

в рамках проекта РАДЛАН [4]. Каждому типу почв сопоставлена его потенциальная обеспеченность стабильным J.

К 2009 г. для 905 НП Брянской обл., на основе оригинального программного обеспечения (Коробова и др., 2009) была проведена оценка обеспеченности J почвенного покрова. В связи с расширением территории исследования в 2016 г. обновлены базы НП и оцифрованы разномасштабные почвенные карты, была проведена повторная оценка обеспеченности J почв НП Брянской обл. и западной части Гомельской обл. Расчёты характеристики структуры и дефицитности почвенного покрова осуществлялись с использованием инструментов ArcGIS 10.0, в радиусах 2,5 км и 5 км от центров населённых пунктов [2].

Для пространственной оценки разного вклада факторов риска заболеваний щитовидной железы была проведена картографическая оценка уровня риска, возникшего вследствие сочетания дефицита природного J и загрязнения территории радиоизотопом ^{131}J [1]. Это позволило осуществить разделение области по уровню суммарного риска на 6 зон. Выделенные зоны, могут рассматриваться в качестве критерия значимости геохимических факторов патологий щитовидной железы и особенно папиллярных раков ЩЖ. В целях верификации для каждой из выделенных зон риска рассчитывалась статистика по заболеваемости населения с нормированием на численность населения в 1986 и 2010 гг. Оценка проводилась по данным о заболеваемости раками щитовидной железы, раками желудка; а также по данным скрининга патологий щитовидной железы [7]. Полученные данные подтверждают связь между заболеваемостью щитовидной железы и «йодным ударом» при аварии на ЧАЭС на фоне йододефицита в почвах.

В 2017 г. планируется продолжение исследований в наиболее пострадавших трансграничных районах Гомельской и Брянской областей.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ (гранты 07-05-912, 10-05-01148, 13-05-00823, 16-55-00205).

1. *Коробова Е. М., Берёзкин В. Ю., Колмыкова Л. И. и др.* Изучение распределения йода в почвах и луговой растительности геохимически контрастных ландшафтов в связи с оценкой йодного статуса Брянской области // Вестн. Российского университета Дружбы народов. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 4. С. 60–67.

2. *Коробова Е. М., Кувьлин А. И., Чесалова Е. И. и др.* Оценка йодного статуса почв Брянской области с использованием ГИС-технологий // Сергеевские чтения. Моделирование при решении экологических задач. М., 2009. С. 51–55.

3. *Коробова Е. М., Кувьлин А. И.* Природные биогеохимические провинции с низким содержанием йода как районы дополнительного экологического риска в зонах воздействия аварии на Чернобыльской АЭС // Биогеохим. индикация аномалий: Матер. V биогеохим. чтений. М.: Наука, 2004, С. 156–167.

4. *Линник В. Г., Хитров Л. М., Коробова Е. М.* Принципы ландшафтно-геохимического и радиоэкологического картографирования территорий, загрязнённых радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС (проект «РАДЛАН»). М.: ГЕОХИ РАН, 1991. 50 с.

5. *Прасолов Л. И., Герасимов И. П.* Государственная почвенная карта СССР 1 : 1 000 000. М.: ГУГК, 1953.

6. *Проскурякова Г. Ф., Никитина О. Н.* Ускоренный вариант кинетического роданидно-нитритного метода определения микроколичеств йода в биологических объектах // Агрохимия. 1976. № 7. С. 140–143.

7. Численность населения Брянской области, городских округов, муниципальных районов, городских и сельских поселений, городских населённых пунктов, сельских населённых пунктов. Официальная публикация итогов Всероссийской переписи населения 2010 года. Том 1. Раздел II. Таблица 10.

УДК 556.3

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПАРАМЕТРЫ АНОМАЛИЙ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОИДОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ВОСТОЧНОГО ОКРУГА г. МОСКВЫ

Н. Е. Кошелева¹, И. Д. Корляков¹, Т. С. Хайбрахманов²

¹ Московский государственный университет, географический факультет, Ленинские горы 1, 119991 Москва, Российская Федерация; natalk@mail.ru

² Инженерно-технологический центр «Сканэкс», Киевское шоссе 1, 108811 Москва, Российская Федерация

Концентрация в городах промышленных объектов и транспорта, поставляющих большое количество вредных выбросов, оказывает негативное воздействие на состояние почвенного покрова. Загрязняющие вещества осаждаются из атмосферы на поверхность городских почв и накапливаются в

них, изменяя морфологические и физико-химические свойства верхних горизонтов. В результате в поверхностных горизонтах образуются комплексные геохимические барьеры, на которых накапливаются токсичные тяжёлые металлы и металлоиды (ТММ). Их ёмкость, как правило, гораздо выше, чем в природных аналогах, что является важным фактором ускоренного накопления ТММ [4].

Интенсивность выпадений пыли и загрязняющих веществ из атмосферы зависит от размещения источников загрязнения, заметное влияние оказывают также рельеф, структура застройки и метеорологические факторы, определяющие рассеивающую и накапливающую способности атмосферы [5, 8]. Городские кварталы, особенно многоэтажные, представляют собой сложнейшую систему поверхностей на разных уровнях и с разным уклоном, продуваемых воздушными потоками. Здания сильно изменяют ветровой режим в приземном слое атмосферы, создавая участки осаждения пыли в замкнутых дворах и эффект «каньона» на крупных автомагистралях. Этот фактор приводит к значительной неоднородности поля загрязнения городской среды.

В данной работе впервые сделана попытка выявить закономерности распределения поллютантов и формирования почвенно-геохимических аномалий на территории Восточного округа г. Москвы в зависимости от искусственного рельефа и сорбирующей способности почв по отношению к ТММ. Для изучения пространственной неоднородности поля загрязнения в июле 2015 г. проведено геохимическое опробование поверхностного (0–5 см) горизонта почв в районе Вешняки Восточного округа г. Москвы по регулярной сетке с шагом 200 м. В 24 полученных пробах определены основные физико-химические свойства почв и валовое содержание ТММ, которое анализировалось масс-спектральным и атомно-эмиссионными методами с индуктивно связанной плазмой на приборах Elan-6100 и Optima-4300 DV во ВНИИ минерального сырья. Искусственный рельеф в каждой точке опробования характеризовался суммарной высотой окружающих зданий и степенью закрытости участка (открытый, полужакрытый, закрытый) по отношению к ветрам, которые определялись путём дешифрирования космического снимка высокого разрешения GeoEye-1 (съёмка 2015 г.). Высота зданий верифицировалась с помощью БД 2GIS (<https://2gis.ru/>). Также учитывались основные физико-химические свойства почв: реакция среды, гранулометрический состав, сумма оснований (K_2O , Na_2O , CaO , MgO), содержание гумуса и полуторных оксидов Fe, Al и Mn, которые являются основными фазами-носителями ТММ [2].

Элементы – приоритетные поллютанты городских почв – выявлялись путём сравнения содержания ТММ с фоном – территорией Мещерского заповедника, расположенной в тех же ландшафтных условиях, что и модельная территория, но не испытывающих загрязняющего воздействия мегаполиса. Превышение фоновых уровней $C_{фон}$ характеризовалось коэффициентом концентрации $K_c = C_{гор}/C_{фон}$. Набор аккумулирующихся в почвах металлов представлен формулой, где элементы ранжированы в порядке убывания значений K_c , которые приводятся в нижних индексах. Для оценки неравномерности геохимической нагрузки на почвенный покров в каждой точке пробоотбора рассчитывалась сумма отношений содержаний рассматриваемых ТММ к их средним для территории уровням: $C = \sum_{i=1}^n (Ci/\bar{Ci})$, где Ci – содержание элемента в точке пробоотбора, \bar{Ci} – среднее содержание элемента на территории, n – число химических элементов ($n = 14$). Геохимические карты построены в пакете ArcGis 10.0. Для визуализации пространственного распределения ТММ и суммарного загрязнения применялись градуированные символы (Graduated symbols), в качестве подложки использовался космический снимок SASPlanet с разрешением 3 м и слой с контурами зданий.

Для определения условий, приводящих к формированию геохимических аномалий в почвенном покрове, уровни накопления поллютантов в точках отбора проб проанализированы совместно с факторами, характеризующими геометрию городской застройки и фиксирующую способность почв. Для этого использован метод регрессионных деревьев в программном пакете SPlus. Результатом многократного разбиения таблицы с предикторными переменными и содержанием ТММ в почвах является дендрограмма, отражающая уровни содержания поллютантов при различных сочетаниях факторов [4]. Ассоциации ТММ, имеющих сходное пространственное распределение и общие зоны выноса и аккумуляции, выявлены с помощью кластерного анализа в пакете Statistica [6].

В почвенном покрове ВАО выделена одна полиэлементная ассоциация ТММ, объединяющая Cu–Zn–W–Bi–Ni–Cr–Cd–As. Все они являются приоритетными поллютантами, на что указывает многократное превышение их концентраций над фоновым аналогом: $Cd_{10,9}Bi_{6,5}W_{5,8}Zn_{5,2}Cr_{3,9}As_{3,8}Cu_{3,3}Ni_{2,4}$. Источниками этих элементов являются в основном выбросы автотранспорта [1]. Выхлопные газы содержат Cu, Pb, Sr, моторное масло – Fe, Mo, Zn, Cu, Pb, Sb; истирание шин является источником Cd,

Mn, Fe, Zn, Pb, Co, Ni, Cr, Cu и Sb, износ тормозных колодок – Fe, Cu, Sb, Mn, Zn, Ti, Pb [7, 9–10]. При производстве подшипников используют антифрикционные сплавы на основе Sn и Pb, в состав которых также входят Sb, Cu, Cd, Ni, As (ГОСТ 1320-74). Некоторое воздействие на городские почвы могут оказывать ТЭЦ и близлежащие промышленные предприятия, сосредоточенные в промзонах Перово, Выхино, Карачарово и Гайворонново. Геохимическая специализация выбросов предприятий машиностроения и металлообработки определяется Mo, W, Cr, Cd, Sb, Ni, Co, теплоэнергетика даёт Mo, V, Ni, W, химические предприятия – Ag, Pb, W, Iб [3]. Три другие ассоциации Sb-Pb, Mo-Sn и V-Co отличаются меньшим накоплением в почвах: $Sb_{3,1}Pb_{2,9}Ni_{2,4}Sn_{1,9}Co_{1,4}Mo_{1,2}V_{1,0}$.

Анализ карт распределения приоритетных поллютантов Cd, Bi, W и суммы отношений содержаний всех ТММ к их средним уровням (рис.) показал, что геохимические аномалии приурочены к придорожным почвам, причём к тем участкам Вешняковской улицы, которые плохо продуваемы из-за близости высотных зданий. Аномалии такой же контрастности обнаружены внутри жилой зоны с плотной застройкой, способствующей осаждению загрязнённых аэрозолей из атмосферы. Такие участки локализованы в 100-метровой полосе вдоль автодорог. Отсюда следует, что пространственная структура загрязнения почвенного покрова ВАО обусловлена расстоянием до источников загрязнения, однако многоэтажная застройка может в несколько раз усиливать или ослаблять их воздействие.

Результаты многофакторного регрессионного анализа показали, что суммарное загрязнение почв коррелирует с их гранулометрическим составом – наибольшее суммарное превышение содержаний ТММ над средним для территории уровнем свойственно почвам с малым (<3,3 %) содержанием физической глины (частиц размером <0,01 мм). Это указывает на то, что наибольшим загрязнением отличаются не глинистые частицы, а частицы несколько большего размера, распространяющиеся от местных источников на небольшие расстояния. Уровень аккумуляции пылевых частиц в почвах зависит также от интенсивности атмосферных выпадений, которая может уменьшаться при закрытости участка высотной застройкой. В ВАО она является вторым по значимости фактором. Суммарное загрязнение почв ТММ под воздействием этого фактора изменялось в 1,3–1,5 раза, тогда как при варьировании содержания физической глины оно изменялось в 2–2,5 раза.



Рисунок – Распределение суммы отношений содержаний ТММ к их средним для территории уровням

Распределение металлов из полиэлементной ассоциации было аналогичным. Для некоторых элементов варьирование содержания физической глины в почвах вызывало колебания в их содержании в 3–4 раза, защищённость участка зданиями была способна снизить загрязнение в 1,5–2,5 раза. Заметное влияние оказала и этажность окружающих зданий – при их суммарной высоте более 66 м уровень суммарного загрязнения почв возрастал в 1,7 раза.

Таким образом, техногенные аномалии ТММ в городских почвах образуются при интенсивном выпадении частиц определённой крупности, содержащихся в выбросах автотранспорта и промышленных предприятий. Они формируют площадной сорбционно-седиментационный барьер, при этом роль собственно физико-химических свойств почв в закреплении техногенных ТММ незначительна. Интенсивность выпадений может изменяться под воздействием городской застройки в 1,5–2,5 раза в зависимости от высоты, близости и расположения зданий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-05-03911).

1. Власов Д. В., Касимов Н. С., Кошелева Н. Е. Геохимия дорожной пыли (Восточный округ Москвы) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. География. 2015. № 1. С. 23–33.

2. Водяницкий Ю. Н. Тяжёлые металлы и металлоиды в почвах. М.: ГНУ Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2008. 85 с.

3. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

4. Кошелева Н. Е., Касимов Н. С., Власов Д. В. Факторы накопления тяжелых металлов и металлоидов на геохимических барьерах в городских почвах // Почвоведение. 2015. № 5. С. 536–553.

5. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния / Под ред. Н. С. Касимова. М.: ИП Филимонов М. В., 2014. 560 с.

6. Самонова О. А., Кошелева Н. Е., Касимов Н. С. Ассоциации микроэлементов в профиле дерново-подзолистых почв южной тайги // Вестн. Моск. ун-та. Сер. Почвоведение. 1998. № 2. С. 14–19.

7. Adachi K., Tainosho Y. Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust // Environ. International. 2004. Vol. 30. P. 1009–1017.

8. Baklanov A., Mestayer P. et al. Towards improving the simulation of meteorological fields in urban areas through updated/advanced surface fluxes description // Atmospheric Chemistry and Physics. 2008. Vol. 8. P. 523–543.

9. Gietl J. K., Lawrence R., Thorpe A. J., Harrison R. M. Identification of brake wear particle sand derivation of a quantitative tracer for brake dust at a major road // Atmospheric Environ. 2010. Vol. 44. P. 141–146.

10. Limbeck A., Puls C. Particulate emissions from on-road vehicles // Urban airborne particulate matter: origin, chemistry, fate and health impacts / Ed. by F. Zereini, C.L.S. Wiseman. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin. 2011. P. 63–79.

УДК 553.6

О ВЛИЯНИИ ПОЛИГОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

С. И. Кузьмин, А. Л. Демидов, И. В. Пенкрат

Белорусский государственный университет, географический факультет, пр. Независимости 4,
220030 Минск, Республика Беларусь; kuzminsaweliy@bsu.by, demidoval@bsu.by, penkrat@bsu.by

Постановка проблемы. Хозяйственная деятельность человека сопровождается производством и использованием предметов потребления. Одним из побочных результатов такой деятельности является образование отходов. В некоторых странах степень использования коммунальных отходов (отходов потребления) в качестве вторичного ресурса составляет 50–60 %. В Республике Беларусь в настоящее время перерабатывается не больше 10 % от общего объёма коммунальных отходов (отходов потребления), а порядка 90 % захоранивается на полигонах. При этом, в последние годы наблюдается рост образования отходов (удельный показатель образования увеличился с 0,48 до 1,7 кг/чел в день) [1]. Исходя из сложившейся ситуации, можно констатировать, что отходы потребления и дальше будут захораниваться.

Проникновение загрязняющих веществ в объекты окружающей среды от полигонов хранения отходов, и в частности, в подземные грунтовые воды, являющиеся в большинстве своём источниками питьевого водоснабжения, опасно возможным их попаданием в организм человека и развитием у людей патологических состояний здоровья. Подобная ситуация проявляется, прежде всего, на участках размещения подобных объектов в условиях слабо защищённых горизонтов залегания грунтовых вод.