

Е. П. Щербакова

**СУЛЬФАТИЗАЦИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ —  
ПОСЛЕДСТВИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА\***

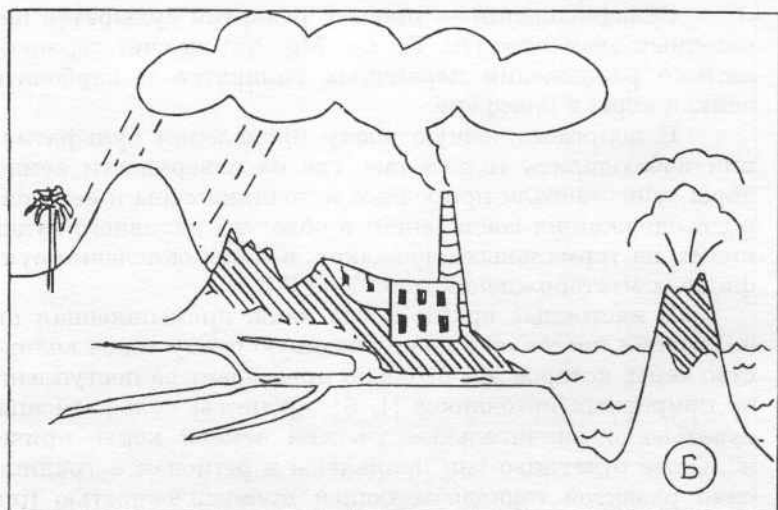
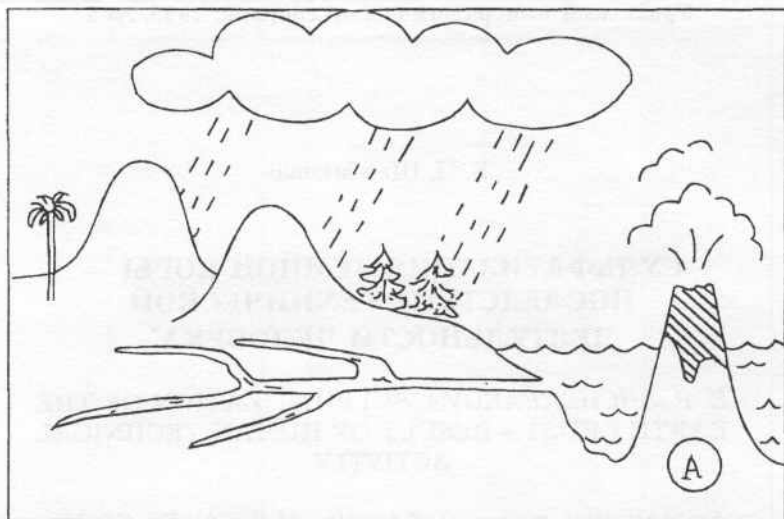
*E. P. SHCHERBAKOVA. SULPHATIZATION OF THE  
EARTH CRUST — RESULT OF HUMAN TECHNICAL  
ACTIVITY*

Sulphatization is process of forming of the Al, Fe, Ca, Mg, and Na sulphates under decay of the initial silicates and carbonates of the earth crust in biosphere. At present, when technogenic sulphur is admitted into environment in amounts exceeding of the natural sources, increasing area of the earth crust are enveloped by sulphatization.

Сульфатизация — процесс развития сульфатов петрогенных элементов (Al, Fe, Ca, Mg, Na) за счет сернокислотного разложения первичных силикатов и карбонатов земной коры в биосфере.

В допромышленную эпоху проявления сульфатизации наблюдались только там, где на поверхности земной коры существовали природные источники серы и ее кислородосодержащих соединений: в областях активного вулканизма, на термальных площадках, в зонах окисления сульфидных месторождений (рис. 1, а) [3].

В настоящее время, когда наша промышленная цивилизация поставляет в окружающую среду такое количество серы, которое значительно превышает ее поступления от природных источников [1, 8], процессы сульфатизации охватывают значительные участки земной коры, причем наиболее отчетливо они проявлены в регионах с традиционно развитой горнодобывающей промышленностью (рис. 1, б), например, в различных угольных бассейнах [4, 7].



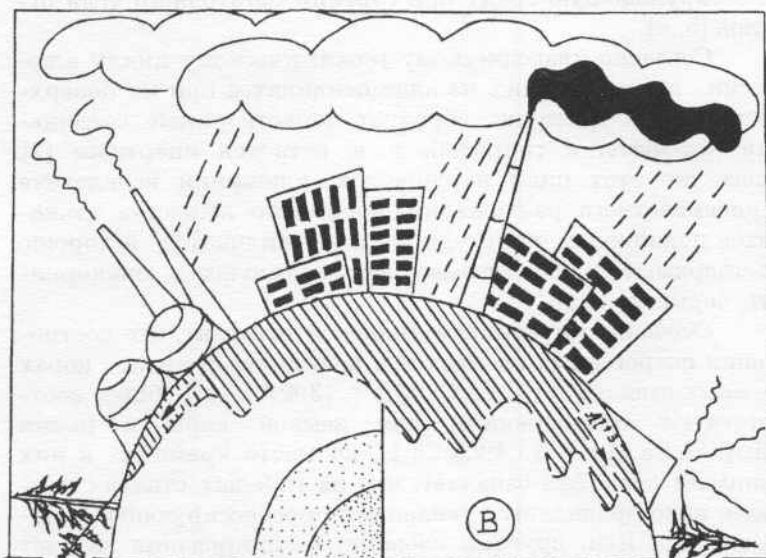


Рис. 1. Схематическое расположение зон сульфатизации (заштриховано) на поверхности земной коры (по [8] с дополнениями): а) в допромышленную эпоху; б) в настоящее время; в) в будущем при сохранении существующего уровня поступления серы в окружающую среду.

Яркие примеры сульфатизации наблюдаются на горелых отвалах Челябинского угольного бассейна (Южный Урал). Подобные объекты более десятка лет привлекают к себе внимание минералогов, так как необычная ассоциация химических элементов, участвующая в реакциях, происходящих на горелых отвалах, приводит к появлению своеобразных минералов, многие из которых в других местах нашей планеты не встречаются [5, 9, 10]. В поисках таких минералов мы обнаружили в верхних частях отвалов специфические образования — сульфатные коры, в составе которых по количеству минеральных видов и по общей массе преобладают различные алюмосодержащие сульфаты, причем подавляющее большинство из них хорошо растворимо в воде. Эти коры возникают в результате воздействия серной кислоты на первичный алюмосиликатный (глинистый) отвальный материал, а серная кислота образуется на поверхности отвалов за счет серы, выделяющейся-

ся в окружающую среду при горении остаточного угля отвалов [5, 6].

Согласно классическому геохимическому циклу алюминий, высвобождаясь из алюмосиликатов при их поверхностном выветривании, образует нерастворимые соединения (фосфаты и гидраты), т. е. остается инертным [2]. Здесь же этот цикл нарушается: алюминий вследствие сернокислотного разложения отвального вещества становится подвижным, переходя из алюмосиликатов в хорошо растворимые водные алюмосульфаты (алуноген, пиккерингит, чермигит и др.).

Особенно интересным является тот факт, что соотношения петрогенных элементов в алюмосульфатных корках горелых отвалов (S:Al:Fe:Ca:Mg = 13:4:3:1:1) в общем соответствуют соотношениям для земной коры в целом (Si:Al:Fe:Ca:Mg = 13:4:2.5:1.5:1), но место кремния в них занимает сера. Это означает, что на горелых отвалах наиболее ярко проявляется тенденция прогрессирующей сульфатизации или, другими словами, формирования за счет инертной алюмосиликатной оболочки агрессивной сульфатной, отличительными особенностями которой являются уменьшение pH среды и переход классически инертного алюминия в подвижное состояние.

Общую тенденцию в развитии минералообразующих процессов на поверхности земной коры — замещение солей более слабых кислот солями более сильных — в свое время показал В. И. Вернадский на примере глобальной карбонатизации силикатов и алюмосиликатов в биосфере [2]. При сохранении существующего уровня поступления в окружающую среду техногенной серы и ее производных глобальный характер примет сульфатизация силикатов и карбонатов — следующая ступень в этом ряду (рис. 1, в).

---

\* Доклад, представленный на VII Европейский экологический конгресс, г. Будапешт, 20 — 25 августа 1995 г. Поездка на Конгресс осуществлена при поддержке Фонда Дж. Д. и К. Макартугов.

## Литература

1. Бандман А. Л. Сера и ее соединения // Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов V—VIII групп. Л.: Химия, 1989. С. 170—256.
2. Вернадский В. И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1983. 422 с.
3. Система минералогии / Дж. Д. Дэна, Э. С. Дэна, Ч. Пэлач и др.: Пер. с англ. М.: Изд-во иностр. лит., 1953. Т. II. Полугом I. Сульфаты. 774 с.
4. Сребродольский Б. И. О сернокислотном разложении угленосных пород на самовозгорающихся терриконах Донбасса // Литология и полезн. иск. 1974. № 6. С. 137—139.
5. Чесноков Б. В., Щербакова Е. П. Минералогия горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (опыт минералогии техногенеза). М.: Наука, 1991. 152 с.
6. Щербакова Е. П. Низкотемпературные минерализации горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (Южный Урал). Автореферат дисс... канд. геол.-мин. наук. Свердловск, 1989. 16 с.
7. Щербакова Е. П. Сульфатизация верхних частей земной коры как одно из последствий технической деятельности человека // Тез. докл. совещания «Минералогия Урала». 1990.
8. Эволюция глобального биогеохимического цикла серы / Под ред. акад. Иванова. М.: Наука, 1989. 200 с.
9. Lapham D. M., Barnes J. H., Downey W. P. Jr., Finkelman R. B. Mineralogy associated with burning anthracite deposits of eastern Pennsylvania // Pa. Geol. Surv. Miner. Resour. Rept. 1980. № 78. 82 pp.
10. Zacek V. Zonální asociace druhotných minerálů z kladenských horicích hald // Acta univer. Carolinae. Geologica. 1988. № 3. P. 315—341.