

УДК 550.47 + 504.064.2

ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ ГОРОДА АРХАНГЕЛЬСКА ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Попова Л.Ф., Васильева А.И., Ефремова О.П.

ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: natsciences@narfu.ru

Проведен сравнительный анализ содержания основных элементов питания растений (азота, фосфора и калия) в различных типах почв основных функциональных зон города Архангельска, подверженных значительному антропогенному воздействию. Дана оценка степени обеспеченности почвенного покрова города этими химическими элементами. Установлено, что городские почвы характеризуются средними значениями содержания биофильных элементов. Но в отличие от условно чистой дерновой почвы пригорода Архангельска, где преобладающим элементом питания растений является азот, во всех типах почв (культуроземах, урбаноземах и реплантоземах) селитебной зоны и торфяных почвах городских лесов лидером по накоплению элементов питания выступает фосфор, при содержании калия нередко ниже, чем в природных почвах. В урбаноземах и реплантоземах промышленной зоны города и дерновых почвах городских лугов преобладающий элемент питания растений – калий, иногда при низком содержании фосфора и минеральных форм азота.

Ключевые слова: биофильные элементы, функциональные зоны города, основные типы городских почв, обеспеченность почв элементами питания растений

ECOLOGICAL-ANALYTICAL ASSESSMENT OF THE SUFFICIENCY OF THE SOILS OF THE CITY OF ARKHANGELSK ELEMENTS OF POWER PLANTS

Popova L.F., Vasilieva A.I., Efremova O.P.

Northern (Arctic) Federal University Named After M. Lomonosov,
Arkhangelsk, e-mail: natsciences@narfu.ru

A comparative analysis of the content of the major plant nutrients (nitrogen, phosphorus and kalium) in various types of soil core functional areas of the city of Arkhangelsk subject to significant human impacts. The estimation of the degree of soil cover provision of these chemical elements. It is established that urban soils are characterized by average values biophylic content elements. But unlike the relatively pure turf soil suburb of Archangel, where the predominant element in plant nutrition is the nitrogen in all soil types (kulturozems, urban soils and replantozems) residential areas and peat soils of the urban forest leader for the retention of nutrients acts as phosphorus, kalium content in the often less than in natural soils. In urban soils, and replantozems industrial zone of the city and the urban meadow sod soils the predominant element of the power plant – kalium, sometimes with a low content of phosphorus and mineral forms of nitrogen.

Keywords: biophil elements, functional zones of the city, the main types of urban soils, availability of soil elements of power plants

Биофильными элементами (БЭ) считаются химические элементы, поглощаемые организмами из геохимической среды (почвы, воды) и используемые в процессах жизнедеятельности. К ним относятся: макроэлементы – N, C, O, H, Ca, Mg, Na, K, P, S, Cl, Si, Fe и микроэлементы – Cu, Co, Mn, Zn, V, Ni, Mo, Sr, B, Se, F, Br, I. Многие элементы-биофилы практически не исследовались для решения задач мониторинга, предпочтение отдавалось изучению тяжелых металлов и органических супертоксикантов. В то время как они функционально важны для растительных организмов в биогеоценологических процессах на основных этапах жизненного цикла (Природный комплекс..., 2000; Уфимцева, Терехина, 2005). Среди БЭ в особую группу можно выделить основные элементы питания растений (ЭП), к ним относятся азот, фосфор и калий.

БЭ в почвенном покрове определяют уровень устойчивости и самовосстановле-

ния экосистем, поэтому их содержание наряду с поллютантами позволяет выявить уровень антропогенно-техногенного воздействия на урбозэкосистемы. Содержание ЭП в почвах урбозэкосистем, подверженных значительному антропогенному воздействию, изучено недостаточно и оценивается неоднозначно. Одни авторы указывают на снижение в загрязненных почвах содержания ЭП (Цветков, Цветков, 2003), в частности, нитратного и аммонийного азота (Проценко, Чуян, 1999). Другие отмечают повышенное содержание ЭП относительно фона, особенно подвижного фосфора и обменного калия (Природный комплекс..., 2000; Гордеева, 2006). Высокая обогащенность насыпных слоев и сильно нарушенных городских почв ЭП по сравнению с природными почвами пригорода может быть связана с антропогенным их поступлением в городские почвы вместе с золой, мусором и строительными обломками.

Цель исследования – дать комплексную эколого-аналитическую оценку обеспеченности почвенного покрова города Архангельска элементами питания растений.

Материалы и методы исследования

На базе лаборатории биогеохимических исследований института естественных наук и биомедицины САФУ в образцах почв нами было определено содержание подвижных форм элементов питания растений: неорганического азота в пересчёте на $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, калия в пересчёте на K_2O и фосфора в пересчёте на P_2O_5 в различных типах почв основных функциональных зон города Архангельска (рис. 1).

Отбор, хранение и транспортировка проб почв, отобранных для анализа на биофильные эле-

менты, осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84. Определение подвижных форм фосфора (P_2O_5) проводили методом Кирсанова в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26207–91, аммонийного азота (NH_4^+) – по ГОСТ 26489–85, нитратного азота (NO_3^-) по ГОСТ 26951–86, калия (K_2O) по общепринятой методике (Пискунов, 2004). Оценка степени обеспеченности почв БЭ проводили с помощью коэффициента концентрации, который учитывает региональные особенности почв. В качестве фоновых использовались данные по содержанию БЭ в пробах, отобранных на относительно незагрязнённой территории, расположенной в 30 км от Архангельска, и региональный фон (Скляров, Шарова, 1970). Картографическое зонирование территорий выполнено с применением ГИС MapInfo Professional 11.0.

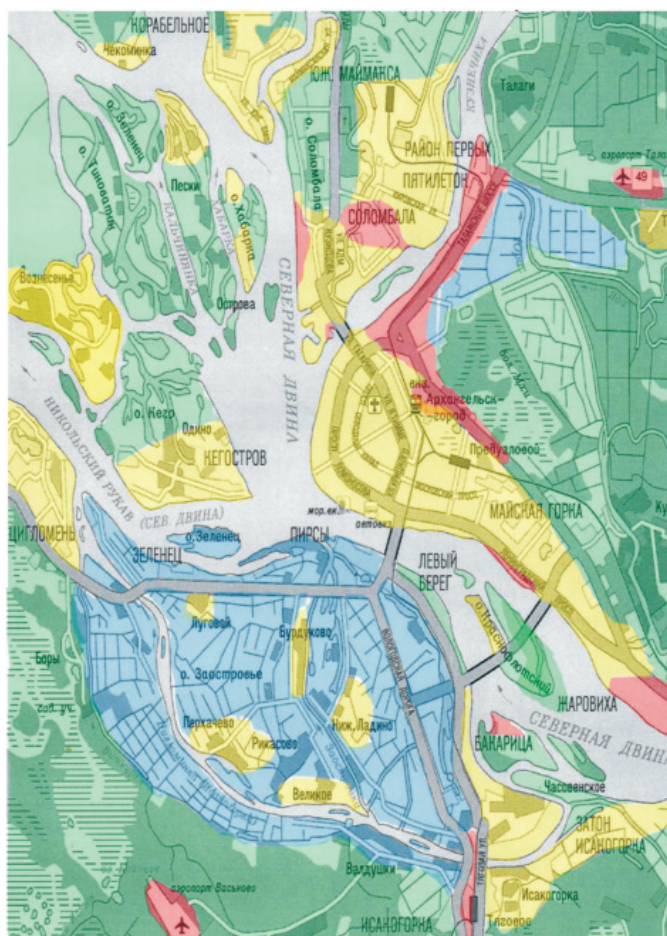


Рис. 1. Расположение основных функциональных зон г. Архангельска: техногенно-антропогенные зоны: ■ – промышленная; ■ – селитебная; природно-антропогенные зоны: ■ – городские леса; ■ – городские луга

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ экспериментальных данных позволил оценить степень обеспеченности городских почв Архангельска основными элементами питания растений.

Согласно общепринятой градации (Пискунов, 2004) проанализированные поч-

вы характеризуются средними значениями содержания биофильных элементов (рис. 2).

Среднее содержание неорганического азота в почвах пригорода составило 111,1 мг/кг, а в городских почвах оно колеблется от 1,8 до 220,2 мг/кг при оптимальном содержании 7,0–15,0 мг-N/кг (Пискунов, 2004). Наиболее обеспеченны-

ми данным элементом питания являются торфяные почвы городских лесов и культуроземы селитебной зоны города. Низкое

содержание минеральных форм азота обнаружено в урбаноземах и реплантоземах промышленной зоны Архангельска.

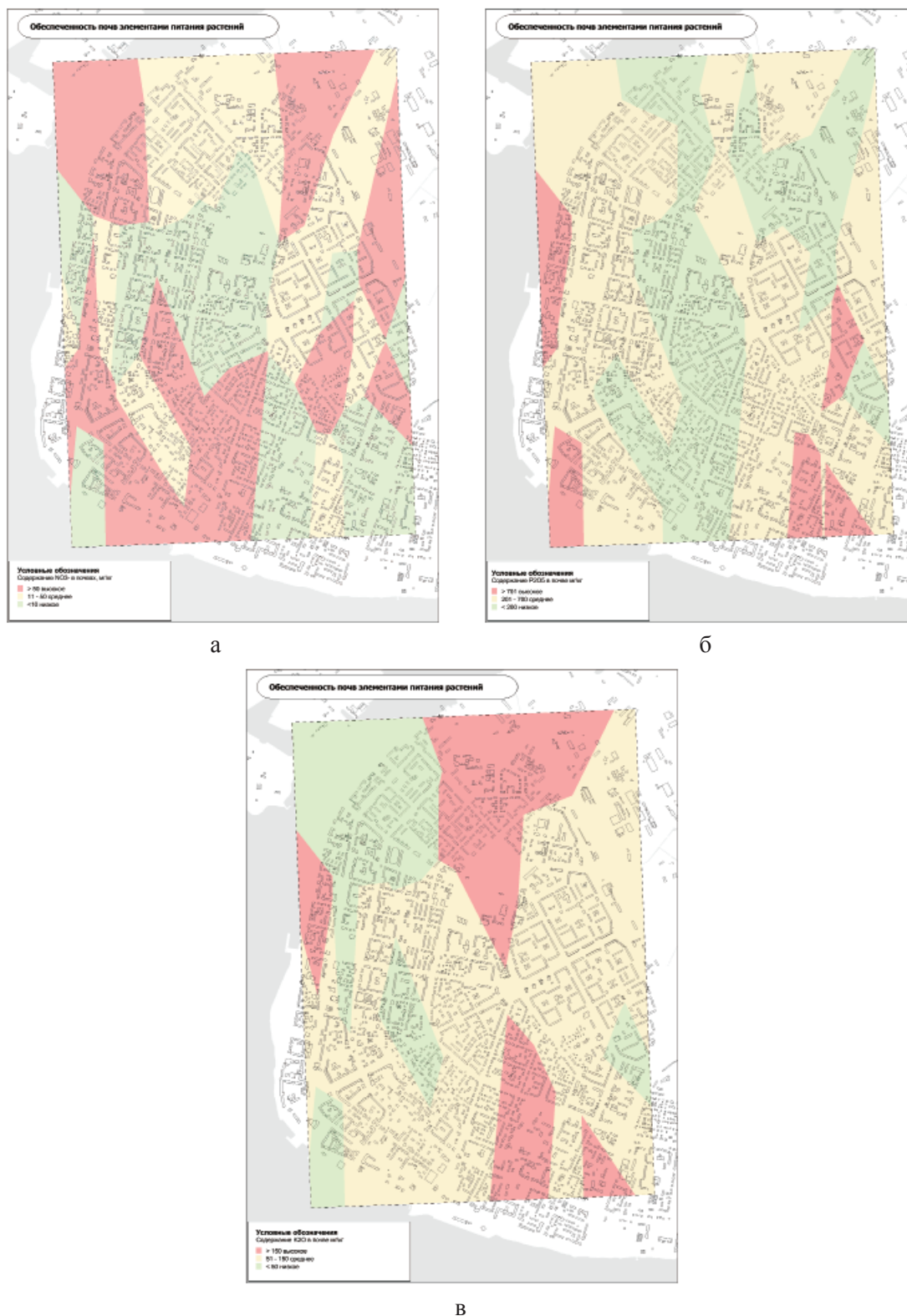


Рис. 2. Электронные тематические карты обеспеченности почв селитебной зоны Архангельска биофильными элементами: нитратным азотом (а), фосфором (б), калием (в): категория содержания ЭП: ○ – низкая; ○ – средняя; ○ – высокая

Содержание *нитрат-ионов* в городских почвах колеблется в широких пределах: от 0,2 до 225,0 мг/кг при 91,4 мг/кг в природной почве. 24% ПП селитебной зоны города характеризуются средним и повышенным содержанием нитратов в почвах, 40% – высоким и очень высоким (рис. 2 а). На 3% ПП концентрация нитрат-ионов превышает ПДК (130 мг/кг). Это культуроземы и торфянные реплантоземы селитебной зоны, торфяные почвы городских лесов. Высокое содержание нитратов в этих почвах обусловлено значительным количеством органического вещества в них (до 18,5%). Обеспеченность почв городских лугов (63,6 мг/кг) этим элементом достаточная и только на 8% ПП почвы испытывают недостаток нитратного азота.

Накопление нитратов в почве говорит о ее хорошем «санитарном» состоянии, так как рН почвенного раствора и его состав, степень аэрации, влажность и температура городских почв способствуют процессу нитрификации. Однако обеспеченность 25% почв техногенно-антропогенных зон города этими ионами низкая, данные почвы испытывают существенный недостаток (< 10 мг/кг) нитратного азота. Это можно объяснить его выносом с растительностью, так как в городах не происходит возврата химических элементов в связи с удалением листового опада.

Среднее содержание *ионов аммония* в природной почве составляет 116,5 мг/кг, в исследованных городских почвах колеблется от 2,2 до 221,8 мг/кг, при оптимальном его содержании 10–20 мг/кг. Наиболее высокие концентрации аммонийного азота характерны для культуроземов и торфяных почв. Обогащенность данных почв ионами аммония может быть обусловлена тем, что он входит в состав ППК и переходит в раствор в результате обменных реакций (Переверзев, 2006). Обеспеченность 9,0% почв (урбаноземы промышленной зоны) города этими ионами низкая, данные почвы испытывают существенный недостаток аммонийного азота (< 10 мг/кг).

Содержание в городских почвах *фосфат-ионов* варьирует в широких пределах: от 6,0 до 5870,0 мг/кг, при фоновых значениях 67,7–213,0 мг P_2O_5 /кг. Изменение содержания *подвижных форм фосфора* (в пересчете на P_2O_5) в городских почвах Архангельска просматривается нагляднее всего. На подавляющем большинстве исследованных участков селитебной зоны, будь то придорожная полоса, парк или газон, в почвах наблюдается достаточно высокое содержание подвижных форм фосфора (рис. 2 б).

Особенно оно велико в культуроземах и урбаноземах. Содержание подвижных

фосфатов в этих почвах выше, чем в природной дерновой почве в 1,1–18,0 раз. В 54% реплантоземов и 18% урбаноземов содержание P_2O_5 ниже, чем в природной почве, что связано с их опесчаниванием и вымыванием водорастворимых фосфатов в нижние горизонты (Наквасина, Попова, Корельская и др., 2006).

Большая обеспеченность почв подвижными формами фосфора отмечена по периферии селитебной зоны – это центральный район и часть Привокзального района, где часто встречаются глинистые почвы и торфяные реплантоземы. Все культуроземы, 50% урбаноземов и 38% реплантоземов характеризуются повышенным содержанием фосфатов, а 36% урбаноземов и 8% реплантоземов селитебной зоны города – очень высоким содержанием P_2O_5 (> 700 мг/кг). В то время как 43% урбаноземов и все реплантоземы промышленной зоны города содержат менее < 200 мг/кг подвижного фосфора. Недостаток фосфат-ионов отмечается и в дерновых почвах городских лугов, что можно объяснить их активным удалением растительностью, убираемой в период сенокосов. В торфяных почвах городских лесов, наоборот, отмечается избыточное содержание фосфат-ионов, так как фосфор входит в состав растительных клеток слабо разложившегося опада и торфа, однако в такой форме фосфор является недоступным для растений.

Содержание *подвижного калия* (в пересчете на K_2O) в городских почвах колеблется от 4,1 до 929,4 мг/кг при среднем содержании в почвах фоновых территорий 70,6–83,3 мг/кг. Самое высокое содержание этого ЭП обнаружено в реплантоземах и урбаноземах промышленной зоны и дерновых почвах городских лугов. На 90% ПП промышленной зоны отмечается высокое (150–300 мг/кг), а на 10% ПП очень высокое (> 300 мг/кг) содержание подвижного калия. Это может быть обусловлено его антропогенным поступлением с золой и другими продуктами сгорания, выбрасываемыми ТЭЦ и местными котельными, а также миграцией соединений калия, входящих в состав строительного и бытового мусора. Избыточное содержание калия в луговых почвах может быть связано с их особенностями, так как пойменные заливные почвы лугов подпитываются водами Северной Двины, содержащими до 3,1 мг·К⁺/л (Богданчикова, 1999).

На 63% ПП селитебной зоны города содержание подвижного калия в почвах характеризуется как среднее и повышенное, а на 9,0% ПП – как высокое и очень высокое, это культуроземы и урбаноземы. Обо-

гащенность насыпных слоев и сильно нарушенных городских почв калием, так же как и фосфором, по сравнению с природными почвами пригорода может быть связана с наличием в городских почвах мусора и строительных обломков. Наиболее обеспечены обменным калием глинистые почвы и торфяные реплантоземы, расположенные на берегу Северной Двины и вдоль полотна железнодорожной ветки (рис. 2 в). На 19% ПП селитебной зоны, представленных в основном реплантоземами, и 60% ПП городских лесов содержание подвижного калия оказалось ниже, чем в природных почвах.

Таким образом, убывающий ряд накопления ЭП в почве фоновой территории выглядит следующим образом: $N > P > K$. В отличие от условно чистой дерновой почвы пригорода Архангельска, где преобладающим ЭП является азот, во всех типах почв селитебной зоны и торфяных почвах городских лесов лидером по накоплению ЭП выступает фосфор, их ряды однозначные и выглядят так: $P > N > K$. Во всех типах почв промышленной зоны и дерновых почвах городских лугов преобладающий ЭП – калий и ряды выглядят соответственно: $K > P > N$ и $K > N > P$. Однако содержание подвижного калия в торфяных почвах городских лесов и реплантоземах селитебной зоны оказалось ниже, чем в природных почвах. А низкое содержание фосфора и минеральных форм азота характерно для луговых почв, урбаноземов и реплантоземов промышленной зоны.

Список литературы

1. Богданчикова О.В., Боголицын К.Г., Фокина В.А. Изменение содержания минеральных веществ в воде р. Северная Двина // Лесной журнал. – 1999. – № 4. – С. 103–109.
2. Гордеева О.Н. Макроэлементы в почвах и растениях техногенных и фоновых ландшафтов южного Приангарья // Проблемы устойчивого функционирования водных и наземных экосистем: мат. междуна. науч. конф. (9–12 октября, 2006 г., Ростов–на–Дону). – Ростов н/Д.: 2006. – С. 88–90.
3. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. Введен в действие 01.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.
4. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207-91. Введен в действие 01.07.1993. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 7 с.
5. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО: ГОСТ 26489-85. Введен в действие 01.07.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.
6. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом: ГОСТ 26951-86. Введен в действие 01.07.1987. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.
7. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: МУ 2.1.7.730-99; МУ 2.1.7.730-99. Введен в действие 05.04.1999. – URL: <http://www.dioxin.ru/doc/mu2.1.5.7.730-99.htm> (дата обращения: 06.07.2012).
8. Биогеохимическая индикация экологического состояния почвенно-растительного покрова центральной части г. Архангельска / Е.Н. Наквасина, Л.Ф. Попова, Т.А. Карельская, Ю.М. Никонова. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2009. – 243 с.
9. Переверзев В.Н. Современные почвенные процессы в биогеоценозах Кольского полуострова. – М.: Наука, 2006. – 153 с.

10. Пискунов А.С. Методы агрохимических исследований. – М.: КолосС, 2004. – 312 с.

11. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ / Э.Г. Коломыйц, Г.С. Розенберг, О.В. Глебова и др. – М.: Наука; МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. – 286 с.

12. Проценко Е.П., Чуян Г.А. Влияние природных и антропогенных факторов на динамику элементов питания в агроландшафтах ЦЧЗ. // Экология и почва. Избранные лекции VIII–IX Всероссийских школ – М.: ПОЛТЕКС, 1999. – С. 197–205.

13. Скляр Г.А., Шарова А.С. Почвы лесов Европейского Севера. – М.: Наука, 1970. – 272 с.

14. Уфимцева М.Д., Терехина Н.В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга. – СПб.: Наука, 2005. – 339 с.

15. Цветков В.Ф., Цветков И.В. Лес в условиях аэротехногенного загрязнения. – Архангельск, 2003. – 354 с.

References

1. Bogdanchikova O.V., Bogolicyn K.G., Fokina V.A. *Изменение содержания минеральных веществ в воде р. Северная Двина* // *Lesnoj zhurnal*. 1999. no. 4. pp. 103–109.
2. Gordeeva O.N. *Макроэлементы в почвах и растениях техногенных и фоновых ландшафтов южного Приангарья*. // *Problemy ustojchivogo funkcionirovanija vodnyh i nazemnyh jekosistem: mat.mezhdun. nauch.konf. (9–12 oktjabrja, 2006 g., Rostov-na-Donu)*. Rostov-na-Donu: 2006. pp. 88–90.
3. GOST 17.4.4.02-84 *Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlja himicheskogo, bakteriolozicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza*. Vvedjon v dejstvie 01.01.1986. M.: Izd-vo standartov, 1985. 8 p.
4. GOST 26207-91 *Pochvy. Opredelenie podvizhnyh soedinenij fosfora i kalija po metodu Kirsanova v modifikacii CINAO*. Vvedjon v dejstvie 01.07.1993. M.: Izd-vo standartov, 1992. 7 p.
5. GOST 26489-85. *Pochvy. Opredelenie obmennogo ammonija po metodu CINAO*. Vvedjon v dejstvie 01.07.1986. M.: Izd-vo standartov, 1985. 5 p.
6. GOST 26951-86. *Pochvy. Opredelenie nitratov ionometricheskim metodom*. Vvedjon v dejstvie 01.07.1987. M.: Izd-vo standartov, 1986. 7 p.
7. МУ 2.1.7.730-99; МУ 2.1.7.730-99. *Gigienicheskaja ocenka kachestva pochvy naselennyh mest*. Vvedjon v dejstvie 05.04.1999. URL: <http://www.dioxin.ru/doc/mu2.1.5.7.730-99.htm> (data obravnenija: 06.07.2012).
8. Nakvasina E.N., Popova L.F., Karel'skaja T.A., Nikonova Ju.M. *Biogeohimicheskaja indikacija jekologicheskogo sostojanija pochvenno-rastitel'nogo pokrova central'noj chasti g. Arhangel'ska*. Arhangel'sk: Izd-vo AGTU, 2009. 243 p.
9. Pereverzev V.N. *Sovremennye pochvennye processy v biogeocenozah Kol'skogo poluostrova*. M.: Nauka, 2006. 153 p.
10. Piskunov A.S. *Metody agrohimicheskikh issledovanij*. M.: KolosS, 2004. 312 p.
11. *Prirodnyj kompleks bol'shogo goroda: Landshaftno-jekologicheskij analiz / Je.G. Kolomyc, G.S. Rozenberg, O.V. Glebova i dr.* M.: Nauka; MAIK «Nauka/Interperiodika», 2000. 286 p.
12. Procenko E.P., Chujan G.A. *Vlijanie prirodnyh i antropogennyh faktorov na dinamiku jelementov pitanija v agrolandshaftah CChZ*. // *Jekologija i pochvy. Izbrannye lekicii VIII–IX Vserossijskikh shkol* M.: POLTEKS, 1999. pp. 197–205.
13. G.A. Skljarov, A.S. Sharova. *Pochvy lesov Evropejskogo Severa*. M.: Nauka, 1970. 272 p.
14. Ufimceva M.D., Terehina N.V. *Fitoindikacija jekologicheskogo sostojanija urbogeosistem Sankt-Peterburga*. – SPb.: Nauka, 2005. – 339 p.
15. Cvetkov V.F., Cvetkov I.V. *Les v uslovijah ajerotehnogennogo zagriznzenija*. Arhangel'sk, 2003. 354 p.

Рецензенты:

Наквасина Е.Н., д.с.-х.н., профессор кафедры лесоводства и почвоведения Лесотехнического института Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова Минобрнауки РФ, г. Архангельск;

Беляев В.В., д.с.-х.н., профессор, ведущий научный сотрудник Института экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск.

Работа поступила в редакцию 01.11.2012.