

УДК 628.396

**Д.Г. Козлов**

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ  
МОБИЛЬНЫМИ ПРОДУКТАМИ ОТБОЙКИ  
ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ РУД**

Семинар № 6

---

**Б**олее 65 % железной руды России в самые ближайшие годы будет добываться в крупных карьерах глубиной более 300 м в условиях крепких и весьма крепких пород, доля которых в вынимаемой горной массе превышает 86 %.

подавляющее большинство вынимаемой горной массы в железорудных карьерах в настоящее время составляют породы и руды крепостью более 14 по шкале М. М. Протодеяконова, требующие применения буровзрывных работ.

Темпы загрязнения окружающей среды при добыче полезных ископаемых зависят от количества образующейся активной пыли, способной мигрировать в окрестности карьера. Со временем они будут увеличиваться.

Железные руды отличаются друг от друга по прочности в пределах 8-30, что указывает на их хрупкость. Месторождения рассматриваемого типа представляет собой сложную модель, состоящую из структурных элементов с неоднородными свойствами. У кварцитов отмечается тенденция увеличения свойств руд и пород: сцепление, угол внутреннего трения, хрупкость и т.п. с возрастанием глубины их залегания. Поэтому расходы ВВ на отбойку руд будут увеличиваться, а с ними увеличится и выход активных фракций пыли крупностью до 500 мкм.

Для минимизации эффекта переизмельчения руд при отбойке варьируют энергией взрыва зарядов за счет регулирования начального давления смеси газов в зарядной полости и ее объема. Это позволяет управлять очередностью взрывания зарядов с различными интервалами замедления. Выход однородных фракций кварцита при отбойке пород с плотно сомкнутыми трещинами выход больше, чем при отбойке пород с открытыми трещинами.

При снижении удельного расхода ВВ на отбойку и увеличении выхода горной массы с 1 м скважины за счет расширения сетки скважин в условиях уменьшенных величин ЛНС и увеличенной высоты уступа выход кварцита однородных фракций возрастает, а количество пыли уменьшается.

Скальный массив руд и пород включает трещины, заполненные глиной трения и породной мелочью. В момент взрыва геоматериалы сталкиваются друг с другом, превращаясь в пыль. В атмосферу поднимается мелкодисперсная пыль, которая уносится на периферию и угнетает экосистемы окружающей среды.

В массиве взметнувшейся над карьером пыли протекают и конвективные процессы перемещения потоком воздуха и диффузионные, если длина пробега их молекул сравнима с размерами пылинок. По мере удаления от взрыва концентрация пыли уменьшается до фонового значения.

Радиус опасного техногенного пылевого загрязнения окрестностей карьера измеряется десятками километров. Ореол разноса корректируется ветровыми потоками с коэффициентом в пределах 1.5-2.0. Фоновый уровень концентрации пыли появляется через несколько часов.

Выпадая из пылевого облака, минеральные частицы становятся средой природного выщелачивания атмосферными осадками и поверхностными водами. Интенсивность загрязнения окружающей среды пылевыми продуктами горного производства возрастает в прямой зависимости от доли мелких фракций и в обратной зависимости от расстояния переноса с корректировкой на скорость ветра.

В подавляющем большинстве случаев концентрация пыли в атмосфере прямо пропорциональна интенсивности выброса и обратно пропорциональна скорости ветра и высоте источника над землей. Увеличение высоты выброса, например, за счет увеличения количества и силы ВВ может снизить концентрацию пыли в воздухе в окрестности карьера, но увеличивает суммарный объем пыли.

Выпадение более крупных частиц за счет осаднения уменьшает концентрацию пыли. Такие частицы, поднятые взрывом на высоту  $H$ , при ламинарном воздушном потоке оседают на расстоянии  $Hv/v_g$ , где  $v$  - скорость ветра,  $v_g$  - скорость оседания частицы.

Расстояние оседания мелких частиц в турбулентной атмосфере сокращается за счет турбулентной диффузии. Даже самые мелкие частицы осаждаются в окрестности карьера за счет седиментации, инерционного осаднения, диффузии и действия электрического поля Земли.

Попавшие в почву пылевые частицы при любых малых размерах имеют возможности для поддержания про-

цесса выщелачивания: воду, кислород и плюсовую температуру.

Наиболее активно металлы извлекаются при отношении твердого к жидкому 1:400 по объему. В интервале значений 0-400 объемов выделяются 2 пика значений, что связано с физическим состоянием выщелачиваемого материала. Скорость химических процессов определяется суммой скоростей отдельных реакций внутри - диффузионной и химической кинетики.

В зонах регионов, подверженных техногенному влиянию, отмечается снижение урожайности культур и деградация растительности. Становится опасным использовать в рационе питания продукты животноводства, полученные на фураже, заготовленном в окрестностях карьеров, и зерновые культуры, выращенные на землях вблизи источников выбросов пыли.

Железистые кварциты и вмещающие их породы содержат Pb, Zn, Ni, Cu, Co, Cr, Cd, V, Mn, иногда и Ge, B, Bi, Sb, Se и Hg. В результате пылевых выбросов в почвах формируются техногенные геохимические аномалии Fe, Cu, Zn, Pb, Cd и радиоактивных элементов. Влияние сильного электромагнитного поля усугубляет воздействие экологически неблагоприятных факторов.

Количество металлов, попадающее в почву в результате природного выщелачивания пылевых частиц при открытой разработке железорудных месторождений (M):

$$M = \frac{Q k_B \gamma k_y k_\varepsilon (c_H - c_K) k_R^\omega}{k_r k_o} k_B k_{ao} t, \text{ T}$$

где Q - производственная мощность карьера, м<sup>3</sup>;  $k_B$  - коэффициент выхода руды с 1 м<sup>3</sup> добытой горной массы;  $\gamma$  - объемный вес руды, т/м<sup>3</sup>;  $k_y$  - коэффициент влияния высоты уступа;

$K_s$  - коэффициент использования энергии взрывного превращения;  $C_n, C_k$  - начальная и конечная концентрация металлов в руде, %;  $K_k$  - коэффициент кислотности воды;  $K_o$  - коэффициент основности воды;  $\omega$  - извлечение металлов из руды, доли ед.;  $K_b$  - коэффициент скорости ветровых потоков;  $K_{ao}$  - коэффициент интенсивности атмосферных осадков;  $t$  - время.

Минералы железа, в числе прочих, подвергаются фотохимическому разрушению, образованию комплексов, микробиологическому выщелачиванию, в результате чего железо переходит в водную среду.

В присутствии воды железосодержащие минералы реагируют с образованием серной кислоты. Высвобождающиеся из твердых матриц металлы транспортируются водными потоками в пределах почвенного слоя литосферы.

Железо в истинно растворенной форме входит в состав донных отложений и гетерогенных систем, которые сорбируют и накапливают его. Впоследствии железо может высвободиться из систем под действием энергии и образовывать токсиканты, в результате чего происходит деградация окружающей среды.

Металлы, попадающие в почвы с мелкодисперсными пылевыми частицами, накапливаются в верхнем, аккумулятивном горизонте, что обуславливается не только способностью гуминовых кислот, но и климатическими особенностями региона. При увлажнении среды они немедленно вступают в реакции с образованием токсикантов.

В ходе феномена наложения геохимических барьеров в регионе фор-

мируются локальные техногенные аномалии, способные перерасти в региональные и глобальные.

В радиусе до 10 км от горных предприятий формируется зона чрезвычайно опасного загрязнения, а в почвах содержится 70 % элементов первого класса опасности.

В радиусе от 10 до 20 км в почвах формируется зона опасного загрязнения, а в почвах на долю элементов первого класса опасности приходится 20 %.

На расстоянии более 20 километров формируется зона умеренно - опасного загрязнения.

В рамках сформировавшихся аномалий проявляются новые свойства токсикантов. В том числе коллективные факторы взаимодействия металлов. Например, совместная токсичность железа и меди в 6 раз выше, чем токсичность каждого из этих металлов в тех же количествах в отдельности. Этот феномен наблюдается и между коллективами других металлов.

Суммарная загрязненность почв опасна не только массой техногенной нагрузки, но и ответной реакцией на воздействие вследствие синергетических эффектов комбинированного воздействия составляющих их компонентов.

Вегетационные свойства биоты определяются качеством почв, на которых они произрастают. При механическом и химическом разубоживании почв токсичными породами урожайность сельскохозяйственных культур снижается. Так, при 20 % разубоживании урожайность почв не превышает 12 % от базового значения, а при 40 % и более разубоживании урожайность составляет всего 3-5 % от базового значения.

Растения накапливают металлы дифференцировано: железо и марганец максимально, медь и цинк в

меньшей степени и незначительно кадмий. Содержание металлов в исследуемых растениях составляет 164-469 мг/кг железа, 11-32 мг/кг цинка, 4-6 мг/кг меди, 57-84 марганца, 2-3 мг/кг никеля.

При воздействии пыли, содержащей железо и его соединения, на кожу людей и фауны возможны аллергические дерматиты, поражение дыхательных путей, нарушения функции печени, желудочные заболевания и прекращение жизнедеятельности организма.

Механизм накопления, усвоения и трансформации металлов в пределах системы «предприятие – среда - биота» описывается математико-аналитической моделью:

$$M_{\phi} = M_{\phi, \text{баз}} \left(1 - \frac{Q_r k_{\phi} k_{\text{вс}} k_y k_{\kappa}}{k_{\text{гн}}}\right), \text{вес.ед.}$$

где  $M_{\phi}$  – биологическая масса живого вещества на территории загряз-

ненного региона, вес.ед.;  $M_{\phi, \text{баз}}$  – биологическая масса живого вещества на территории базового региона до техногенного вмешательства, вес.ед.;  $Q_r$  – количество природно выщелоченных из пыли токсикантов, вес.ед.;  $k_{\phi}$  – коэффициент фильтрации почвы;  $k_{\text{вс}}$  – коэффициент перевода токсикантов в водную среду;  $k_y$  – коэффициент усвоения токсикантов растением;  $k_{\kappa}$  – коллективного суммирования влияния токсикантов;  $k_{\text{гн}}$  – коэффициент влияния глубины почвы или зоны проникновения.

Предложенная модель описывает состояние не только растений, но и других представителей живого вещества, в том числе и человека, с уточнением их индивидуальных особенностей. **Т/АБ**

### Коротко об авторе

Козлов Д.Г. – аспирант, РГГРУ.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 6 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р геол.-минерал. наук, проф. А.А. Вечерба, декан РГГРУ.

