

REFERENCES

1. *Akul'shina E. P.* Glinistoe veshchestvo i osadochnyj rudogenez. Novosibirsk: Nauka, 1985. 244 s.
2. *Engalychev S. Ju., Panova E. G.* Geohimija i genezis peschanikov vostochnoj chasti glavnogo devon'skogo polja na severo-zapade Russkoj plity // *Litosfera*. 2011. № 5. S. 16–29.
3. Interpretatsija geohimicheskikh dannyh: Uchebnoe posobie / I. V. Skljarov i dr. / Pod red. E. V. Skljarova. M.: Internet Inzhiniring, 2001. 288 s.
4. *Koljun M. N.* Redkie i rassejannye jelementy v otlozhenijah pozdnego kembrija juga Sibirskoj platformy // *Geohimicheskie issledovanija osadochnyh porod dlja reshenija geologicheskikh zadach: Trudy VSEGEI: Novaja serija*. T. 295. L., 1978. S. 29–39.
5. *Markov V. E.* Paleogeojekologicheskie rekonstruktsii prirodnoj sredy Valaamskogo arhipelaga v srednem i pozdnem golotsene: Avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. SPb.: RGPU im. A. I. Gertsena, 2012. 18 s.
6. *Markov V. E., Kochubej O. V., Nesterov E. M., Dzjuba O. F., Gil'din S. M.* Opyt kompleksnogo ispol'zovanija geohimicheskogo i palinologicheskogo metodov issledovanija dlja detalizacii prirodnyh obstanovok Valaamskogo arhipelaga v sredne- i pozdnegolotsenovoe vremja // *Geologija, geokologija, evoljucionnaja geografija: Sbornik nauchnyh trudov / Pod red. E. M. Nesterova*. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gertsena, 2011. S. 144–150.
7. *Maslov A. V., Gareev E. Z., Krupenin M. T.* Osadochnye posledovatel'nosti rifeja tipovoj mestnosti (retrospektivnyj obzor sedimentologicheskikh, paleogeograficheskikh, litologo-mineralogicheskikh i petrogeohimicheskikh issledovanij). Ufa: GP «Print», 1998. 225 s.
8. *Maslov A. V., Isherskaja M. V.* Retsikling tonkogo terrigenного материала v protsesse formirovanija osadochnoj megaposedovatel'nosti rifeja Kamsko-Bel'skogo avlakogena // *Litosfera*. 2008. №5. S. 39–53.
9. *Migdisov A. A.* O sootnoshenii titana i aljuminija v osadochnyh porodah // *Geohimija*. 1960. № 2. S. 149–164.
10. *Morozova R. M., Lazareva I. P.* Pochvy i pochvennyj pokrov Valaamskogo arhipelaga. Petrozavodsk, 2002. 170 s.
11. *Nesterov E. M., Timirgaleev A. I., Zarina L. M.* Diagnostika gorodskoj sredy cherez povedenie tjazhelyh metallov v malyh vodotokah // *Vestnik MANJEB: Nauchno-tehnicheskij zhurnal*. 2008. T. 13. № 2. S. 225–229.
12. *Nesterov E. M., Timirgaleev A. I., Maslova E. V.* Otsenka tehnogennogo vozdejstvija na gorodskuju sredu na osnove izuchenija geohimii donnyh otlozhenij // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region: Estestvennye nauki*. 2008. № 2. S. 96–99.
13. *Panova E. G., Gavrilenko V. V.* Vvedenie v geohimiju osadochnyh porod. SPb., 2007. 36 s.
14. *Podkovyrov V. N., Grazhdankin D. V., Maslov A. V.* Litogeohimija tonkozernistyh oblomochnyh porod venda juzhnoj chasti Vychegodskogo progiba // *Litologija i poleznye iskopaemye*. 2011. № 5, sentjabr' — oktjabr'. S. 484–504.
15. *Chen J., An Z. S., Head J.* Variation of Rb/Sr Ratios in the Loess-Paleosol Sequences of Central China during the Last 130,000 Years and Their Implications for Monsoon Paleoclimatology // *Quaternary Research* 51, 1999. 215–219.

Д. А. Нестеров, А. М. Максимова, Д. П. Финаров

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ КРАСНОГВАРДЕЙСКОГО РАЙОНА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

[Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития РГПУ им. А. И. Герцена на 2012–2016 годы (мероприятие 2.3.1)].

Состояние почв имеет важнейшее значение для оценки экологического состояния территории. Возможно прямое негативное воздействие загрязненных почв на здоровье населения. Именно поэтому большинство исследований городских территорий начинается с изучения почв. Почва является наиболее чувствительной к антропогенному воз-

действию. Анализ распределения геохимических показателей, полученных в результате апробирования почв по регулярной сети, дает пространственную структуру загрязнения селитебных территорий и позволяет выделить зоны риска для здоровья населения.

Ключевые слова: загрязнение, тяжелые металлы, почва, окружающая среда, элемент, восстановление, опасность.

D. Nesterov, A. Maksimova, D. Finarov

Contamination of Soil of Krasnogvardeiskii District of St. Petersburg with Heavy Metals

The state of the soil is essential for assessing the ecological status of the territory. A direct negative impact of contaminated soil on public health is quite possible. That is why most studies of urban areas begin with the study of soils. The soil is the most sensitive to human impacts. An analysis of the distribution of geochemical parameters derived from soil testing provides the information of the spatial structure of the residential areas of contamination and allows you to identify the areas of risk to human health.

Keywords: pollution, heavy metals, soil, environment, element, recovery, danger.

Геоэкологическая обстановка существования человечества складывается из фоновых природных условий, к которым мы приспособились (или приспособляемся), и их изменений. Последние могут быть результатом как естественных вариаций природной среды, так и наших воздействий на нее, а часто — комбинацией того и другого [7]. Изменения параметров среды могут влиять на человека как непосредственно, так и косвенно: через изменения объектов его социальной и хозяйственной деятельности (сооружения, растительный и животный мир, в том числе окультуренный, почва, вода и т. п.) [8].

Состояние почв, грунтов имеет важнейшее значение для оценки экологического состояния той или иной территории, так как почвы представляют тройной интерес: как начальное звено пищевой цепи, как источник вторичного загрязнения атмосферы и вод и как интегральный показатель экологического состояния окружающей среды. Кроме того, возможно и прямое негативное воздействие загрязненных почв на здоровье населения — особенно детей. Именно поэтому большинство обследований урбанизированных территорий начинается с исследования состояния почв, а показатели их загрязненности входят в набор обязательных параметров при определении мест экологического бедствия или кризиса.

В качестве объекта исследований был выбран Красногвардейский административный район Санкт-Петербурга как один из самых химически загрязненных районов города. Красногвардейский район расположен на северо-востоке Санкт-Петербурга. Площадь Красногвардейского района составляет 56,83 квадратных километра. Население — 329 тысяч человек.

Методика и методы исследования. Методика исследования состояла из двух этапов. Первый этап включал в себя отбор образцов почв в изучаемом районе. Во время второго этапа проводилась рентгенфлуоресцентная спектроскопия образцов с последующей интерпретацией полученных данных.

Отбор и подготовка проб к анализу проводились в соответствии с ГОСТом [1] и по разработанным методикам [2; 4]. Подготовка образцов к анализам проводилась в строгом соответствии с требованиями каждого вида анализа, а также в зависимости от вещественного состава и тех свойств анализируемого материала, которые могли повлиять на правильность конечного результата.

Пробы почв отбирались точечным способом по всей территории Красногвардейского административного района города Санкт-Петербурга. Всего было отобрано 263 образца почв.

Отобранные образцы пород и почв анализировались в лаборатории геохимии окружающей среды РГПУ им. А. И. Герцена рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV» [4].

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводилась по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического вещества (K_c) и суммарный показатель загрязнения Z_c [6]. K_c определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве C_i , мг/кг к региональному фоновому (C_{fi}): $K_c = C_i/C_{fi}$. Суммарный показатель загрязнения Z_c равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей и выражен формулой: $Z_c = S (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n-1)$, где n — число определяемых суммируемых вещества; K_{ci} — коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

Естественно, кроме самой величины показателя Z_c большое санитарно-гигиеническое значение имеет состав основных токсикантов. Унифицированного подхода к определению набора элементов, по которым осуществляется расчет Z_c , не существует. Нами принят следующий подход: определение суммарного загрязнения почв проводится по содержанию элементов первых трех классов токсической опасности. Таким образом, для расчета использовались девять элементов: **свинец, мышьяк, цинк** (1-й класс токсической опасности); **кобальт, никель, медь, хром** (2-й класс); **ванадий, стронций** (3-й класс).

Основными источниками загрязнения почв ТМ являются выбросы в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом, объектами энергетики и промышленными предприятиями. Металлы сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее выводятся: период полураспада цинка — до 500 лет, кадмия — до 1100 лет, меди — до 1500 лет, свинца — до нескольких тысяч лет.

Основными загрязнителями почв города являются цинк, свинец, медь, хром и др. Главная опасность для городских ландшафтов заключается не только и не столько в больших концентрациях поступления свинца в почвы. За тот же период к уже имеющимся скоплениям, например, марганца, прибавляется почти в два раза больше, чем свинца. Тем не менее экологическая опасность наличия свинца в почвах в 43 раза больше, чем того же марганца. Такое, на первый взгляд парадоксальное, свойство свинца связано с его крайне низким исходным содержанием в почвах — 10 мг/кг (среднее содержание марганца в почвах в 85 раз больше и составляет 850 мг/кг). В целом химические элементы с низкими природными концентрациями в почвах (ртуть — 0,01 мг/кг, селен — 0,06 мг/кг, кадмий — 0,5 мг/кг, мышьяк — 5 мг/кг и др.), но широко вовлекаемые в современный техногенный круговорот, являются наиболее экологически опасными. Соответственно небольшими являются и требуемые техногенные поступления этих элементов, достаточные для глубокого преобразования природы урбанизированных территорий. Поэтому неудивительно, что именно вышеназванные химические элементы являются приоритетными загрязнителями городских почв, и среди них свинец занимает особое положение.

Мышьяк — один из самых известных ядов. Это металл, токсичный для большинства живых существ. Мышьяк обладает высокой кумулятивной способностью в организмах теплокровных животных и человека. Поэтому в результате загрязнения мышьяком почвы и растений наибольшей опасности подвергаются конечные звенья пищевой цепи, в том числе

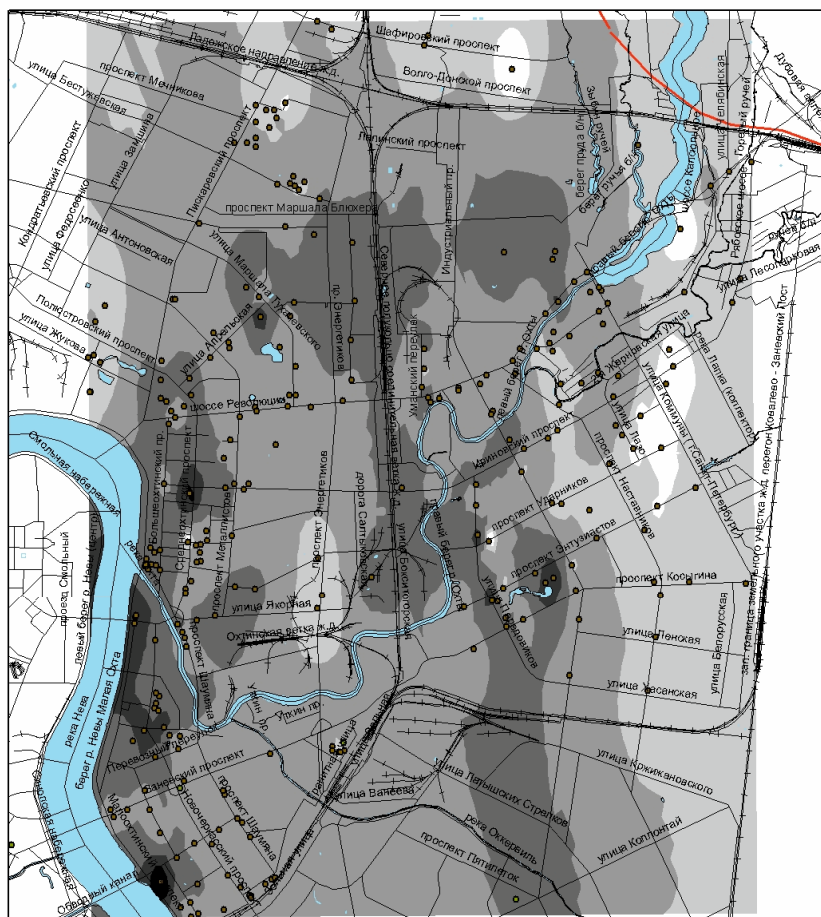
человек. В почве его содержание составляет в среднем 2–3 мг/кг, в отдельных природных зонах оно достигает 40 мг/кг.

Цинк и медь менее токсичны, чем названные тяжелые металлы, но избыточное их количество в отходах металлургической промышленности загрязняет почву и угнетающе действует на рост микроорганизмов, понижает ферментативную активность почв.

Следует отметить усиление токсичности тяжелых металлов при их совместном воздействии на живые организмы в почве. Совместное воздействие цинка и кадмия оказывает в несколько раз более сильное ингибирующее действие на микроорганизмы, чем при такой же концентрации каждого элемента в отдельности.

После подсчета суммарного показателя загрязнения почв для каждого из 263 образцов почв была построена карта-схема (см. рис.). Значения Zс варьируются от 9,4 до 221,59 условных единиц, составляя в среднем для всего Красногвардейского района 43,72 у.е., что соответствует опасному уровню загрязнения почв.

Рис 1. Карта-схема суммарного показателя загрязнения почв Красногвардейского района по санитарно-гигиеническим нормативам



Легенда

Карта проинтерполированных значений
[Красногвардейский_проверка].[Zс]

Послойная окраска

- 3.37 - 11.52
- 11.52 - 16.28
- 16.28 - 24.43
- 24.43 - 38.41
- 38.41 - 62.4
- 62.4 - 103.55

0 500 1 000 Метры

В то же время зафиксированы очаги повышенных значений суммарного загрязнения почв. Наибольшие значения суммарного загрязнения почв зафиксированы вдоль Октябрьской набережной, где коэффициент в среднем составляет 40–80 у.е. Максимальное значение Z_c наблюдаются на Юго-Западе района у железнодорожного моста, там его показатель составляет 221,59 у.е. Достаточно большой ареал повышенных значений Z_c прослеживается немного севернее центральной части района, по обе стороны от железной дороги, где его показатель варьируется от 30 до 60 у.е. Наименьшие показатели Z_c наблюдаются на востоке района, вдоль улицы Комунны и Российского проспекта. Невысокие показатели Z_c на Северо-Западе Красногвардейского района.

Анализ распределения геохимических показателей, полученных в результате апробирования почв по регулярной сети, дает пространственную структуру загрязнения селитебных территорий и позволяет выделить зоны риска для здоровья населения [3; 5].

По суммарному показателю загрязнения почв выделяют четыре категории степени загрязнения почв (см. табл.), для каждой из которых характерно особое влияние на здоровье населения [6].

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

<i>Категории загрязнения почв</i>	<i>Z_c</i>	<i>Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения</i>
Допустимая	< 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16–32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32–128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального отклонения сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	> 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикозов при беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофии новорожденных)

Выводы. Результаты исследования почв Красногвардейского района позволяют отнести данную территорию к категории опасной по эпидемиологическим показателям почв по СанПиН 2.1.7.1287-03.

Для всей территории Красногвардейского района необходимы мероприятия по снижению уровня воздействия источников загрязнения на почвы. Некоторые площади района требуют рекультивации почв. Прежде всего, это территория, находящаяся между Октябрьской набережной и проспектом Шаумяна. Также рекультивации требует район, находящийся между Среднеохтинским проспектом и Октябрьской набережной. Район устья реки Охта тоже требует мер по восстановлению почвенного покрова.

Почвенный покров является естественной базой для поселения людей, служит основой для создания рекреационных зон. Он позволяет создать оптимальную экологическую обстановку для жизни, труда и отдыха людей. От характера почвенного покрова, от свойств почвы, от протекающих в почвах химических и биохимических процессов зависят чистота и состав атмосферы, наземных и подземных вод. Почвенный покров — один из наиболее

мощных регуляторов химического состава атмосферы и гидросферы. Почва была и остается главным условием жизнеобеспечения наций и человечества в целом. Сохранение и улучшение почвенного покрова, а следовательно, и основных жизненных ресурсов в условиях развития промышленности, бурного роста городов и транспорта возможно только при хорошо налаженном контроле за использованием всех видов почвенных и земельных ресурсов.

Почва является наиболее чувствительной к антропогенному воздействию. Из всех оболочек Земли почвенный покров — самая тонкая оболочка, мощность наиболее плодородного слоя даже в черноземах не превышает, как правило, 80–100 см, а во многих почвах большинства природных зон она составляет всего лишь 15–20 см.

Восстановление нарушенного почвенного покрова требует длительного времени и больших капиталовложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: Госстандарт. М., 1983.
2. Методика выполнения измерения массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа М049-П/04. СПб.: ООО «НПО Спектрон», 2002.
3. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982.
4. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / Б. А. Ревич, Ю. Е. Саг, Р. С. Смирнова (Утв. 15 мая 1990 г. № 5174-90). М.: ИМГРЭ, 1990.
5. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами № 4266-87. Утв. МЗ СССР 13.03.1987.
6. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы СанПиН 2.1.7.1287-03.
7. *Соломин В. П., Нестеров Е. М.* Геоэкология: теория, системность, устойчивое развитие // Научно-технический журнал Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. 2011. Т. 15. № 5. С. 9.
8. *Трифонов В. Г., Караханян А. С.* Динамика земли и развитие общества: ОГИ, М., 2008.

REFERENCES

1. GOST 17.4.1.02-83. Ohrana prirody. Pochvy. Klassifikacija himicheskikh veshchestv, dlja kontrolja zagraznenija: Gosstandart. M., 1983.
2. Metodika vypolnenija izmerenija massovoj doli metallov i oksidov metallov v poroshkovyh probah pochv metodom rentgenofluorestscentnogo analiza M049-P/04. SPb.: OOO «NPO Spektрон», 2002.
3. Metodicheskie rekomendacii po geohimicheskoi otsenke zagraznenija territorij gorodov himicheskimi elementami. M.: IMGRE, 1982.
4. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke stepeni zagraznenija atmosfernogo vozduha naseleennykh punktov metallami po ih soderzhaniju v snezhnom pokrove i pochve / B. A. Revich, Ju. E. Saet, R. S. Smirnova (Utv. 15 maja 1990 g. № 5174-90). M.: IMGRE, 1990.
5. Metodicheskie ukazaniya po otsenke stepeni opasnosti zagraznenija pochvy himicheskimi veshchestvami N 4266-87. Utv. MZ SSSR 13.03.1987.
6. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k kachestvu pochvy SanPiN 2.1.7.1287-03.
7. *Solomin V. P., Nesterov E. M.* Geoekologija: teorija, sistemnost', ustojchivoe razvitie // Nauchno-tehnicheskij zhurnal Mezhdunarodnoj akademii nauk ekologii i bezopasnosti zhiznedejatel'nosti. 2011. T. 15. № 5. S. 9.
8. *Trifonov V. G., Karahanjan A. S.* Dinamika zemli i razvitie obshchestva. OGI, M., 2008.