DOI 10.18454/PMI.2016.5.737

Геоэкология и безопасность жизнедеятельности

УДК 504.064.2.001.18

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ДОБЫЧЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

М.А.ПАШКЕВИЧ, Т.А.ПЕТРОВА
Санкт-Петербургский горный университет, Россия

В статье проведена оценка воздействия предприятий по добыче и транспортировке углеводородов Западной Сибири на окружающую среду. Выполнен анализ динамики многолетних наблюдений за состоянием компонентов природной среды в районе функционирования предприятий по добыче и транспортировке углеводородов. Обоснована необходимость формирования оптимальной системы экологического мониторинга атмосферного воздуха на рассматриваемых объектах.

Проведено моделирование процессов распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с применением лицензионного программного обеспечения «Эколог» (версия 3.00), разработанного фирмой «ИНТЕГРАЛ» (Санкт-Петербург). На основании результатов моделирования определен приоритетный перечень загрязняющих веществ.

Разработана методика выбора количества и места расположения стационарных постов производственного экологического контроля с учетом параметров выбросов, предложены подходы к созданию системы оперативного экологического мониторинга, сформированной с использованием геоинформационного программного обеспечения.

Ключевые слова: экологический мониторинг, атмосферный воздух, кластерный анализ, система мониторинга, добыча и транспортировка углеводородов.

Как цитировать эту статью: Пашкевич М.А. Создание системы производственного экологического мониторинга на предприятиях по добыче и транспортировке углеводородов Западной Сибири / М.А.Пашкевич, Т.А.Петрова // Записки Горного института. 2016. Т.221. С.737-741. DOI 10.18454/PMI.2016.5.737

Главной особенностью предприятий по добыче и транспортировке углеводородов Западной Сибири является наличие потоков пожаровзрывоопасных продуктов и сырья, ведущих к возникновению крупных аварий, эколого-экономический ущерб от которых исчисляется сотнями миллионов долларов [1, 2, 7, 8]. В связи с этим создание оптимальной структуры производственного экологического мониторинга является актуальной проблемой [3, 5, 10, 13], решение которой позволит обеспечить экологическую безопасность и минимизировать техногенное воздействие на окружающую среду [6, 9].

Анализ динамики многолетних наблюдений за состоянием компонентов природной среды в районе функционирования предприятий по добыче и транспортировке углеводородов Западной Сибири позволил установить, что наиболее интенсивной техногенной нагрузке подвергается атмосферный воздух [4].

Необходимость и значимость мониторинга воздушного бассейна на производственных объектах связана с насыщенностью исследуемого предприятия разнородными источниками выделения и опасностью выбрасываемых в атмосферу вредных веществ [12, 14]. К основным целям мониторинга воздушного бассейна следует отнести [2, 11, 15]:

- выявление источников и степени их воздействия;
- определение факторов загрязнения атмосферного воздуха;
- наблюдение за организованными источниками выделения и выбросов веществ в воздушный бассейн;
- наблюдения за опасными технологическими установками, внутрипромысловыми и магистральными трубопроводами как вероятными источниками загрязнения атмосферного воздуха и возникновения чрезвычайных ситуаций;
- оценку фактического состояния атмосферного воздуха;
- прогноз загрязнения атмосферного воздуха и пути улучшения ситуации;
- определение приоритетных загрязнителей воздушного бассейна на основе анализа накопленного банка данных о состоянии природной среды в зоне воздействия предприятия и данных об уровнях фонового загрязнения;
- управление технологическими выбросами в атмосферный воздух для снижения техногенной экологической опасности функционирования предприятия.

Количество источников выбросов загрязняющих веществ на рассматриваемом предприятии достигает нескольких тысяч, большинство из которых являются организованными.

DOI 10.18454/PMI.2016.5.737

Проведенные исследования и анализ состояния атмосферного воздуха в зоне воздействия производственных объектов рассматриваемого предприятия по добыче и транспортировке показал, что основной вклад в загрязнение воздушного бассейна вносят:

• выхлопные шахты газоперекачивающих агрегатов и дизельных электростанций;

• вентиляционные трубы и дефлекторы производственных зданий и блокбоксов;

• дымовые трубы котельных, подогревателей на резервуарах с водой и на нефтепроводах, технологических печей;

• дыхательные клапаны резервуаров с жидкими продуктами;

• факельные установки.

Незначительная часть неорганизованных источников может быть представлена открытыми площадками с размещенным на них технологическим оборудованием, утечками из систем трубопроводов, арматуры, соединений.

При организации системы мониторинга также важно учитывать нестационарность выбросов, поскольку на предприятиях по добыче и транспортировке углеводородов функционируют источники залповых и аварийных выбросов. Так, для обеспечения непрерывной работы производственных объектов производят технологические операции, связанные с остановками отдельного оборудования на профилактический осмотр, заполнением резервуаров жидкими продуктами, сбросом газа на продувочные свечи, которые сопровождаются кратковременными залповыми выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

Прорывы трубопроводов, превышение давления в технологической схеме и связанное с этим сжигание излишков газа на факелах являются причинами предаварийных и аварийных ситуаций.

Основное производственное оборудование эксплуатируется в непрерывном режиме работы, основная масса источников выбросов действует постоянно.

Проведенный мониторинг состояния атмосферного воздуха на производственных объектах по добыче и транспортировке углеводородного сырья показал, что основными загрязнителями атмосферного воздуха от рассматриваемых предприятий являются:

• компоненты нефти и природного газа – углеводороды, диоксид углерода, выделяющиеся в воздушный бассейн при утечках через неплотности соединений при добыче, переработке и транспорте нефти и газового конденсата;

• оксиды углерода, азота, серы, образующиеся при эксплуатации топливоиспользующего оборудования;

• сажа, поступающая в атмосферу от заводов по производству технических углеродов;

• токсичные химические реагенты, используемые при добыче, транспорте и на разных стадиях подготовки и переработки газа (метанол, диэтиленгликоль и другие).

Информация об источниках выбросов, их мощности, расположении дает возможность оценить экологическую нагрузку района воздействия различных производств. Необходимые данные были получены при проведении полевых исследований в районе расположения производственных объектов одного из месторождений Западной Сибири, по результатам которого была проведена оптимизация сети производственного экологического мониторинга. Исследования велись в несколько этапов.

Изначально проводилось моделирование атмохимических ореолов загрязнения на различных технологических объектах по добыче и транспортировке углеводородов с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы УПРЗА «Эколог» (версия 3.00), разработанной фирмой «ИНТЕГРАЛ» (Санкт-Петербург).

Программный комплекс расчета приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосфере реализует основные зависимости и положения Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86 Госкомгидромета).

Преимуществом используемой версии УПРЗА «Эколог» является наличие блока «Газ», позволяющего выполнять расчеты по Отраслевой методике расчета приземной концентрации загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах компрессорных станций магистральных газопроводов.

Моделирование процессов загрязнения атмосферного воздуха производилось по всем выбрасываемым веществам от основных производственных объектов, при условии, что отношение концентрации загрязняющих веществ к предельно допустимой составляет более 0,05. В отдельную группу выделялись вещества, концентрации которых превышали предельно допустимые на границе санитарно-защитной зоны, для них были определены координаты точек с максимальной приземной концентрацией.

Полученные результаты показали, что на объектах исследования наблюдаются единичные превышения предельно допустимых концентраций по следующим веществам:

DOI 10.18454/PMI.2016.5.737

• диоксид азота – до 3ПДК;
• метан – до 2ПДК;
• углеводороды предельные C_{12}-C_{19} – до 2ПДК;
• группа суммации (азота диоксид + серы диоксид) – до 4ПДК.

Таким образом, моделирование процессов распространения загрязняющих веществ в атмосфере позволило определить приоритетный перечень загрязняющих веществ для организации системы производственного экологического мониторинга.

Следующей важной задачей при формировании системы мониторинга является выбор места размещения и количества точек контроля. Для оптимизации мониторинговой сети предлагается сформировать однородные группы, состоящие из источников, количественные и качественные характеристики выбросов которых подчиняются нормальному закону распределения. Поскольку при распределении будет учитываться вся совокупность признаков, характеризующих источники выбросов, то неизбежно возникнет необходимость проведения множественной корреляции.

Для решения поставленной задачи был использован пакет Statistica 6.0, который обладает мощными и удобными в использовании инструментами для статистического и графического анализа.

Задачи классификации рассматриваемых объектов могут быть решены несколькими способами, например, дискриминантный анализ, группировка, кластеризация.

Для разбиения множества исследуемых объектов и признаков на однородные группы или кластеры предпочтение было отдано кластерному анализу, достоинством которого является возможность разбивать объекты не по одному параметру, а по целому набору признаков. Кроме того, кластерный анализ в отличие от большинства математико-статистических методов не накладывает никаких ограничений на вид рассматриваемых объектов и позволяет рассматривать множество исходных данных практически произвольной природы.

При проведении моделирования учитывалось, что кластеры – это группы однородности, задача кластерного анализа заключается в том, чтобы на основании признаков объектов разбить множество кластеров так, чтобы каждый объект принадлежал только одной группе разбиения. При этом объекты, принадлежащие одному кластеру, должны быть однородными (сходными), а объекты, принадлежащие разным кластерам, – разнородными, характеризующими эти объекты.

При создании массива данных для проведения кластерного анализа формируется прямоугольная матрица, представляющая собой описание объектов выбросов по принятым признакам (параметры источника выброса, характеристика выбрасываемых веществ и т.д.). Общий вид матрицы представлен в табл.1.

На следующем этапе была построена квадратная матрица сходства (табл.2). В качестве меры сходства могут применяться различные коэффициенты, например коэффициент линейной корреляции или евклидово расстояние.

Коэффициент корреляции – численная мера силы и направления связи между двумя количественными или качественными порядковыми признаками. Коэффициент корреляции может принимать значения от −1 до +1. Если значение по модулю находится ближе к 1, то это означает наличие сильной связи, а если ближе к 0, то связь слабая или вообще отсутствует.

Таблица 1

Общий вид матрицы исходных данных для проведения кластерного анализа

Объект	Признак (П) 1	П2	…	Пm
Объект (О) 1	О1П1	О1П2	…	О1Пm
О2	О2П1	О2П2	…	О2Пm
О3	О3П1	О3П2	…	О2Пm
…	…	…	…	…
Оn	ОnП1	ОnП2	…	ОnПm

Таблица 2

Квадратная матрица сходства (мера сходства – коэффициент корреляции)

Объект	Объект 1	Объект 2	Объект 3	…	Объект n
Объект 1	1	0,9	0,7	…	0,6
Объект 2		1	0,6	…	0,8
Объект 3			1	…	0,65
…				1	0,73
Объект n					1

Вычисление евклидового расстояния – это прямой путь вычисления расстояний между объектами в многомерном пространстве. Если имеется двух- или трехмерное пространство, то эта мера является реальным геометрическим расстоянием между объектами в пространстве, соответственно, чем меньше это расстояние, тем больше сходство между объектами.

После построения квадратной матрицы оценивалась степень сходства объектов, например, «Объект 1 – Объект 2» образуют пару с высокой мерой (коэффициент корреляции) – 0,9 и т.д. На следующем этапе строится новая матрица, в которой объекты с высокой мерой сходства уже объединены в группы, процедура образования групп снова повторяется: находятся пары с сильными связями и объединяются в кластер. Несмотря на эффективность кластерного анализа, в рассматриваемом случае все же возникает необходимость

DOI *10.18454/PMI.2016.5.737*

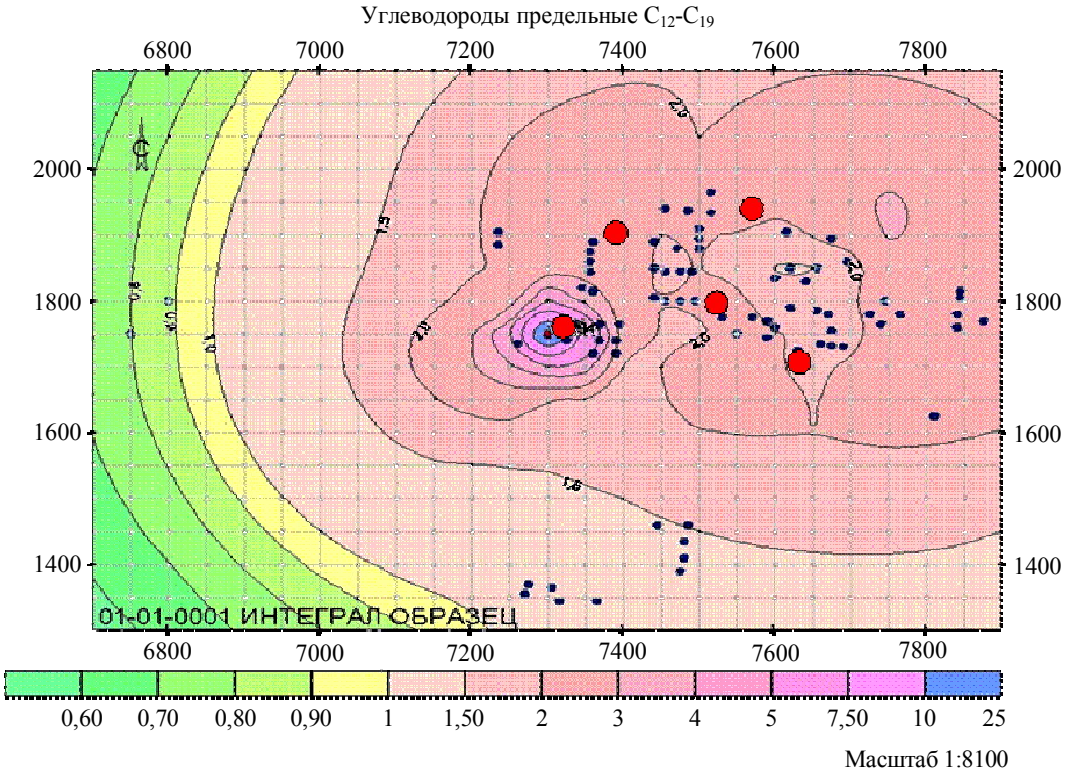


Схема расположения постов контроля (красные точки) за выбросами от производственных объектов (синие точки)

экспертного вмешательства при определении окончательного количества кластеров, поскольку данный вид статистической обработки не учитывает взаимное расположение источников выбросов на реальной местности. Таким образом, по результатам кластеризации и экспертной оценки взаимного расположения объектов выбросов, а также ранее построенных ореолов рассеивания загрязняющих веществ можно оптимизировать сеть мониторингового контроля атмосферного воздуха.

Принимая совокупность объектов, принадлежащих одному кластеру, за площадной источник загрязнения, можно совершить расчет места расположения постов наблюдения (точка с максимальной приземной концентрацией) по программе «Эколог» (версия 3.0) (см. рисунок).

Таким образом, установленные закономерности формирования ореолов загрязнения с применением методов численного моделирования и предложенный способ оптимизации расположения постов наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на основе группирования источников воздействия с применением кластерного анализов позволит снизить затраты на организацию системы экологического мониторинга за счет уменьшения количества постов контроля, наблюдаемых параметров и лабораторных исследований, а также повысить уровень экологической безопасности при функционировании объектов по добыче и транспортировке углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Загвоздкин В.К.* Аналитический комплекс для производственного экологического мониторинга в нефте- и газодобывающих отраслях промышленности / В.К.Загвоздкин, В.И.Равикович, Д.Е.Фридрик // Экология и промышленность России. 2007. № 11. С.34-38.

2. *Пашкевич М.А.* Мониторинг техногенного воздействия экологически опасных объектов ОАО «Газпром» / М.А.Пашкевич, И.Б.Мовчан, Т.А.Петрова // Записки Горного института. 2007. Т.172. С.201-204.

3. *Пашкевич М.А.* Разработка оптимальной структуры мониторинга техногенного воздействия опасных объектов ТЭК / М.А.Пашкевич, Т.А.Петрова // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 8. С.139-144.

4. *Пашкевич М.А.* Система экологического мониторинга атмосферного воздуха горнопромышленной агломерации / М.А.Пашкевич, Ю.Д.Смирнов, Т.А.Петрова // Записки Горного института. 2013. Т.204. С.272-275.

5. Производственный экологический мониторинг газотранспортных систем в ООО «СЕВЕРГАЗПРОМ» / Н.Б.Пыстина, А.А.Загородняя, Э.Б.Бухгалтер, Б.О.Будников // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2006. № 3. С.26-28.

6. *Тюряхин И.В.* Производственный экологический мониторинг в составе РСОДУ ООО «ЮГТРАНСГАЗ» / И.В.Тюряхин, А.В.Долгов // Газовая промышленность. 2004. № 11. С.49-50.

7. *Шафигуллин Р.Ф.* Производственный мониторинг – базовый элемент экологического менеджмента / Р.Ф.Шафигуллин, Д.В.Бортяков // Газовая промышленность. 2005. № 6. С. 42-45.

DOI *10.18454/PMI.2016.5.737*

8. *Ярыгин Г.А.* Производственный экологический мониторинг в системах управления природоохранной деятельностью газотранспортных предприятий / Г.А.Ярыгин, Р.Р.Кантюков, Д.Е.Фридрик // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 10. С.137-144.

9. *Alekseenko V.A.* Ecological safety management of sea water areas under the influence of cement production / V.A.Alekseenko, N.B.Manusova, A.V.Alekseenko // Current Issues of Ecological Safety: Cleaning of Water Sources and Air Basin; Recycling of Municipal Solid Waste. 2015. P.17-21.

10. *Atzberger C.* Advances in Remote Sensing of Agriculture: Context Description, Existing Operational Monitoring Systems and Major Information Needs // Remote Sensing. 2013. № 5 (2). P.949-981.

11. *Fensholt R.* Analysing the advantages of high temporal resolution geostationary MSG SEVIRI data compared to Polar Operational Environmental Satellite data for land surface monitoring in Africa / R.Fensholt, A.Anyamba, S.Huber, S.R.Proud, C.J.Tucker, J.Small, E.Pak, M.O.Rasmussen, I.Sandholt, C.Shisanya // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2011. Vol.13. Iss.5. P.721-729.

12. *Hart J.K.* Environmental Sensor Networks: A revolution in the earth system science? / J.K.Hart, K.Martinez // Earth-Science Reviews. 2006. Vol.78. Iss.3-4. P.177-191.

13. *Hollingsworth A.* Toward a monitoring and forecasting system for atmospheric composition: the GEMS project / A.Hollingsworth, R.J.Engelen, C.Textor, A.Benedetti, O.Boucher // Bulletin of the American Meteorological Society. 2008. 89 (8). P.1151-1164.

14. *Nittis K.* Operational monitoring and forecasting for marine environmental applications in the Aegean Sea / K.Nittis, L.Perivoliotis, G.Korres, C.Tziavos, I.Thanos // Environmental Modelling & Software. 2006. Vol.21. Iss.2. P.243-257.

15. *Townshend J.R.G.* Towards operational monitoring of terrestrial systems by moderate-resolution remote sensing / J.R.G.Townshend, C.O.Justice // Remote Sensing of Environment. 2002. Vol.83. Iss.1-2. P.351-359.

Авторы: **М.А.Пашкевич,** *д-р техн. наук*, *профессор*, *mpash@spmi.ru* (Санкт-Петербургский горный университет, Россия), **Т.А.Петрова,** *канд. техн. наук*, *доцент*, *petrova9@yandex.ru* (Санкт-Петербургский горный университет, Россия).

Статья принята к публикации 4.07.2016.