УДК 551.513
DOI 10.19110/1994-5655-2019-3-18-22

М.И. ВАСИЛЕВИЧ, В.М. ЩАНОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАЕКТОРНОГО ПОДХОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ HYSPLIT ПРИ ОЦЕНКЕ ПЕРЕНОСА ВОЗДУШНЫХ МАСС ОТ ВОЗМОЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭМИСИИ

Институт биологии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар

mvasilevich@ib.komisc.ru

Аннотация

В работе проведен анализ особенностей атмосферной циркуляции от предполагаемого источника атмосферной эмиссии ст. Шиес Архангельской области с использованием траекторий переноса воздушных масс по расчетам с помощью модуля HYSPLIT. Отмечено доминирующее направление переноса воздушных масс от данного пункта на восток, поэтому около 60 % атмосферных примесей закономерно переносится на территорию Республики Коми. Наибольшая частота прохождения траекторий отмечена для территорий Усть-Вымского, Сыктывдинского и юго-западной части Княжпогостского районов. В зависимости от сезона повторяемость направлений переноса меняется.

Ключевые слова:
траектории переноса воздушных масс, полигон твердых коммунальных отходов, источник эмиссии, Республика Коми

M.I. VASILEVICH, V.M. SHCHANOV

APPLICATION OF THE TRAJECTORY APPROACH USING THE MODEL HYSPLIT IN ASSESSING THE TRANSPORT OF AIR MASSES FROM POSSIBLE SOURCES OF EMISSION

Institute of Biology,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar

Abstract

The features of atmospheric circulation from the proposed source of atmospheric emission of the Shies station of the Arkhangelsk region were analyzed using the trajectories of air mass transfer according to calculations using HYSPLIT module. The dominant direction of air mass transfer from this point to the East is noted, so about 60 % of atmospheric impurities are naturally transferred to the territory of the Republic of Komi. The highest frequency of trajectories was noted for the territory of Ust-Vym, Syktyvdin and South-Western part of the Knyazhpogost regions. The repeatability of the transfer directions changes depending on the season.

Keywords:
trajectories of air masses transfer, municipal solid waste landfill, source of emission, Komi Republic

Введение

Полигоны захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО) являются серьезным источником загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу. В результате брожения органических отходов, находящихся в теле полигона в ходе процессов биохимического разложения, образуется свалочный газ (биогаз), составляющие которого – метан и диоксид углерода. Также сопутствующими продуктами разложения являются такие вещества, как толуол, аммиак, ксилол, оксид углерода, формальдегид, бензол, этилбензол и др. [1].

Наиболее сильное негативное воздействие образующейся газовой смеси проявляется в ее взрывоопасности, что влечет за собой самовоспламенение полигонов ТКО. В таких случаях полигоны ТКО выступают источниками различных токсичных продуктов горения, в том числе диоксинов, имеющих мутагенные и канцерогенные свойства и

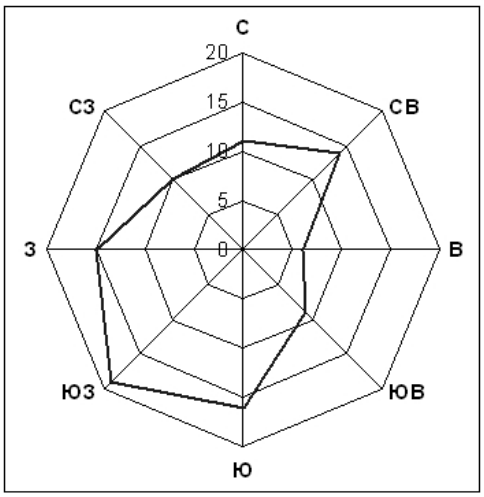
весьма опасных для биологических организмов [2]. В связи с этим появление новых полигонов ТКО создает новые источники эмиссии поллютантов в окружающую среду.

Считается, что траектория атмосферного переноса представляет наиболее вероятную историю движения предполагаемого загрязнителя по истечении некоторого временного промежутка. Метод статистики траекторий переноса воздушных масс дает возможность анализировать средние характеристики процессов циркуляции атмосферы [3]. Использование модели HYSPLIT для построения траекторий переноса воздушных масс с целью выявления возможных источников поступления различных загрязнителей в окружающую среду в настоящее время довольно часто упоминается в литературе [4–8]. Так, например, оценка вероятного местоположения источников поступления ртути в Арктику, используя метод траекторного моделирования с расчетом обратных траекторий, позволила определить области, где могли находиться вероятные источники загрязнения ртути для случаев, когда были зарегистрированы большие концентрации ртути в приземном слое атмосферы. Подобные явления отмечены в период активной фазы извержения вулканов в Исландии (2011 и 2012 г.) [9]. Таким образом, метод анализа траекторий переноса воздушных масс достаточно обоснован, информативен и повсеместно используется в научной практике.

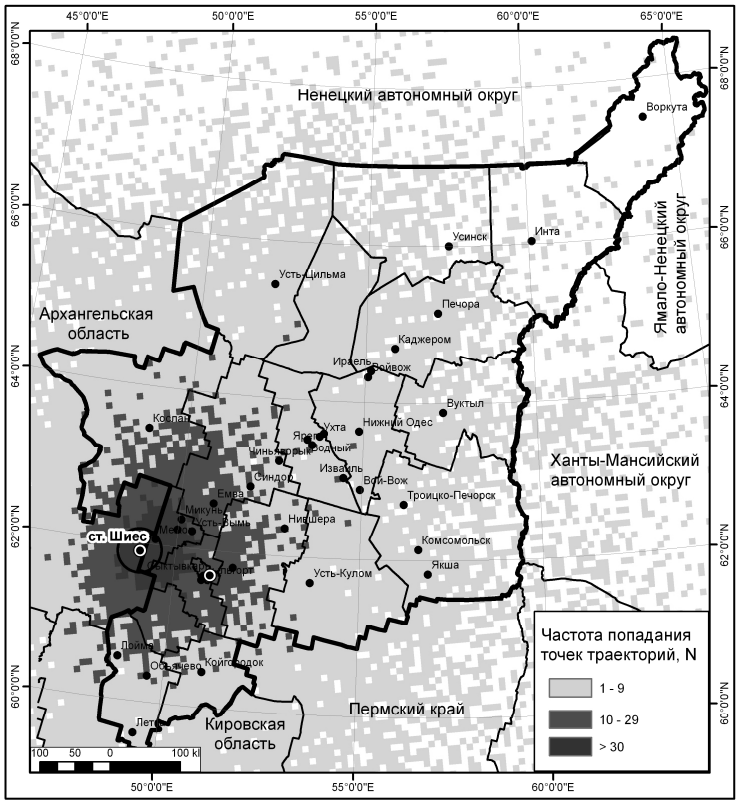
Цель исследования – оценить особенности атмосферной циркуляции от железнодорожной станции Шиес (ст. Шиес) Архангельской области, где существует вероятность размещения нового крупнейшего в Европе полигона ТКО (до 3 тыс. га), используя модель HYSPLIT для расчета траекторий переноса воздушных масс.

Частота расположения точек прямых траекторий переноса воздушных масс от ст. Шиес
The frequency of the location points of the trajectories of air mass transfer from the Shies station

Регион	Количество точек	Доля, %
Республика Коми	24406	55.73
Архангельская область	10216	23.33
Кировская область	2850	6.51
Пермский край	2079	4.75
Вологодская область	1062	2.42
Ханты-Мансийский автономный округ	581	1.33
Ненецкий автономный округ	575	1.31
Свердловская область	491	1.12
Костромская область	348	0.79
Удмуртская Республика	282	0.64
Акватория Северного Ледовитого океана	265	0.61
Нижегородская область	149	0.34
Республика Татарстан	93	0.21
Республика Марий Эл	79	0.18
Ямало-Ненецкий автономный округ	79	0.18
Республика Башкортостан	72	0.16
Республика Карелия	40	0.09
Тюменская область	19	0.04
Челябинская область	17	0.04
Мурманская область	14	0.03



а)



б)

Рис. 1. Плотность поступления потоков воздушных масс от ст.Шиес (по данным HYSPLIT).
Fig.1. The density of the flows of air masses from the Shies station (according to HYSPLIT data).

Материал и методы

Ежедневные обратные траектории поступления воздушных масс за 2014–2018 гг. рассчитывались с помощью программы HYSPLIT, разработанной лабораторией воздушных ресурсов Американской национальной администрации по исследованию океана и атмосферы (NOAA) на сайте при запросе архивных данных (http://www.arl.noss.gov). Для расчета траекторий использовали следующие параметры: время движения воздушных масс – 24 часа; высота воздушных масс над уровнем земли в точке расчета –100 м. Выбор высоты расчета нами основан на том, что крупномасштабное перемещение атмосферных аэрозольных масс в основном происходит в пограничном слое атмосферы [4]. Расчет суточных траекторий наиболее актуален в связи с временем неизменного пребывания в атмо-

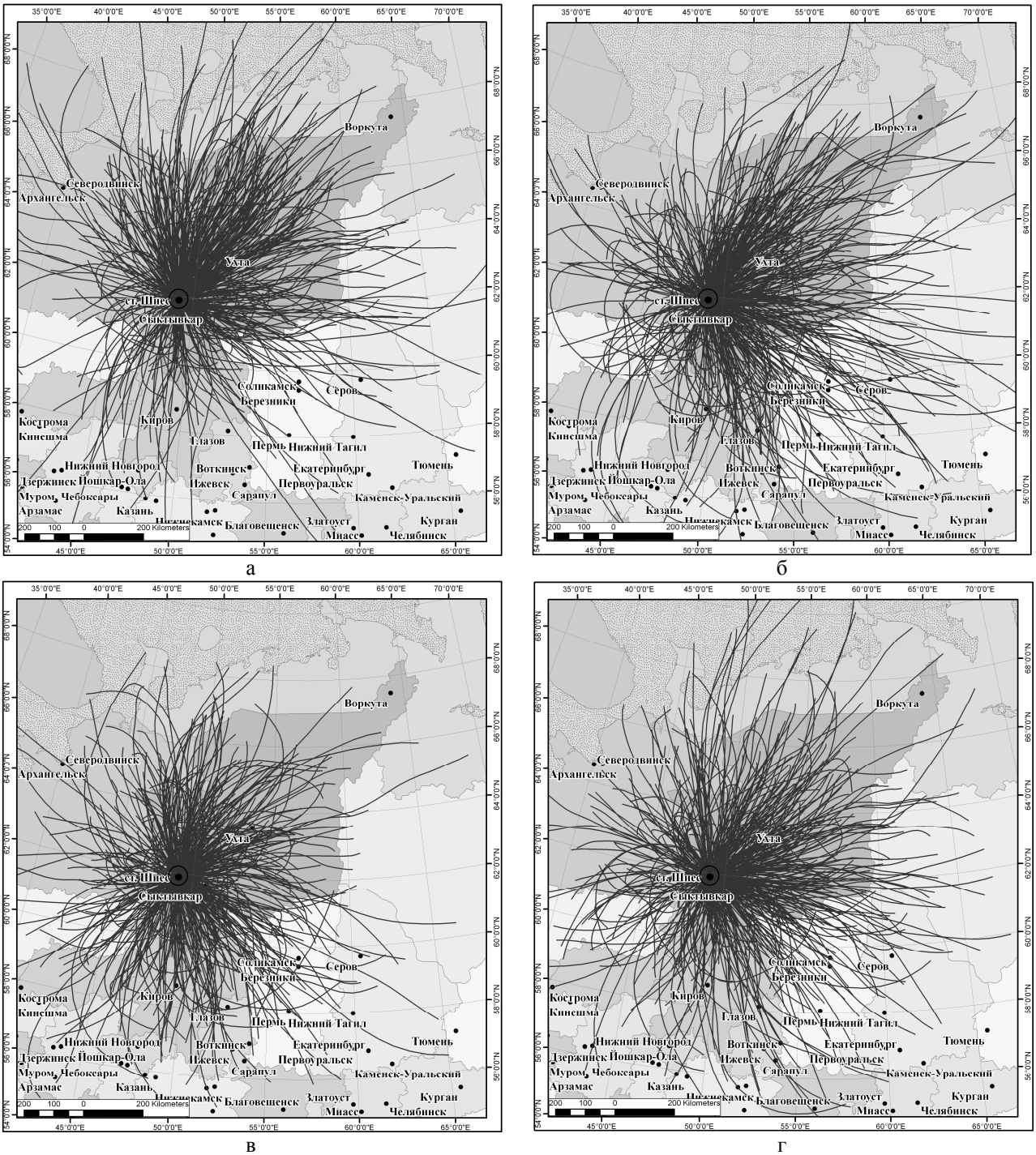


Рис. 2. Траектории переноса воздушных масс от ст. Шиес по сезонам: а – зимой, б – весной, в – летом, г – осенью.

Fig.2. The trajectories of seasonal air masses transfer from the Shies station: а – in winter, б – in spring, в – in summer, г – in autumn.

сфере различных примесей. Так, практически все газы и другие компоненты сохраняются в атмосфере в неизменном состоянии в течение одних–двух суток, далее идет их трансформация, связывание, осаждение [10, 11]. Кроме того, расчет длительных траекторий приводит к снижению точности получаемых данных [12]. Таким образом, на каждый год было получено по 365 траекторий переноса, разбитых сегментами на 24 часовых отрезка, т.е. положение перемещения фиксировано через каждый час. Координаты точек траекторий переведены в точечные и линейные векторные слои (shp файлы) и положены на карту регионов России. Работа по созданию карты-схем проведена в программном пакете Arc GIS 9.3. Для статистической обработки данных расчета траекторий также использовали программы Arc GIS 9.3 и Erdas Imagine 10.0.

Результаты и обсуждение

С применением траекторной модели HYSPLIT и архивных данных NOAA проведен анализ характера движения воздушных масс от ст. Шиес и основные направления переноса за пятилетний период. Анализ распространения траекторий переноса воздушных масс от ст. Шиес показал, что особенность циркуляции атмосферы такова, что в случае нахождения в этом месте предполагаемого источника эмиссии поллютантов, их перенос преимущественно будет направлен в сторону территории Республики Коми (55.7 %) (см. таблицу).

Под потенциальным аэрогенным воздействием окажется также территория Архангельской области, в меньшей степени – Кировская область и Пермский край. Это связано с преобладанием западных направлений ветров и переноса воздушных масс с запада на восток. Согласно метеорологическим данным расположенной в 78 км от.ст. Шиес метеостанции в с. Усть-Вымь, в среднем за год преобладают ветра юго-западного, южного и западного направлений, что определяет доминирующее направление переноса на территорию Республики Коми (рис. 1а) [13].

На основании статистической обработки и пространственного анализа результатов расчета прямых траекторий перемещения воздушных масс выполнен растр распределения частоты расположения точек траекторий в пространстве (рис. 1б). Каждый пиксель данной карты-схемы соответствует квадрату 9*9 км^2. Показано, что потенциально возможная эмиссия в атмосферу от планируемого полигона отходов на ст. Шиес будет направлена преимущественно на Усть-Вымский район и Республику Коми в целом. Цветом выделены зоны от наибольшей до наименьшей частоты расположения точек траекторий, что эквивалентно зонам потенциального воздействия эмиссии. В зоне наибольшего потенциального воздействия будут находиться такие населенные пункты Усть-Вымского района, как Казлук, Нефтебаза, Донаёль, Межег, Мадмас, Римья, Жешарт. Меньшему, но также ощутимому воздействию возможной эмиссии могут быть подвержены Сыктывдинский район и юго-западная часть Княжпогостского района, в том числе столица Республики Коми г. Сыктывкар.

Данные по полученным за пятилетний период траекториям обратного переноса воздушных масс также разбили по сезонам года (рис. 2). На рисунке видно, что в зависимости от сезона повторяемость направлений переноса, как и направлений ветров, меняется, с ними же и согласуется. Так, в зимний период преобладает северо-восточное и северное направление переноса, что обусловливает увеличение доли точек траекторий, попадающих на территорию Коми. Весной увеличивается доля переноса на восток от пункта исследования, когда наблюдается резкое увеличение поступлений воздушных масс на территорию Свердловской и Тюменской областей, Ямало-Ненецкого автономного округа. Летом отмечается доминирование южных направлений переноса (ветры с севера). Осенью наиболее выражено восточное направление переноса воздушных масс.

Заключение

Таким образом, проведен анализ особенностей атмосферной циркуляции в районе ст. Шиес с использованием модели HYSPLIT для расчета траекторий движения воздушных масс за пятилетний период 2014–2018 гг. Отмечено, что доминирующее направление переноса воздушных масс от ст. Шиес около 60 % будет направлено на территорию Республики Коми, в меньшей степени – на территорию Архангельской и Кировской областей, Пермского края. Наибольшая частота прохождения траекторий отмечена для территории Усть-Вымского, Сыктывдинского и юго-западной части Княжпогостского районов Республики Коми. В зоне наибольшего влияния от возможного источника эмиссии окажутся многие населенные пункты Усть-Вымского района. В зависимости от сезона повторяемость направлений переноса меняется. Наибольшая доля переноса на территорию Коми отмечается в зимний период.

По результатам исследования можно говорить о том, что близкое расположение к границам региона ст. Шиес и особенности атмосферной циркуляции будут способствовать распространению значительной доли поллютантов от предполагаемого полигона ТКО на территорию Республики Коми.

Литература

1. *Биогаз: от сбора до дегазации* // Экологические системы электронной энергосервисной компании. URL: ecosys.narod.ru/2006_9/art_145.htm (дата обращения: 27.10.2013).
2. *Джамалова Г.А.* Эмиссия токсичного и взрывоопасного биогаза полигонами твердых коммунальных отходов // Известия СПбГТИ (ТУ). 2013. № 22 (48). С. 92–95.
3. *Виноградова А.А., Иванова Ю.А.* Загрязнение воздушной среды в центральной Карелии при дальнем переносе антропогенной примеси в атмосфере // Известия Российской ака-

демии наук. Серия Географическая. 2013. № 5. С. 98–108.
4. *Кабашников В.П., Акулинин А.А., Данилевский В.А., Калинская Д.В. и др.* Исследование путей переноса атмосферных аэрозолей в Белорусско-Украинском регионе по данным сети AERONET методом кластерного анализа // Научные труды УкрНДГМИ. 2012. Вып. 262. С. 40–58.
5. *Кожевникова М.Ф., Левенец В.В., Ролик И.Л.* Идентификация источников загрязнения: вычислительные методы // Вопросы атомной науки и техники. 2011. № 6. С. 149–156.
6. *Удачин В.Н.* Экогеохимия горнопромышленного техногенеза Южного Урала: автореф. дис. … д.г.-м.н. /Томский политех. университет. Томск, 2012.
7. *Izquierdo R., Avila F., Alarcyn M.* Trajectory statistical analysis of atmospheric transport patterns and trends in precipitation chemistry of a rural site in NE Spain in 1984-2009 // Atmospheric Environment. 2012. Vol. 61. P. 400–408.
8. *Scarchilli C., Frezzotti M., Ruti P. M.* Snow precipitation at four ice core sites in East Antarctica: provenance, seasonality and blocking factors // Climate Dynamics. 2011. Vol. 1. P. 2107–2125.
9. *Панкратов Ф.Ф.* Динамика атмосферной ртути в Российской Арктике по результатам долговременного мониторинга: автореф. дис. … к. техн. н.: 25.00.30. СПб., 2013. 29 с.
10. *Кислотные дожди* / Под.ред. Ю.А. Израэль. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 269 с.
11. *Малахов С.Г., Маханько Э.П.* Выброс токсичных металлов в атмосферу и их накопление в поверхностном слое земли // Успехи химии. 1990. Т. 59. Вып. 11. С. 1777–1798.
12. *Kahl J.D., Harris J.M., Herbert G.A., Olson M.P.* Intercomparison of three long-range trajectory models applied to Arctic haze // Tellus. 1989. Vol. 41(B). №. 5. P. 524–536.
13. *Атлас по климату* и гидрологии Республики Коми. М.: Дрофа, 1997. 115 с.

References

1. *Biogaz:* ot sbora do degazacii [Biogas: from collection to degassing] // Ekologicheskie sistemy elektronnoj energoservisnoj kompanii [Environmental systems of an electronic energy service company]. URL: ecosys.narod.ru/2006_9/art_145.htm (accessed: 27.10.2013).
2. *Dzhamalova G.A.* Emissija toksichnogo i vzryvoopasnogo biogaza poligonami tverdyh kommunal'nyh othodov [Emission of toxic and explosive biogas by municipal solid waste landfills] // Proc. of St.Petersburg State Inst. of Technology. 2013. № 22 (48). P. 92–95.
3. *Vinogradova A.A., Ivanova Yu.A.* Zagrjaznenie vozdushnoj sredy v central'noj Karelii pri dal'nem perenose antropogennoj primesi v atmosfere [Air pollution in central Karelia during long-range transfer of anthropogenic impurities in the atmosphere] // Proc. of the Russian Academy of Sciences. Geographic series. 2013. № 5. P. 98–108.
4. *Kabashnikov V.P., Akulinin A.A., Danilevsky V.A., Kalinskaya D.V. et al.* Issledovanie putej perenosa atmosfernyh ajerozolej v Belorussko-Ukrainskom regione po dannym seti AERONET metodom klasternogo analiza [Study of atmospheric aerosol transport pathways in the Belarusian-Ukrainian region according to AERONET network data by cluster analysis] // Nauchnye trudy UkrNDGMI [Proc. of the Ukrainian Research Hydromet. Inst.]. 2012. Issue 262. P. 40–58.
5. *Kozhevnikova M.F., Levenets V.V., Rolik I.L.* Identifikacija istochnikov zagrjaznenija: vychislitel'nye metody [Identification of pollution sources: computational methods] // Voprosy atomnoj nauki i tehniki [Problems of nuclear science and technology]. 2011. № 6. P. 149–156.
6. *Udachin V.N.* Ekogeohimija gornopromyshlennogo tehnogeneza Juzhnogo Urala [Ecogeochemistry of mining technogenesis of the southern Urals]. Abstract of diss... Dr. Sci. (Geol. & Mineral.)/ Tomsk Politechnic Univ. Tomsk, 2012.
7. *Izquierdo R., Avila F., Alarcyn M.* Trajectory statistical analysis of atmospheric transport patterns and trends in precipitation chemistry of a rural site in NE Spain in 1984-2009 // Atmospheric Environment. 2012. Vol. 61. P. 400–408.
8. *Scarchilli C., Frezzotti M., Ruti P. M.* Snow precipitation at four ice core sites in East Antarctica: provenance, seasonality and blocking factors // Climate Dynamics. 2011. Vol. 1. P. 2107–2125.
9. *Pankratov F.F.* Dinamika atmosfernoj rtuti v Rossijskoj Arktike po rezul'tatam dolgovremennogo monitoringa [Dynamics of atmospheric mercury in the Russian Arctic by results of long-term monitoring]. Abstract of diss... Cand. Sci. (Techn.). St.Petersburg, 2013. 127 p.
10. *Kislotnye dozhdi* [Acid rains]. Ed. Yu.A. Izrayel. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989. 269 p.
11. *Malakhov S.G., Makhan'ko E.P.* Vybros toksichnyh metallov v atmosferu i ih nakoplenie v poverhnostnom sloe zemli [Emission of toxic metals into the atmosphere and their accumulation in the surface layer of the earth] // Uspehi himii [Advances in chemistry]. 1990. Vol. 59. Issue 11. P. 1777–1798.
12. *Kahl J.D., Harris J.M., Herbert G.A., Olson M.P.* Intercomparison of three long-range trajectory models applied to Arctic haze // Tellus. 1989. Vol. 41(B). №. 5. P. 524–536.
13. *Atlas po klimatu* i gidrologii Respubliki Komi [Atlas of climate and hydrology of the Komi Republic]. Moscow: Drofa, 1997. 115 p.

Статья поступила в редакцию 08.05.2019.