

Особенности миграции тяжелых металлов в природных и сточных водах

Крюченко Н. О.¹, Седов А. О.², Сас Д. П.¹

¹ Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины, Киев

² Департамент научно-технологического развития Министерства образования и науки Украины, Киев

Показано, что одним из критериев разбраковки природных и техногенных аномалий может служить отношение содержания сульфатов металлов к содержанию их катионных форм в воде. Это соотношение резко увеличивается с возрастанием степени загрязнения вод.

Миграция химических элементов в объектах окружающей среды определяется целым рядом внешних и внутренних факторов. Известно, что к внешним относятся концентрация вещества, температура, давление, степень ионизации растворов и расплавов, окислительно-восстановительные потенциалы, величина pH; а к внутренним – свойства связи, химические свойства соединений, энергетические свойства ионов, гравитационные и радиоактивные свойства атомов.

Учитывая, что происхождение химического состава подземных вод определяется преимущественно условиями равновесия природной системы "раствор - порода", авторы на конкретных примерах показали возможность использования термодинамических расчетов не только для определения основных, наиболее устойчивых форм химических элементов в природных растворах определенного химического состава, но и выявления основных особенностей соотношения этих форм в природных водах и техногенных стоках. Последнее важно для решения целого ряда экологических задач, например, для определения степени и источников загрязнения природных вод, а также для решения поисковых задач.

Для эксперимента на территории Киева были отобраны "условно чистые" воды (из четвертичного водоносного горизонта) и вода, подверженная техногенному влиянию – "грязная вода" (pH – 6,5).

Для определения форм миграции тяжелых металлов в "чистой" и "грязной" воде (промышленных стоках) с помощью программы PHREEQC проведено математическое моделирование. Химический состав "условно чистой" и "грязной" воды приведен в таблице.

Показано, що одним з критеріїв розбракування природних і техногенних аномалій може слугувати відношення вмісту сульфатів металів до вмісту їх катионних форм у воді. Це співвідношення різко зростає зі збільшенням ступеня забруднення вод.

It is display, that one of yardsticks evaluation of natural and ethnogeny anomalies can be served with attitude of Zinc sulfates of metals to their cationic forms. This attitude is sharply augmented at increase of a rate of fouling of waters.

Как видно из таблицы, в "грязной" воде увеличено содержание Mg, Cl, тяжелых металлов, резко увеличено содержание SO_4^{2-} ; уменьшено – HCO_3^- , что характерно для этих вод.

Термодинамические расчеты, проиллюстрированные графиками, позволили установить следующее. Увеличение содержания сульфатов в химическом составе "грязной" воды приводит к резкому увеличению содержания комплекса "тяжелый металл – сульфат", при этом содержание "чистых" ионов металлов (Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+}) несколько падает. Исключение составляет Pb^{2+} , для которого преобладает форма $PbHCO_3^+$. Содержание хлоридов, как в "условно чистой" так и в "грязной" воде не изменяется.

Следовательно, одним из критериев разбраковки природных и техногенных аномалий может служить отношение содержания сульфатов металлов к их катионным формам в водах. Это соотношение резко увеличивается при увеличении степени загрязнения вод.

Таблица

Химический состав воды, мг/л

Компонент	Условно чистая вода	"Грязная" вода
Ca ²⁺	106,0	160,0
Mg ²⁺	24,0	66,0
Na ⁺	30,0	18,0
HCO ₃ ⁻	494,0	61,0
SO ₄ ²⁻	20,0	560,0
Cl ⁻	13,0	55,4
Mn ²⁺	0,025	7,0
Fe ²⁺	1,5	0,65
Cd ²⁺	0,001	0,025
Cu ²⁺	0,025	8,7
Zn ²⁺	0,0025	4,6
Pb ²⁺	0,005	0,028

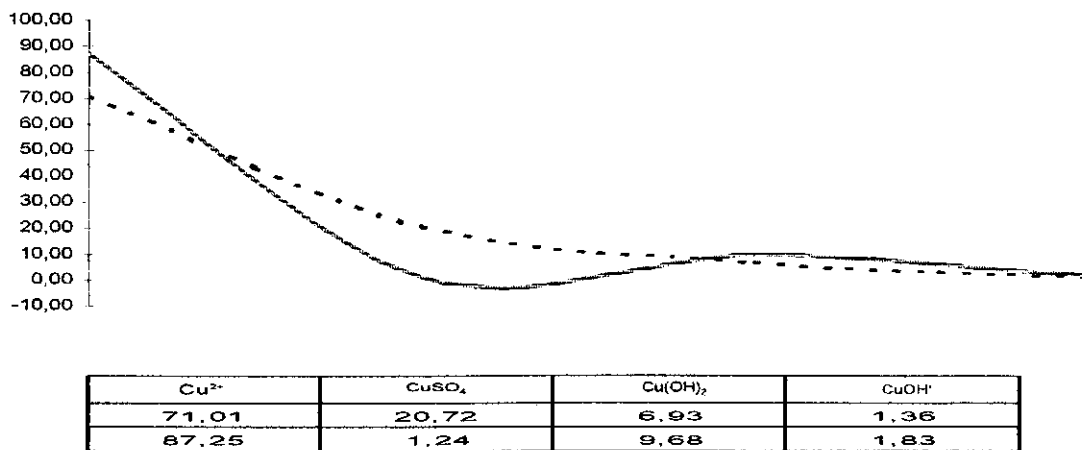
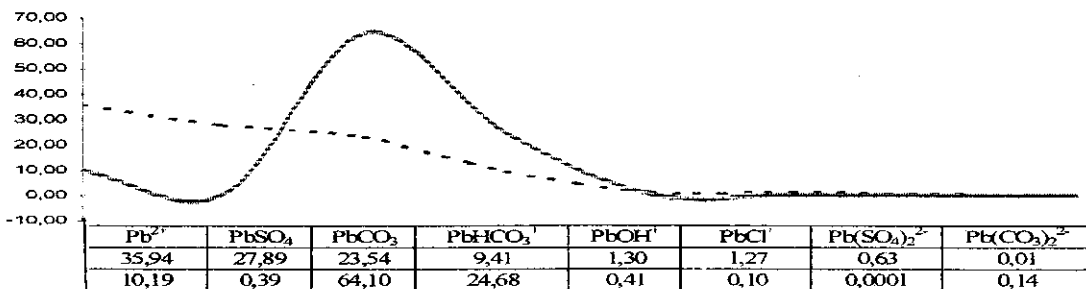
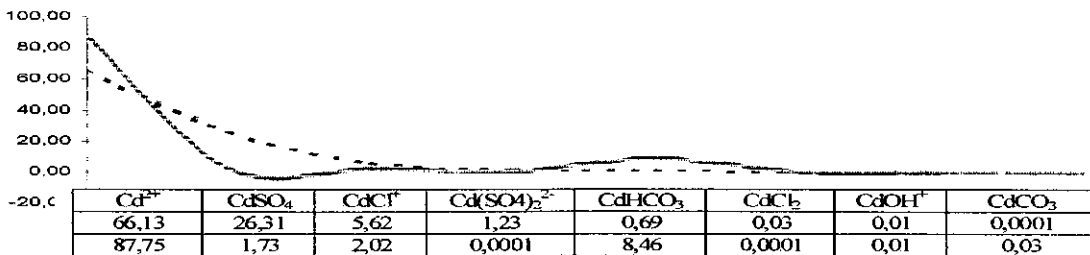
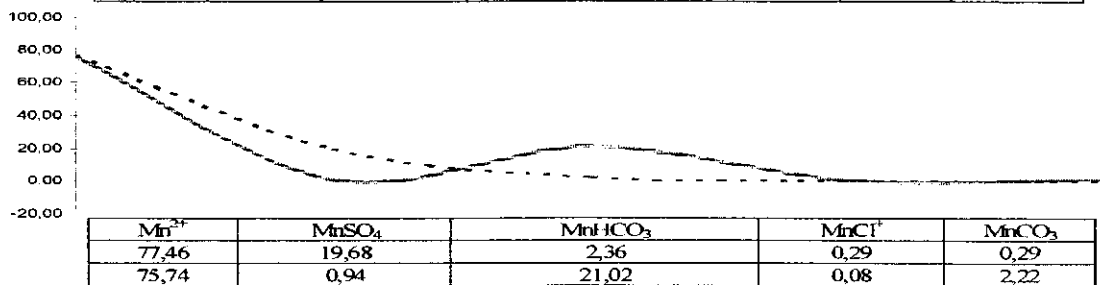
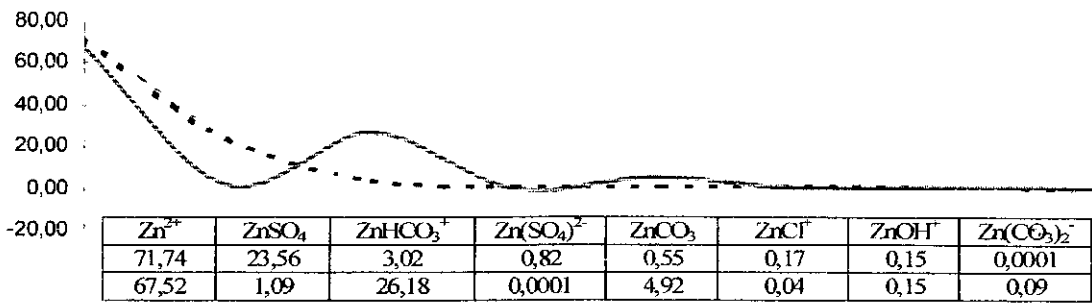


Рисунок. Формы миграции тяжелых металлов в природных и сточных водах: 1 – цинка, 2 – марганца, 3 – кадмия, 4 – свинца, 5 – меди. По оси ординат приведена сумма молярных концентраций, %. Пунктир – “грязная” вода, сплошная линия – условно “чистая”