

УДК 550.423 + 504.064.2

ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

**Попова Л.Ф., Васюк К.С., Васильева А.И., Репницына О.Н.,
Бечина И.Н., Усачева Т.В.**

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

Проведен сравнительный анализ валового содержания тяжелых металлов I-III классов опасности в почвах городов Архангельской промышленной агломерации, выявлен перечень этих металлов как основных загрязнителей городов агломерации, установлены возможные причины их закрепления в почвах. Дана оценка степени загрязнения почв различных функциональных зон Архангельска, Новодвинска и Северодвинска этими загрязнителями. Установлено, что для почв городов Архангельской промышленной агломерации характерно полиметаллическое загрязнение почв. Основными загрязнителями Новодвинска являются Zn и Ni; Северодвинска – Pb, Ni, Zn, Cu и Cd; Архангельска – Pb, Zn, Hg, Cu и Mn. Степень загрязнения почв городов Архангельской промышленной агломерации ТМ обусловлена как сроком техногенной эксплуатации территории, так и гранулометрическим составом их. Используя суммарный показатель техногенного загрязнения, проведено экологическое зонирование территории городов по категории загрязнения почв тяжелыми металлами и установлено, что почвы Новодвинска и Северодвинска имеют допустимую степень загрязнения ТМ (по валовому содержанию), а почвы Архангельска – умеренно опасную.

Ключевые слова: тяжелые металлы, валовое содержание, суммарный показатель загрязнения, функциональные зоны, почва, Архангельская промышленная агломерация

ECOLOGICAL-ANALYTICAL ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTAMINATION OF SOIL COVER OF THE CITIES OF ARKHANGELSK INDUSTRIAL AGGLOMERATION

Popova L.F., Vasyuk K.S., Vasilieva A.I., Repnicina O.N., Bechina I.N., Usacheva T.V.
*Northern (Arctic) Federal University Named After M. Lomonosov, Institute of Natural Science
and Biomedicine, Arkhangelsk, e-mail: natsciences@narfu.ru*

The comparative analysis of the gross content of heavy metals (I-III classes of danger in the soils of the cities of Arkhangelsk industrial agglomeration, identified a list of these metals as a major pollutants cities agglomeration, installed the possible reasons for their retention in soils. Estimation of the degree of soil contamination of various functional zones of Arkhangelsk, Novodvinsk and Severodvinsk these pollutants. It is established that, for soils of the cities of Arkhangelsk industrial agglomeration characterized complex ore soil pollution. The main pollutants Novodvinsk are Zn and Ni; Severodvinsk – Pb, Ni, Zn, Cu and Cd; Arkhangelsk – Pb, Zn, Hg, Cu and Mn. The degree of soil pollution cities of Arkhangelsk industrial agglomeration ТМ is due to both a period of technological exploitation of the territory, so and granulometric composition of them. Using the sum of man-caused pollution, carried out environmental zoning of the territory of the cities in the category of pollution of soils with heavy metals and revealed that soil Novodvinsk and Severodvinsk have the permissible degree of pollution ТМ (according to the gross content), and soil Arkhangelsk – moderately dangerous.

Keywords: heavy metals, gross content, a summary indicator of pollution, functional zones, soil, Arkhangelsk industrial agglomeration

Резкое увеличение техногенного давления на природу привело к нарушению экологического равновесия и вызвало деградацию не только среды обитания, но и здоровья людей и животных. Биосфера постепенно утратила свое господствующее значение и в населенных регионах стала превращаться в техносферу. Техногенная нагрузка особенно велика в городах, где высокая плотность населения сочетается с большим количеством промышленных и коммунально-бытовых предприятий, постоянно увеличивающимся автотранспортным парком, газопылевые выбросы которых создают мощные техногенные потоки токсичных веществ на поверхности почв и растений, вызывая их загрязнение.

Тяжелые металлы (ТМ) относятся к числу приоритетных загрязняющих веществ. Находясь преимущественно в рассеянном состоянии, ТМ могут образовывать локальные аккумуляции, где их концентрация в сотни и тысячи раз превышает среднепланетарные уровни. В качестве мощного аккумулятора ТМ и исходного звена в миграции загрязнителей по наземным трофическим цепям выступает почва. Она в отличие от других природных сред обладает трансформирующими свойствами по отношению ко многим загрязнителям. ТМ хорошо сорбируются почвой, их соединения длительное время сохраняют высокую подвижность и токсичные свойства. Являясь накопителями техногенных веществ, почвы могут

стать вторичным источником загрязнения воздуха, растений, природных вод и вызвать нарастание экологически опасных последствий.

Химическое загрязнение окружающей среды, в том числе и ТМ, особенно возрастающее в крупных промышленных центрах, имеет особую опасность для уязвимой природы Европейского Севера России.

Города Архангельской промышленной агломерации (Архангельск, Северодвинск, Новодвинск), расположены в устье Северной Двины. Архангельск – крупный научный и промышленный город Европейского Севера России и административный центр Архангельской области – был основан в 1584 году. Главной отраслью промышленности Архангельска является лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, развиты также теплоэнергетика, машиностроительная и добывающая промышленность. Город Северодвинск, основанный в 1938 году, является центром атомного судостроения России. Новодвинск получил статус города в 1977 году, его градообразующим предприятием является Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат.

Цель исследования – дать комплексную эколого-аналитическую оценку загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова городов Архангельской промышленной агломерации.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования были выбраны почвы, взятые с 136 пробных площадей (ПП), заложенных в техногенно-антропогенных и природно-антропогенных зонах городов Архангельской промышленной агломерации. Отбор, хранение и транспортировка проб почв, взятых для анализа на ТМ, осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84 [1].

На базе лаборатории биогеохимических исследований института естественных наук и биомедицины САФУ в образцах почв методами РФА согласно ПНД Ф 16.1.42–04 [7] и ААС согласно М-МВИ 80–2008 [2] было определено валовое содержание Pb, As, Cd, Hg, Zn, Cu, Ni, Co и Mn. Анализы выполнены с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, ГК от 29.04.2011 г. № 16.552.11.7023.

Для оценки степени загрязнения почвенного покрова городов ТМ использовали расчетные показатели (K_c , Z_c) и шкалы экологического нормирования, предложенные М.В. Никитиной, Л.Ф. Поповой, Т.А. Корельской [6] и С.А. Герасимовой, А.С. Курбатовой, А.Д. Мягковой, др. [5]. Коэффициент концентрации K_c – показатель, служащий для характеристики и выявления локальных техногенных аномалий, связанных с газопылевыми выбросами промышлен-

ных предприятий, их накоплением на урбанизированных территориях:

$$K_c = C/C_0$$

где C – фактическая концентрация определяемого компонента в почве, C_0 – фоновое содержание. В качестве фона была взята условно-чистая природная дерновая маломощная легкосуглинистая почва, сформированная на суходольном лугу в 35 км от г. Архангельска. Суммарный показатель загрязнения Z_c – коэффициент, нормативно закрепленный в МУ 2.1.7.730–99 [3] и широко используемый в качестве интегрального показателя, который отражает общий вклад ТМ в загрязнение почв:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1),$$

где K_c – коэффициент концентрации вещества; n – число анализируемых элементов-загрязнителей.

Картографическое зонирование территорий выполнено с применением ГИС MapInfo Professional 11.0.

Результаты исследования и их обсуждение

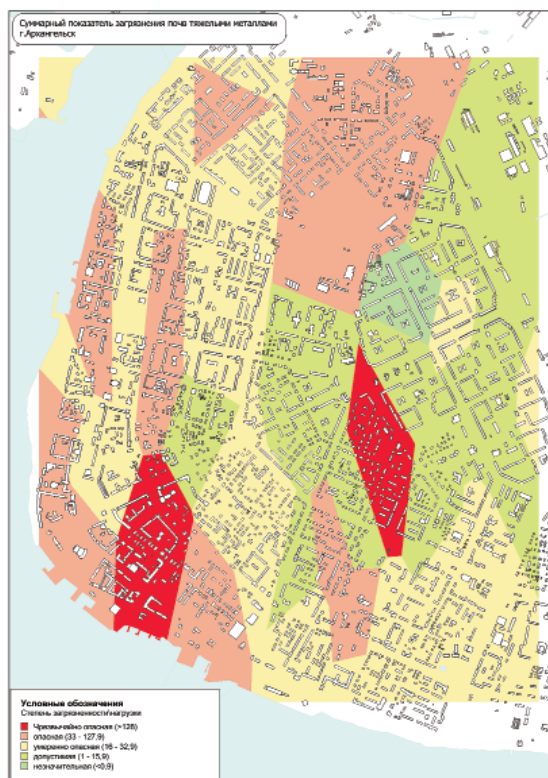
Анализ экспериментальных данных позволил оценить степень загрязнения городских почв Архангельской промышленной агломерации ТМ различного класса опасности (рисунок).

Установлено, что почвы всех городов агломерации можно считать незагрязненными мышьяком, кобальтом и ванадием.

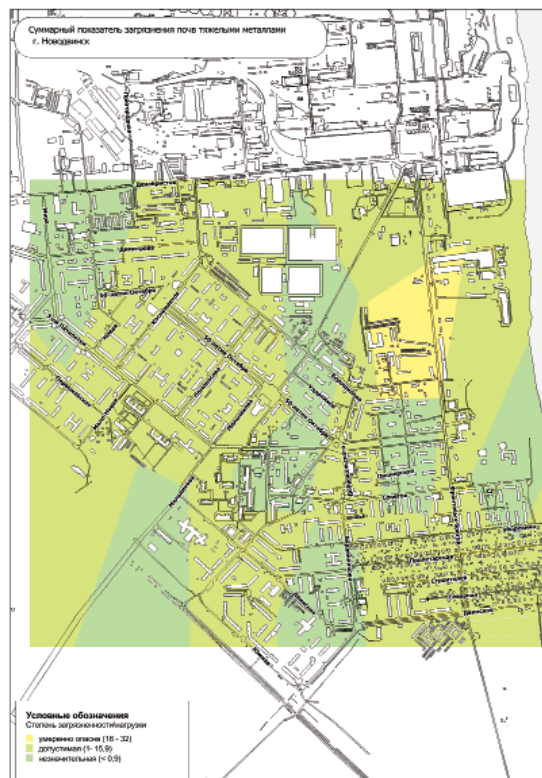
Все почвы Новодвинска чистые в отношении свинца, ртути, кадмия, меди и марганца, но 7% ПП слабо загрязнены цинком, 33% ПП – никелем. Это обусловлено легким (супеси) гранулометрическим составом почв г. Новодвинска, нормативные показатели для которых в связи с низкой погложительной способностью ниже, чем для почв тяжелого гранулометрического состава.

Почвы Северодвинска можно считать чистыми только в отношении ртути и марганца. На 25% ПП промышленной и селитерной зон города почвы слабо загрязнены цинком, на 8% ПП – кадмием. 8% почв промышленной зоны слабо загрязнены медью, 28% почв селитерной зоны слабо загрязнены никелем и 6% – свинцом. 3% ПП промышленной зоны Северодвинска имеют средний уровень загрязнения почв свинцом. Это обусловлено тем, что при довольно высоком уровне техногенной нагрузки (ВПК, ТЭЦ, работающая на угле, ежегодно увеличивающийся автотранспортный парк), почвы Северодвинска имеют легкий гранулометрический состав (пески и супеси).

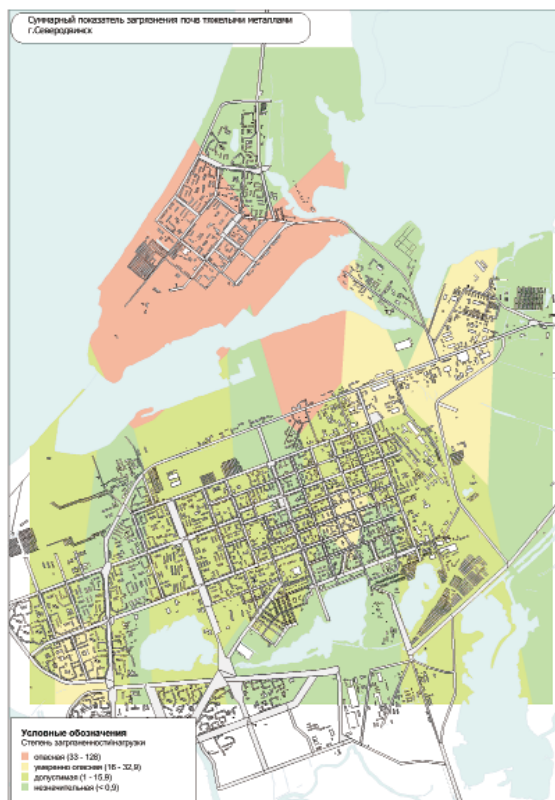
В Архангельске наиболее загрязнены ТМ почвы селитерной зоны города [4]. 2% этих почв имеют слабую степень загрязнения медью и среднюю – ртутью. На 2% ПП имеются почвы со слабой и сильной степе-



а



б



в

Экологическое зонирование территории городов Архангельской промышленной агломерации (а – Архангельск; б – Новодивинск; в – Северодивинск) по категории загрязнения почв тяжелыми металлами согласно суммарному показателю техногенного загрязнения Z_c .

нью загрязнения цинком, сильной и очень сильной степенью загрязнения свинцом. Почвы 9% ПП селитебной зоны имеют средний уровень загрязнения свинцом, а 20% ПП зоны городских лугов – высокий уровень загрязнения марганцем. Высокий уровень загрязнения почв селитебной зоны ТМ может быть обусловлен как возрастом застройки и эксплуатации территории (более 400 лет) и тяжелым гранулометрическим составом почв и почвообразующих пород (останцовая морена), так и специфической антропогенного воздействия, которое заключается в интенсивном использовании автотранспорта, особенно в последние годы. Относительная незагрязненность почв промышленной зоны, несмотря на большую техногенную нагрузку, объясняется коротким сроком использования этих земель (около 30 лет) и особенностями гранулометрического состава почв. Их высокая опесчаненность и переслоенность приводит к вымыванию ионов металлов и не способствует их кумуляции.

По суммарному показателю загрязнения Z_c построены карты экологического зонирования территории городов Архангельской промышленной агломерации (см. рисунок). Для г. Архангельска составлена карта экологического зонирования территории селитебной зоны города.

Согласно среднему значению Z_c почвы городов Архангельской промышленной агломерации по степени загрязнения их ТМ можно расположить в следующий убывающий ряд: Архангельск_{19,2} → Северодвинск_{9,0} → Новодвинск_{3,6}. Почвы Новодвинска и Северодвинска имеют допустимую степень загрязнения ТМ (по валовому содержанию), а почвы Архангельска – умеренно опасную. Однако на территории каждого города встречаются довольно загрязненные ТМ почвы. Так, 3% почв Новодвинска и 11% почв Северодвинска имеют умеренно опасную степень загрязнения ТМ, 6% почв Северодвинска и 30% почв селитебной зоны Архангельска имеют опасную степень загрязнения ТМ и 4% почв селитебной зоны Архангельска имеют очень опасную степень загрязнения ТМ.

Таким образом, для почв городов Архангельской промышленной агломерации характерно полиметаллическое загрязнение почв. Основными поллютантами Новодвинска являются Zn и Ni; Северодвинска – Pb, Ni, Zn, Cu и Cd; Архангельска – Pb, Zn, Hg, Cu и Mn. Степень загрязнения почв городов Архангельской промышленной агломерации ТМ обусловлена как сроком техногенной эксплуатации территории, так и гранулометрическим составом почв. По-

чвы Новодвинска и Северодвинска имеют допустимую степень загрязнения ТМ (по валовому содержанию), а почвы Архангельска – умеренно опасную.

Список литературы

1. 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.
2. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии: М-МВИ 80-2008. – СПб., 2008. – 29 с.
3. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: 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).
4. Никитина М.В. Эколого-химическая оценка загрязнения тяжелыми металлами основных урболодшафтов Архангельска. – Архангельск: Изд-во «КИРА», 2011. – 22 с.
5. Оценка почв и грунтов в ходе проведения инженерно-экологических изысканий для строительства. – М., 2001. – 24 с.
6. Пиллугина М.В., Попова Л.Ф., Корельская Т.А. Экологический биогеохимический мониторинг: критерии, нормативы, коэффициенты. – Архангельск: Изд-во ПГУ, 2007. – 48 с.
7. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа: ПНД Ф 16.1.42-04. Разработчик – ООО «НПО «Спектрон». – URL: <http://www.spectron.ru/products/27.html> (дата обращения: 03.07.2012).

References

1. GOST 17.4.4.02-84 Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlja himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza. Vvedjon v dejstvie 01.01.1986. M.: Izd-vo standartov, 1985. 8 p.
2. M-MVI 80-2008. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli jelementov v probah pochv, gruntov i donnyh otlozhenijah metodami atomno-jemissionnoj i atomno-absorbicijonnoj spektrometrii. S.Pb. 2008. 29 p.
3. MU 2.1.7.730-99. Gigenicheskaja ocenka kachestva pochvy naseleennyh 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).
4. Nikitina M.V. Jekologo-himicheskaja ocenka zagrjaznenija tjazhelymi metallami osnovnyh urbolandshaftov Arhangel'ska. Arhangel'sk: Izd-vo «KIRA», 2011. 22 p.
5. Ocenka pochv i gruntov v hode provedenija inzhenerno-jekologicheskijh izyskanij dlja stroitel'stva. M., 2001. 24 p.
6. Piljugina M.V., Popova L.F., Korel'skaja T.A. Jekologicheskij biogeohimicheskij monitoring: kriterii, normativy, koj-efficienty. – Arhangel'sk: Izd-vo PGU, 2007. 48 p.
7. PND F 16.1.42-04 Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli metallov i oksidov metallov v poroshkovykh probah pochv metodom rentgenofluorescentnogo analiza. Razrabotchik – OOO «NPO «Spektron». URL: <http://www.spectron.ru/products/27.html> (data obravnenija: 03.07.2012).

Рецензенты:

Телешев А.Т., д.х.н., профессор кафедры физической и аналитической химии химического факультета ФГБОУ ВПО «Московский педагогический государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Москва;

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.

Работа поступила в редакцию 26.10.2012.