

ОСОБЕННОСТИ БИОГЕОХИМИИ РТУТИ В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ ПРИАНГАРЬЯ

Гордеева О.Н., Белоголова Г.А., Рязанцева О.С.

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, gordeeva@igc.irk.ru

Ртуть – редкий элемент земной коры (кларк по А.П. Виноградову $7 \cdot 10^{-6}$ %), но в результате интенсивного использования ее с середины XX столетия в различных технологических процессах во многих странах мира встала проблема ртутного загрязнения окружающей среды. Техногенными источниками ртути в Приангарье являются химические предприятия, ранее использовавшие металлическую ртуть при производстве щелочи и соды – ООО «Усольехимпром» и ОАО «Саянскхимпласт». Свой вклад в техногенное загрязнение ртутью вносят мышьяковые огарки Ангарского металлургического завода (АМЗ) в г. Свирске, а также многочисленные предприятия ТЭЦ, автотранспорт, удобрения и др. В настоящем исследовании рассмотрены особенности миграции и распределения ртути в почвах и растениях в пределах городов Усолье-Сибирского и Свирска, а также на прилегающих к ним территориях.

Исследовались дерновые лесные и дерново-карбонатные почвы «Усольехимпрома» в 1,5, 2 и 3 км от цеха ртутного электролиза (ЦРЭ), в окрестностях г. Усолье-Сибирского, в г. Свирске – в 5, 150 и 300 м от промплощадки АМЗ и черноземы в окрестностях города. В пределах обоих городов изучались пахотные почвы дачных и приусадебных хозяйств и условно-фоновые пахотные почвы в 30 км от г. Усолье-Сибирского и в 15 км от г. Свирска. Почвы отбирались на глубину 0–35 см в лесной зоне и 0–20 см из горизонта $A_{\text{пах}}$. В почвах усольского участка изучены формы нахождения ртути по методике [4]. Среди них органические формы ртути занимают особое место, так как их биодоступность значительно выше, чем минеральных форм [3].

Сопряженно с почвами отбирались дикорастущие растения: береза повислая *Betula pendula* L., ива белая *Salix alba* L., ива козья *S. Caprea*, герань луговая *Geranium pratense* L., горошек мышиный *Vicia cracca* L., тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium* L. и др. Каждая проба включает несколько растений одного вида, отобранных на участках 10 м^2 . Распределение ртути в некоторых видах растений рассмотрено по органам. Изучены также пластинчатые (*Lactarius torminosus*, *L. pubescens*, *L. resimus*, *L. necator*, *Russula betularum*, *R. adusta*) и трубчатые (*Leccinum scabrum*) грибы. Почвы и растения сушились при комнатной температуре (грибы при температуре не выше $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$) до сухого состояния, затем анализировались методом атомной абсорбции на спектрометре «РА-915+».

Наиболее высокие концентрации ртути установлены в почвах промплощадки АМЗ в г. Свирске (0.021–4.560 мг/кг). В почвах «Усольехимпрома» вблизи ЦРЭ содержания ртути (0.006–0.770 мг/кг) не превышают ПДК (2.1 мг/кг), но средние ее концентрации (0.19 мг/кг) на порядок выше регионального фона (0.02 мг/кг [1]) и повышены относительно кларков для почв мира (0.12 ± 0.02 мг/кг [3]). Такая же ситуация выявлена в лесной зоне окрестностей г. Усолье-Сибирского, где дополнительным техногенным источником ртути являются выбросы расположенной поблизости ТЭЦ-11. Концентрации ртути в сельскохозяйственных почвах г. Усолье-Сибирского (0.013–0.081 мг/кг), г. Свирска (0.024–0.057 мг/кг) и условно-фоновых участков (0.010–0.078 мг/кг) находятся в пределах обычных содержаний для пахотных почв (0.01–1.00 мг/кг [5]), но повышены относительно регионального фона.

Как показали исследования, ртуть в почвах г. Усолье-Сибирского и его окрестностей находится преимущественно в органической (15–61 %) и прочносвязанной (38–82 %) фракциях. Самое высокое содержание ртути в органической фракции верхнего горизонта (61 %) установлено в лесных почвах окрестностей г. Усолье-Сибирского. Количество ртути в подвижных фракциях – водо- и кислоторастворимой – незначительно, а в наиболее закрепленной – сульфидной – ниже предела обнаружения.

Одним из факторов, определяющих бионакопление ртути, является видовая принадлежность растений. Среди изученных древесных видов более высокие содержания ртути характерны для березы. В некоторых травянистых растениях усольского участка (тысячелистник – 0.161 мг/кг, герань – 0.132 мг/кг) содержания ртути повышены относительно естественного уровня (до 0.1 мг/кг [3]). В целом, растения усольского участка содержали ртути больше, чем свирского. Распределение ртути по органам растений неравномерное – тонкая (до 0.081 мг/кг) и, особенно, одревесневшая (до 0.202 мг/кг) кора березы содержала максимальное количество ртути, семена и ветви – минимальное (до 0.025 мг/кг). Для трав характерно накопление ртути в листьях, что может быть обусловлено способностью листовых пластинок поглощать пары ртути из атмосферного воздуха и пыли, а также перемещением ртути из одних органов растения в другие [2, 3]. Корни и корневища изученных трав, как правило, содержали ртути меньше, чем листья. Установлено, что средние содержания ртути в травах окрестностей г. Усолье-Сибирского выше, чем на «Усольехимпроме». Коэффициенты биологического поглощения подтверждают более интенсивное накопление ртути травами в окрестностях города. Как отмечалось ранее, большое количество ртути в изученных почвах находится в органической фракции. Исследования показали прямую зависимость между содержанием Hg в этой фракции и в травах усольского участка, что не установлено для других фракций ртути и ее валового содержания в почвах.

Грибы можно отнести к организмам-аккумуляторам ртути, так как вся поверхность мицелия всасывает питательные вещества, которые затем поступают в карпофоры [2]. Техногенное загрязнение приводит к многократному увеличению содержания ртути в этих организмах, что видно на примере грибов территории «Усольехимпрома» (0.137–5.400 мг/кг), окрестностей г. Усолье-Сибирского (0.341–0.700 мг/кг) и г. Свирска (0.011–0.530 мг/кг). Здесь содержания ртути в грибах на порядок выше, чем в почвах. Отмечено, что ртуть накапливается несколько больше в шляпках грибов, чем в ножках. Концентрации ртути в пластинчатых и трубчатых грибах отличаются незначительно.

Таким образом, биодоступность ртути зависит как от вида растения, так и от форм ее нахождения в почвах. При этом особую роль играют ее биодоступные органические соединения, которые, по-видимому, становятся одним из основных источников поступления ртути в растения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №12-05-00-257-а.

Литература

1. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон) / Под научн. ред. М.И. Кузьмина. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. 234 с.
2. Елпатьевский П.В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. М.: Наука, 1993. 253 с.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 440 с.
4. Bloom N.S., Preus E., Katon J., Hiltner M. Selective extractions to biogeochemically relevant fractionation of inorganic mercury in sediment and soils // Anal. Chim. Acta. 2003. V. 479, № 2. P. 233–248.
5. Klock A. Richtwerte'80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden // Mitteilungen VDLUFA. 1980. H. 1–3. S. 9–11.