

**НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ ПОЧВ**

М.С. Леонтьев

Техногенное давление, испытываемое педосферой Земли на данном этапе развития производительных сил человечества, в силу ускоряющихся (особенно в последние десятилетия) темпов своего роста нуждается в тщательном мониторинге. Национальная экономика Российской Федерации вовлекает в технологические процессы самых разнообразных уровней и направленности все большие объемы природных ресурсов – в том числе земельных, растительных, водных и т. п. Особого внимания в этом отношении заслуживает общая экологическая ситуация, складывающаяся в тех регионах, где сосредоточено значительное количество предприятий металлургической отрасли, так как здесь в геохимически значимых масштабах концентрируются, в виде разнообразных отходов, токсичные соединения тяжелых металлов, оказывающие, как правило, отрицательное (вплоть до тератогенного) воздействие на окружающую среду, и, в частности, на

биоту ландшафтов. К числу таких регионов относится и Средний Урал, играющий в экономике РФ роль одновременно горнодобывающего и лесохозяйственного района.

Все вышесказанное определяет актуальность всесторонних региональных условий миграции химических элементов во всех фазах ландшафта и, в частности, в почвенном профиле. Современное изучение экогеохимической роли техногенного вещества, поступающего в почвенные системы, сосредоточено на оценке их, с одной стороны, как потенциального источника ценных для биосферы компонентов, с другой стороны – как депо токсичных для окружающей среды концентраций химических элементов. Тем не менее, как всякое геологическое образование, такой техногенный материал, как, к примеру, отвальный шлак медеплавильного производства, обладает, кроме прочего, и определённым почвообразующим потенциалом [Рябинин, 2004; Леонтьев, Рябинин, 2005, 2006а],

масштабы которого до сих пор остаются «за кадром» эколого-почвенных и ландшафтно-геохимических исследований.

Дать разностороннюю оценку проблеме реакций биогеноценозов, слабо задетых техногенезом, на усиливающееся техногенное давление извне возможно, с нашей точки зрения, лишь рассматривая почву, во-первых, как центральный компонент ландшафта и основной источник микроэлементов для растений, во-вторых, как некий фундамент глобальной трофической цепи, и в-третьих, как геологическое образование биокосной природы, являющееся регулятором биогеохимических циклов элементов и, в частности, тяжёлых металлов [Добровольский, 2003].

Таким образом, почвогеохимический аспект влияния отходов металлургического производства, а также влияние металлов, входящих в состав техногенного вещества, на почвенные системы, хоть и рассматриваются другими исследователями, остаются не вполне ясными для проведения дальнейших (рекультивационных, мелиоративных и пр.) мероприятий, осуществляемых в ландшафтах, регулярно подвергающихся техногенному воздействию.

Понимание необходимости экологизации взаимоотношений в системе «общество-природа», укоренившееся в общественном сознании в последние годы и выражающееся в переориентации природопользования с технократического императива на экологический, обуславливает актуальность работ в области прикладной экологии в той мере, в какой специально планируемые био- и экогеохимические исследования позволяют наполнить экологический императив конкретным содержанием.

Приходится признать наличие острой проблемы утилизации отходов цветной металлургии с минимизацией отрицательных последствий для всех фаз ландшафта, прежде всего – растительной и почвенной. Огромные массы техногенных отходов на данный момент сосредоточены в отвалах и хвостохранилищах, занимающие значительные площади, которые можно было бы ввести в сельскохозяйственный и лесохозяйственный оборот при условии контролируемой ликвидации этих отходов с дневной поверхности. Мы не рассматриваем в нашем исследовании рекультивационный аспект, хотя, разумеется, признаём важность и экологическую целесообразность рекультивационных мероприятий. Тем не менее, последние требуют

значительного временного промежутка для получения оптимальных результатов и, кроме того, при определенных условиях нуждаются в крупных капиталовложениях. На наш взгляд, утилизация отходов техногенеза путем эмиссии их в почвенный профиль позволяет за достаточно краткий промежуток времени, во-первых, убрать отработанный техногенный материал с дневной поверхности, освободив тем самым земельные ресурсы в эколого-экономически значимых масштабах для дальнейшего использования, и, во-вторых, сохранить плодородие как основную функцию почвенной системы на существующем уровне, улучшив физические (порозность, гранулометрический состав, структуру) и физико-механические (вязкость, усадка) свойства почвы.

Летом 2003 года нами начат эксперимент, рассчитанный на 3 года, по внесению отвального шлака медеплавильного производства в гумусово-аккумулятивный горизонт A1 (A1A2) двух типов почв – дерново-подзолистых и серых лесных, являющихся одними из преобладающих на Среднем Урале. Методика эксперимента достаточно проста: на площадке 1 м² вскрывается дерн (горизонт A0), и в обнажившуюся массу гумусово-аккумулятивного горизонта вносится тонко размолотый (до фракции размером частиц < 0,05 мм) отвальный шлак в пропорции 1 кг/м³, при этом он осторожно перемешивается с почвенной массой. Затем горизонт A1 (A1A2) закрывается снятым дерном и оставляется в таком виде на 1 год. Летом 2004 и 2005 гг. нами получены промежуточные результаты исследований, показывающие лишь незначительное увеличение в плодородном слое валовых концентраций Cu, Cd и Zn, а также снижение валовых концентраций таких тяжелых металлов, как Ag и Pb. При этом типовые различия почв на данный процесс влияют мало [Леонтьев, Рябинин, 2005, 2006а, 2006б; Леонтьев и др., 2006].

Результаты эксперимента могут быть использованы при планировании природоохранных мероприятий на предприятиях цветной металлургии, при экологической экспертизе медеплавильного производства и выяснении степени и характера последствий такового. На базе результатов данного исследования возможна также разработка и дальнейшее совершенствование технологии утилизации медеплавильного шлака с помощью эмиссии его в плодородный почвенный слой.

Использованный нами метод техногенной модификации почв, естественно, влечет за собой определенные изменения условий почвообразующего процесса. Нарушается (хоть и в незначительной мере) целостность растительного слоя, преобразуется структура гумусового горизонта. Такой способ эмиссии шлакового материала неизбежно нарушает строение, общую пористость, проницаемость генетических горизонтов и, следовательно, изменяет водный, тепловой и газовый режимы почвенного профиля, что, безусловно, формирует новые условия миграции химических элементов и соединений и влияет на характер распределения компонентов в депонирующих и миграционных средах, даже если бы внесённое вещество было бы химически пассивно. При высокой же, в реальности, степени химической активности медеплавильного шлака наблюдаются тем большие изменения геохимической обстановки в почве как депонирующей среде и в большей мере реализуется почвообразовательный потенциал техногенного вещества. Помимо того, что именно изучение всех указанных деформаций и являлось одной из задач нашего исследования, отметим, что результаты работы в таком случае становятся характеристикой модели антропогенного загрязнения почвы, и на их основе возможно создание базовой экогеохимической модели почвообразовательного процесса, а следовательно – и формирования ландшафта на техногенном субстрате вообще. ФАО уже несколько десятилетий использует термин «антросоли» [Почвоведение, 1988] для обозначения почвенных образований, созданных человеком (вне зависимости от цели их создания). Мы предлагаем термин «антросолизация» для дефиниции всех процессов создания на базе нативных почв качественно новых (в той или иной мере) почвенных образований в результате деятельности человека. Процесс проградации ныне существующих почвенных таксонов, на наш взгляд, является необратимым, поэтому рано или поздно придётся говорить об образовании и функционировании именно антросолей. В связи с этим появляется и необходимость их изучения.

Глобальный техногенез и поступательное движение вперёд научно-технического прогресса на современном этапе развития человечества значительно деформирует, в первую оче-

редь, структуру биогеохимического круговорота (биогеохимическую пищевую цепь), понимаемого как устойчивый по времени круговорот веществ, охватывающий компоненты биогеоценоза, в основе которого лежит цикличность миграции [Скарлыгина-Уфимцева, 1991]. Ядром биогеохимической пищевой цепи можно с уверенностью считать педосферу, где происходит как захват биотой питательных веществ, так и минерализация растительных и животных остатков с образованием мортмассы. В таком аспекте изучение реакции растительности на техногенное изменение эдафических условий местообитания приобретает ярко выраженную актуальность.

Отвальный медеплавильный шлак как таковой имеет характерный минеральный состав, что входит в определение понятия «горная порода» [Рябинин, Гуляева, 2000; Рябинин, 2004], благодаря чему данное техногенное вещество может считаться, в определённом смысле, аналогом почвообразующей породы. Обычно шлак цветной металлургии включает в себя 4-5 порообразующих минералов: фаялит, форстерит, магнетит, гематит, диопсид [Рябинин, Гуляева, 2000]; кроме того, в качестве второстепенных минералов в нём присутствуют сульфиды тяжелых металлов и кварц. Перечисленные минеральные компоненты, по сути, представляют экологически и геохимически значимое депо химических элементов, способных при эмиссии шлака в почвенную систему перейти в доступную для растительности форму. Таким образом, предлагаемая нами форма утилизации металлургических отходов может считаться одним из способов регулирования биогеохимических циклов тяжёлых металлов, трансформации структуры этих циклов и изменения их энергетики, что, безусловно, актуально при ныне существующих масштабах антропогенного участия в глобальных экологических процессах. Следовательно, впервые функционирование техногенно загрязнённых ландшафтов может рассматриваться не через призму рекультивационных мероприятий, а через результаты трансформации почвенного слоя, детерминированной внесением техногенного материала. Мы отнюдь не отрицаем научного значения и целесообразности биологической рекультивации загрязнённых ландшафтов, однако предлагаем и иной вариант развития почвен-

ной фазы биогеоценоза как субстрата для произрастания растительности. В условиях резкого сокращения капиталовложений в рекультивационные мероприятия и все большего увеличения площадей, занятых отвалами и хвостохранилищами, процессы почвообразования с участием сульфидсодержащего материала нуждаются в более внимательном изучении и поиске новых методов оптимизации природопользования в антропогенно изменённых биогеоценозах.

Геохимическая значимость экспериментальной эмиссии шлака определяется взглядом на почву как на «сегодняшнюю» зону взаимодействия факторов внешней среды, возникающую в верхних слоях литосферы, т.е. поверхностную пограничную зону литосферы, где в настоящий момент происходит функционирование биокосной системы [Таргульян, 2005]. Мы стараемся рассматривать почву, прежде всего, как геологическое образование, в качестве именно пограничной зоны верхних горизонтов коры выветривания и дневной поверхности (атмосферы), и в гораздо меньшей степени – как на биологическое явление.

Автор выражает благодарность к. г.-м. н. В.Ф. Рябинину за ценные замечания при подготовке публикации и помощь в работе.

Список литературы

- Добровольский В.В.* Основы биогеохимии. М.: Academia, 2003. 400 с.
- Леонтьев М.С., Рябинин В.Ф.* Экогеохимическая характеристика распределения халькофильных металлов в дерново-подзолистых и серых лесных почвах Урала // Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 366-377.
- Леонтьев М.С., Рябинин В.Ф.* Эколого-геохимическая характеристика техногенных изменений в дерново-подзолистых почвах Урала // Региональные эколого-географические исследования и инновационные процессы в образовании. Мат-лы Всероссийской НПК. Ч. 1. Екатеринбург: УрГПУ, РГО, 2006. С. 184-196.
- Леонтьев М.С., Рябинин В.Ф.* Экологический аспект утилизации отходов цветной металлургии // Теоретические основания геологии и геоэкологии – насущная потребность естествознания. Пенза: Изд-во ПГУ, 2006. С. 85-87.
- Леонтьев М.С., Котельникова А.Л., Рябинин В.Ф.* Влияние отходов цветной металлургии на распределение анионов в профиле серых лесных почв // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона. Материалы Междунар. НПК. Омск: Наука, 2006. С. 183-185.
- Почвоведение.* Учебник для студ. высш. учебн. Заведений / Под ред. В.А. Ковды и Б.Г. Розанова. В 2-х тт. М.: Просвещение, 1988.
- Рябинин В.Ф.* К мобилизации вещества из медеплавильных шлаков // Минералогия техногенеза-2004. Миасс: ИМин УрО РАН, 2004. С. 74-79.
- Рябинин В.Ф., Гуляева Т.Я.* Отвалы шлаков производства черновой меди в зоне гипергенеза // Ежегодник-1999. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2000. С. 289-293.
- Скарлыгина-Уфимцева М.Д.* Системно-иерархический анализ микроэлементного состава фитобиоты ландшафтов // Труды Биогеохимической лаборатории АН СССР. Т. 22. М.: Наука, 1991. С. 120-134.
- Таргульян В.О.* Элементарные почвообразовательные процессы // Почвоведение. 2005. № 12. С. 1413-1423.