

DOI: 10.6060/tcct.20165910.5376

Для цитирования:

Вишнева Ю.С., Попова Л.Ф., Попов С.С. Пространственно-временная динамика содержания углеводородов нефтепродуктов в почвах селитебного ландшафта г. Архангельска. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2016. Т. 59. Вып. 10. С. 88–94.

For citation:

Vishnevaya Yu.S., Popova L.F., Popov S.S. Spatio-temporal dynamics of content of petroleum products hydrocarbons in soils of urban landscape of Arkhangelsk. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2016. V. 59. N 10. P. 88–94.

УДК 550.423+504.064.2

Ю.С. Вишнева, Л.Ф. Попова, С.С. Попов

Людмила Федоровна Попова, Сергей Сергеевич Попов

Кафедра химии и химической экологии, высшая школа естественных наук и технологий, Северный (арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, Архангельск, 163002, Российская Федерация

E-mail: ludap9857@mail.ru, sergey.sergeevich20@gmail.com

Юлия Сергеевна Вишнева (✉)

Кафедра ботаники, общей экологии и природопользования, высшая школа естественных наук и технологий, Северный (арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, Архангельск, 163002, Российская Федерация

E-mail: ujka23@yandex.ru (✉)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВАХ СЕЛИТЕБНОГО ЛАНДШАФТА г. АРХАНГЕЛЬСКА

В статье проанализирована пространственно-временная динамика содержания углеводородов нефтепродуктов в почвах селитебного ландшафта г. Архангельска. Установлено, что наибольшее содержание НП в почвах отмечено в летний и осенний периоды, наименьшее – в весенний период. Такая сезонная динамика может быть обусловлена сезонными климатическими изменениями, промывным водным режимом исследуемых почв, фракционным составом углеводородов НП. При этом для почв г. Архангельска характерно как поверхностное, так и профильное загрязнение НП, однако накопление их происходит преимущественно в поверхностном слое.

Ключевые слова: углеводороды нефтепродуктов, почва, селитебный ландшафт

Yu.S. Vishnevaya, L.F. Popova, S.S. Popov

Liudmila F. Popova, Sergeiy S. Popov

Department of Chemistry and Chemical Ecology, High School of Natural Sciences and Technology, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Embankment of the Northern Dvina str., 17, Arkhangelsk, 163002, Russia

E-mail: ludap9857@mail.ru, Sergey.sergeevich20@gmail.com

Yuliya S. Vishnevaya (✉)

Department of Botany, General Ecology and Environmental Sciences, High school of Natural Sciences and Technology, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Embankment of the Northern Dvina str., 17, Arkhangelsk, 163002, Russia

E-mail: ujka23@yandex.ru (✉)

SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF CONTENT OF PETROLEUM PRODUCTS HYDROCARBONS IN SOILS OF URBAN LANDSCAPE OF ARKHANGELSK

Petroleum hydrocarbons occupy a special place among priority pollutants. The pollution of urban soils by petroleum hydrocarbons is the inevitable result of the use of auto transport and heat-and-power enterprises activity. Contact with the soil petroleum hydrocarbons causes a change in their physical, chemical and biological properties, disrupting the flow of natural biochemical processes. The article analyzes the spatio-temporal dynamics petroleum hydrocarbons content in soils of urban zone of the city of Arkhangelsk. As the object of study different types of soil (replantozem, urbanozem and kulturozem) in urban zone of the city of Arkhangelsk were chosen. Soil samples were selected on the 15 sampling areas in spring, summer and autumn of 2014. Petroleum hydrocarbons content in selected soil samples was evaluated by fluorimetric method on the analyzer "Fluorat-02". The evaluation of the degree of contamination of soils by petroleum hydrocarbons has been assessed. It was found that soils in urban zone of the city of Arkhangelsk have a high pollution degree by petroleum hydrocarbons. Average content of petroleum hydrocarbons in the soils of the city of Arkhangelsk ranges from 466.20 to 1342.2 mg / kg and depends on the time of year. The analysis of experimental data showed the highest content of petroleum hydrocarbons in the soils is observed in summer and autumn, the smallest - in the spring. This seasonal dynamics maybe cause with seasonal climatic changes, washing water regime of investigated soils, fractional compounds of petroleum hydrocarbons. At the same time, Arkhangelsk's soils are characterized surface and profile contaminations by petroleum hydrocarbons, but the accumulation of the NP occurs mainly in the surface layer. Accumulation capacity of the different types of soils decreases in the series: replantozem → urbanozem → kulturozem.

Key words: petroleum products hydrocarbons, soil, urban landscape

ВВЕДЕНИЕ

Проблема загрязнения компонентов окружающей среды углеводородами нефтепродуктов актуальна не только для нефтедобывающих районов России, но и для городов [1, 2, 3].

Загрязнение городских почв НП является неизбежным последствием использования автотранспорта и деятельности предприятий тепло-

энергетики. Продукты неполного сгорания топлива аэрогенным путем воздействуют на компоненты урбоэкосистемы: приземный слой атмосферы – человек, растение – почва. Происходит и точечное загрязнение почвенно-растительного покрова углеводородами бензина, дизельного топлива, моторного масла вследствие технических неисправностей автотранспорта, ведущих к

утечке горюче-смазочных материалов. Загрязнение городской среды нефтепродуктами носит долговременный характер и может выйти за рамки локального воздействия, что первоначально приводит к изменению структурных и функциональных особенностей урбоэкосистем, а в дальнейшем к их неустойчивости [4]. Особенно опасно химическое загрязнение почвенного покрова, в том числе нефтепродуктами, в условиях Крайнего Севера в связи с низкой ассимиляционной способностью экосистемы [5, 6].

Основными источниками НП в селитебном ландшафте г. Архангельска являются автомобильный транспорт, автомобильные заправочные станции, дорожные покрытия, несанкционированные автостоянки, места для мойки и ремонта автотранспорта. За пятилетний период (2009-2013 г.) вклад автотранспорта в суммарные выбросы загрязняющих веществ увеличился с 35,4% в 2009 г. до 64,9% в 2013 г. [7]. Кроме того, ежегодно в г. Архангельске наблюдается рост парка автотранспорта. По данным УГИБДД УМВД России по Архангельской области на 01 января 2014 г. в г. Архангельске зарегистрировано 116166 шт. транспортных средств, что на 16902 шт. (17,0%) больше, чем в предыдущем году и на 38498 шт. (33,1%) больше, чем в 2009 г. [8].

Автотранспорт является источником оксидов углерода (CO_x), азота (NO_x), серы (SO_x), углеводородов, альдегидов, бенз(а)пирена и сажи. Загрязняющие вещества выхлопных газов, в том числе нефтепродукты, имеют тенденцию к ассимиляции в газообразной фазе почв. Так легкие фракции жидких нефтяных углеводородов бензина, дизельного топлива и моторного масла при физико-химическом разрушении, дегазации и ультрафиолетовой деструкции ассимилируются, а тяжелые фракции – аккумулируются в почве [9].

Источником углеводородов НП является асфальт. В результате нагрева, истирания асфальта происходит загрязнение атмосферы и прилегающего к автодорогам почвенно-растительного покрова углеводородами нефтяного происхождения.

В связи с этим, загрязнение почвенного покрова города НП является неизбежным. Попадание нефтепродуктов в почвы вызывает изменение их физических, химических и биологических свойств, нарушая протекание естественных биохимических процессов.

Временная и пространственная динамика аккумуляции и миграции нефтепродуктов (НП)

определяется как их химическим составом, так и физико-химическими особенностями самих почв.

Легкие фракции НП обладают наибольшей проникающей способностью и способностью к испарению; затягиваются капиллярными силами на глубину до 1,0 м. Тяжелые фракции НП проникают не глубже 12 см. При нормальной температуре это твердые аморфные вещества, которые сорбируются из раствора почвенными частицами верхнего слоя. Они склеиваются, застывают и образуют твердую корку, которая не может быть ликвидирована естественным путем.

Процессы аккумуляции и миграции НП связаны также с проницаемостью грунта, его гранулометрическим и вещественным составом, типами почв и городского ландшафта, положением зеркала грунтовых вод, водным режимом почв и абиотическими факторами среды. Чем крупнее частицы почвы, тем легче нефть и НП проходят в ее нижние слои. От структуры почвы зависит и степень аэрации почвы, а, следовательно, интенсивность испарения, окисления нефти и НП. Влажная почва отталкивает гидрофобные нефть и НП, препятствуя их впитыванию [10, 11].

Целью данного исследования является изучение пространственно-временной динамики содержания углеводородов нефтепродуктов в почвах селитебного ландшафта г. Архангельска.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения сезонной динамики в качестве объекта исследования были выбраны различные типы почв (реплантоземы, урбаноземы и культуроземы) селитебного ландшафта г. Архангельска. В связи с тем, что опесчаненность является характерной чертой почв города [12], для исследования были выбраны почвы легкого (песчаные) гранулометрического состава. Пробы почв отбирались весной, летом и осенью 2014 года из слоев 0-10 см и 10-20 см (таблица). Их описание проводили согласно общепринятых методик с учетом рекомендаций по изучению городских почв [13, 14].

На территории селитебного ландшафта г. Архангельска было заложено 15 пробных площадей (ПП). Отбор, хранение и транспортировка проб почв проводились согласно ГОСТ 17.4.3.01-83. Определение массовой доли НП в почвах проводили флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» согласно ПНД Ф 16.1.21 – 98.

В связи с тем, что ПДК нефти и НП в почве не установлена, а ОДК нефти и НП в почве не может быть единым для всех типов почв и при-

родных зон, оценку степени загрязнения почв г. Архангельска НП проводили по шкале разработанной для г. Архангельска [11, 15]:

- < 5 мг/кг – незагрязненные почвы;
- 5 – 100 мг/кг – слабозагрязненные почвы;
- 101 – 500 мг/кг – среднезагрязненные почвы;
- > 500 мг/кг – сильнозагрязненные почвы.

Результаты химического анализа почв селитебного ландшафта г. Архангельска приведены в таблице.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среднее содержание углеводов нефтепродуктов в почвах г. Архангельска в зависимости от времени года колеблется от 466,20 до 1342,2 мг/кг. Максимальное среднее содержание НП в почвах наблюдается в летний, минимальное – в весенний период. Накопление углеводов НП в почвах города в летний период, скорее всего, связано с увеличением транспортной нагрузки и износа асфальта.

Таблица

Содержание НП в различных типах почв селитебной зоны г. Архангельска
Table. The contents of the NP in different types of soils of urban zone of the city of Arkhangelsk

| № п/п | Тип почвы | Глубина отбора, см | Содержание НП, мг/кг | | |
|-------|--------------------------------|--------------------|----------------------|-----------|-----------|
| | | | Весна | Лето | Осень |
| 1 | Реплантозем | 0-10 | 570±200 | 2356±825 | 1656±580 |
| | | 10-20 | 472±165 | 445±156 | 1033±361 |
| 2 | Культурозем реконструированный | 0-10 | 67±30 | 179±81 | 184±64 |
| | | 10-20 | 53±24 | 23±10 | 80±36 |
| 3 | Реплантозем | 0-10 | 640±224 | 1663±582 | 1700±595 |
| | | 10-20 | 555±194 | 1191±417 | 1594±558 |
| 4 | Реплантозам | 0-10 | 670±235 | 318±111 | 2531±886 |
| | | 10-20 | 625±219 | 358±125 | 2100±735 |
| 5 | Реплантозем | 0-10 | 460±161 | 221±99 | 480±168 |
| | | 10-20 | 314±110 | 438±153 | 613±214 |
| 6 | Реплантозем | 0-10 | 670±235 | 3400±1190 | 2156±755 |
| | | 10-20 | 412±144 | 2956±1035 | 2813±984 |
| 7 | Урбанозем реконструированный | 0-10 | 670±235 | 2313±809 | 911±319 |
| | | 10-20 | 499±175 | 940±329 | 888±310 |
| 8 | Реплантозем | 0-10 | 343±120 | 3794±1328 | 265±93 |
| | | 10-20 | 209±94 | 4788±1676 | 623±218 |
| 9 | Реплантозем | 0-10 | 315±110 | 1163±407 | 1663±582 |
| | | 10-20 | 496±174 | 823±288 | 172±604 |
| 10 | Реплантозем | 0-10 | 590±207 | 1944±680 | 785±275 |
| | | 10-20 | 540±189 | 810±284 | 765±268 |
| 11 | Реплантозем | 0-10 | 515±180 | 1088±381 | 906±317 |
| | | 10-20 | 510±179 | 815±285 | 419±147 |
| 12 | Урбанозем реконструированный | 0-10 | 330±116 | 505±177 | 345±121 |
| | | 10-20 | 312±109 | 505±177 | 485±170 |
| 13 | Реплантозем | 0-10 | 560±196 | 3400±1190 | 3113±1089 |
| | | 10-20 | 730±256 | 1175±411 | 1819±637 |
| 14 | Реплантозем | 0-10 | 545±191 | 1016±356 | 936±328 |
| | | 10-20 | 595±208 | 865±303 | 605±212 |
| 15 | Реплантозем | 0-10 | 575±201 | 615±215 | 176±79 |
| | | 10-20 | 145±65 | 164±74 | 102±46 |

В связи с тем, что почвы имеют легкий гранулометрический состав, не способствующий аккумуляции углеводов НП, осенью, с приходом дождей, вследствие вымывания происходит незначительное уменьшение среднего содержания НП в почвах (1115,6 мг/кг). Весной с

талыми водами снега происходит их дальнейшее просачивание в нижние слои, в связи с этим в весенних пробах наблюдается самое низкое содержание НП. Исключение составляют четыре НП (№ 2, 3, 12, 15), где обнаружено отклонение от данной закономерности: от весны к осени в поч-

вах этих ПП происходит постепенное накопление углеводородов НП, и максимальные их концентрации наблюдаются в осенний период. Для объяснения данной закономерности, кроме гранулометрического состава, требуется информация по другим агрохимическим показателям почв.

При этом на долю сильнозагрязненных почв приходится 60% ПП (весной) и 73% (летом, осенью), тогда как 33% ПП (весной) и 27% (летом, осенью) имеют среднюю степень загрязнения нефтепродуктами, и лишь 7% – слабую в весенний период. То есть степень загрязнения почвенного покрова НП от весны к осени увеличивается. Высокая степень загрязнения почв селитебного ландшафта объясняется расположением ПП в непосредственной близости от автодорожных полотен с постоянной транспортной нагрузкой. Выбросы углеводородов НП, утечка НП при неисправностях автотранспорта, попадание твердых частиц, ливневых вод, содержащих углеводороды НП, с асфальта, замасленной пыли с растительности и с ее опадом обеспечивают подобную степень загрязнения почв селитебного ландшафта НП.

Из проанализированных почв только одна может быть отнесена к категории загрязнения «слабозагрязненная» – почва с ПП 2, отобранная в весенний период. Скорее всего, это связано с ее отличным от других ПП местоположением, она находится в парке. Древесная растительность выполняет защитную функцию, препятствуя загрязнению почвенного покрова нефтепродуктами.

Среднее содержание углеводородов НП в разных типах почв селитебного ландшафта Архангельска, а значит и аккумуляционная способность этих почв, уменьшается в ряду: реплантоземы → урбаноземы → культуроземы (рис. 1).

Полученная закономерность согласуется с данными других авторов [11, 16]. Повышенная степень загрязненности НП реплантоземов, в отличие от культуроземов и урбаноземов, объясняется подавленностью микробиологических процессов в деструкции нефтяных углеводородов из-за несформировавшегося агрохимического комплекса. Кроме того, благоприятный водно-воздушный режим культуроземов и урбаноземов способствует развитию микроорганизмов, для которых нефтяные углеводороды являются питательным субстратом, что и уменьшает содержание НП в почве [11].

Для экологической оценки загрязнения почв важно исследование не только аккумуляции

НП, но и миграции их по почвенному профилю. Почвы легкого гранулометрического состава имеют высокую эффективную пористость. Это должно способствовать миграции поллютантов в вертикальном профиле почв. Однако в отношении НП этого не происходит, они накапливаются в верхнем почвенном слое (рис. 2).

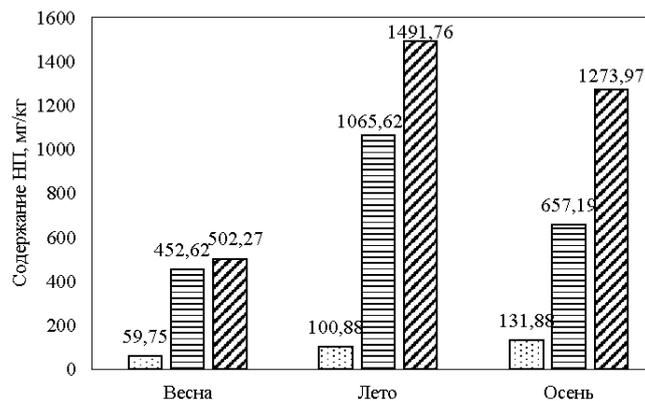


Рис. 1. Зависимость среднего содержания НП в различных типах (□ – культурозем, ▨ – урбанозем, ▩ – реплантозем) почв от времени года

Fig. 1. The dependence of the average NP content in different types of (□ – cultures, ▨ – urbanozem, ▩ – replantozem) soils on the season

Это прежде всего обусловлено их непосредственным поступлением от утечек горючесмазочных материалов, твердых частиц и ливневых вод с асфальта, содержащих углеводороды НП, с замасленной пылью с растительности и с ее опадом; при аэротехногенном поступлении углеводородов НП от выбросов автотранспорта и связывании их с гумусовыми веществами почв [11].

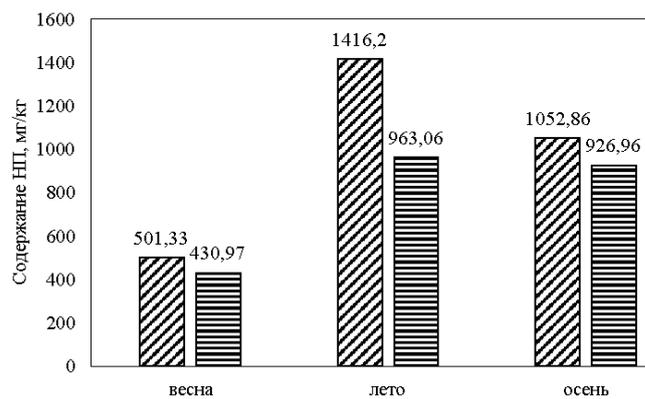


Рис. 2. Изменение среднего содержания НП в толще почвы (▨ – слой 0-10 см, ▩ – слой 10-20 см) г. Архангельска в различные время года

Fig. 2. Change in the average content of NP in the soil thickness (▨ – a layer of 0-10 cm, ▩ – 10-20 cm layer) in Arkhangelsk at different seasons

Однако со временем может происходить миграция углеводородов НП из верхних органических в нижележащие минеральные горизонты и загрязнение более глубоких слоев почвы. На некоторых исследуемых ПП (например, № 9 и 13 весной) концентрация НП в нижележащем слое превысила их концентрацию в поверхностном. В верхних гумусированных слоях аккумулируются высокомолекулярные соединения. Легкие углеводороды проникают в нижележащие слои, где могут находиться в неизменном виде длительное время. В результате миграции в почве может наблюдаться послыйное фракционирование нефти – «хроматографический эффект» [10].

ВЫВОДЫ

Таким образом, почвы селитебной зоны г. Архангельска в целом имеют высокую степень загрязнения НП, которая объясняется, с одной стороны, местом расположения ПП (в непосредственной близости от дорог), где движение автотранспорта обеспечивает постоянное поступление углеводородов НП в примыкающие к ним территории. С другой стороны, все ПП расположены в черте города, где на загрязнение почв могут оказывать влияние дополнительные источники НП:

автозаправки и железнодорожный транспорт, предприятия теплоэнергетики, использующие углеводородное топливо (мазут, уголь).

По отношению к НП аккумулятивная способность различных типов почв уменьшается в ряду: реплантоземы – урбаноземы – культуроземы.

При выявлении особенностей пространственной аккумуляции и миграции углеводородов НП в почвенном покрове селитебного ландшафта г. Архангельска установлена зависимость временной (сезонной) динамики данных процессов в почве от абиотических факторов (рис. 2). Содержание НП минимально в весенний период, максимально в летний (увеличивается транспортная нагрузка и износ дорожного полотна). Со временем происходит просачивание углеводородов НП вниз по почвенному профилю, что приводит к уменьшению содержания НП в почвенном покрове в осенний период по сравнению с летом. Это может быть связано с промывным водным режимом исследуемых почв (для осени характерно увеличение количества осадков) и фракционным составом углеводородов НП. Однако данное предположение требует дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Агбалиян Е.В.** Состояние окружающей среды в Арктике. *Усп. современ. естествозн., экология и здоровье населения*. 2011. №4. С. 74-76.
2. **Галинуров А.М.** Миграция нефтяных углеводородов в профиле прирусловых пойменных почв. *Вестн. башкир. ун-та*. 2011. Т. 16. № 1. С. 47-52.
3. **Губайдуллин М.Г.** Экологический мониторинг нефтегазодобывающих объектов. Архангельск: Изд-во АГТУ. 2006. 184 с.
4. **Денисов В.В.** Экология города. М.: ИКЦ «МарТ», Ростов-на-Дону: Издательский центр «МарТ». 2008. 832 с.
5. **Другов Ю.С., Роди́н А.А.** Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. С.-Пб.: Анатолия. 2000. 250 с.
6. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории деятельности Северного УГМС за 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 гг.»: Сб. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Северное УГМС. Архангельск. 2007, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014.
7. **Михайлова А.А., Попова Л.Ф.** *Экология урбанизированных территорий*. 2011. № 1. С. 47-52.
8. **Михайлова А.А.** Эколого-биологические особенности и подходы к нормированию загрязнения нефтепродуктами городской среды Архангельска. Том 1. Дис. ... к.б.н. Архангельск. 2014. 158 с.
9. **Наквасина Е.Н.** Агрохимические свойства почв: учебн. пособие. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т. 2009. 101 с.

REFERENCES

1. **Agbalyan E.V.** State of the environment in the Arctic. *Usp. sovremen. estestvozn. ekologiya i zdorov'e naseleniya*. 2011. N 4. P. 74-76 (in Russian).
2. **Galinurov A.M.** Migration of petroleum hydrocarbons in the profile of riverine floodplain soils. *Vestn. bashkir. un-ta*. 2011. V. 16. N 1. P. 47-52 (in Russian).
3. **Gubaydullin M.G.** Environmental monitoring of oil and gas facilities: studies. Arhangel'sk: AGTU Publ. 2006. 184 p. (in Russian).
4. **Denisov V.V.** City ecology. M.: IKC «MarT» Publ. 2008. 832 p. (in Russian).
5. **Drugov Yu.S., Rodin A.A.** Environmental analyzes for oil spills and oil products. SPb.: Anatoliya. 2000. 250 p. (in Russian).
6. Yearbook "The state of air pollution in the cities of the North UGMS for 2009, 2010, 2011, 2012, 2013." Arhangel'sk, Severnoe UGMS Publ., 2007, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014. (in Russian).
7. **Mikhailyova A.A., Popova L.F.** *Ekologiya urbanizirovannoy territoriy*. 2011. N 1. P. 47-52 (in Russian).
8. **Mikhailyova A.A.** Ecologo-biological features and approaches to rationing of oil pollution in environment of Arkhangel'sk city. Tom 1. Dissertation for doctor degree on biological sciences. Arhangel'sk. 2014. 158 p. (in Russian).
9. **Nakvasina E.N.** Agrochemical properties of soils. Arhangel'sk: AGTU Publ. 2009. 101 p. (in Russian).
10. **Orlov D.S., Sadovnikova L.K., Lozanovskaya I.N.** Ecology and protection of the biosphere at chemical pollution. M.: Vyssh. shk. 2002. 334 p. (in Russian).

10. **Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н.** Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высш. шк. 2002. 334 с.
11. **Попова Л.Ф.** Комплексная эколого-химическая оценка и нормирование качества почвенно-растительного покрова городских экосистем (на примере Архангельска). Дис. ...д.б.н. Архангельск. 2015. 396 с.
12. **Попова Л.Ф., Михайлова А.А., Труфанова Н.Е.** Экологические проблемы человечества: сборник материалов II Международной научно-практической конференции. М.: Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. 2009. С. 56.
13. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 гг. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://old.dvinaland.ru/ecology/monitoring/> (дата обращения: 15.01.2016);
14. **Строгонова М.Н., Агаркова М.Н.** Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части Москвы). *Почвоведение*. 1992. № 7. С. 16-24.
15. **Строгонова М.Н.** Почва, город и экология. Тезисы докладов II общества почвоведов. Книга 1. С-Пб.: ВНИИЦлесресурсы. 1996. С. 46-47.
16. **Nikitina M., Popova L., Korobitcina J., Efremova O., Trofimova A., Nakvasina E., Volkov A.** Environmental Status of the Arctic Soils. *J. Elementology*. 2015. N 20(3). P. 643-651. / URL: <http://jsite.uwm.edu.pl/articles/view/743/> (дата обращения 05.03.2016).
11. **Popova L.F.** Integrated ecological and chemical assessment and valuation of the quality of soil and vegetation cover of urban ecosystems (on the example of Arkhangelsk). Dissertation for doctor degree on biological sciences. Arhangel'sk. 2015. 396 p. (In Russian).
12. **Popova L.F., Mikhailylova A.A., Trufanova N.E.** Ecological problems of humanity. Proceedings of II Int. Sci. Pract. Conference. M.: Ros. gos. agrar. zaoch. Un-t. 2009. P. 56 (in Russian).
13. State of the environment of the Arkhangelsk region in 2009, 2010, 2011, 2012, 2013. Available at: <http://old.dvinaland.ru/ecology/monitoring/> (accessed 15 January 2016).
14. **Strogonova M.N., Agarkova M.N.** Urban soil: the experience of the study and taxonomy (for example, soil southwestern part of Moscow). *Pochvovedenie*. 1992. N 7. P. 16-24 (in Russian).
15. **Strogonova M.N.** The soil, the city and the environment. Presentations of II society of soil scientists. Book 1. SPb.: VNIIC lesresursy. 1996. P. 46-47 (in Russian).
16. **Nikitina M., Popova L., Korobitcina J., Efremova O., Trofimova A., Nakvasina E., Volkov A.** Environmental Status of the Arctic Soils. *J. Elementology*. 2015. N 20(3). P. 643-651 / URL: <http://jsite.uwm.edu.pl/articles/view/743/> (data of address- 05.03.2016).

*Поступила в редакцию 15.04.2016
Принята к опубликованию 25.05.2016*

*Received 15.04.2016
Accepted 25.05.2016*