display

of concentration of the polluting substances in the form of the circular chart possibilities of Microsoft Excel are used. The algorithm of development of the formulas and tables necessary for creation of the chart of the content of the priority polluting substances, in comparison with the admissible contents (maximum concentration limit) is described.

Keywords: monitoring of atmospheric air, the pollution polluting substance, a post of supervision, Microsoft Excel, Agate system.

Егорова Алёна Николаевна *(Пермь, Россия) – студент кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Комсомольский пр., 29, e-mail: alena-egorova93@inbox.ru).*

Смелов Владимир Сергеевич *(Пермь, Россия) – студент кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Комсомольский пр., 29, e-mail: smelov059@mail.ru).*

Батракова Галина Михайловна *(Пермь, Россия) – д-р техн. наук, профессор кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: mailto:gala@eco.pstu.ac.ru).*

Egorova Alena *(Perm, Russian Federation) – Student, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: alena-egorova93@inbox.ru)*

Smelov Vladimir *(Perm, Russian Federation) – Student, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: smelov059@mail.ru)*

Batrakova Galina *(Perm, Russian Federation) – Doctor in Technical Sciences, Professor Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: mailto:gala@eco.pstu.ac.ru).*