

УДК 537.533.2

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАРЯДА И ЭКЗОЭМИССИОННОЙ АКТИВНОСТИ
ПОВЕРХНОСТИ КВАРЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДАВЛЕНИЯ

Р.Ф. БАЙБЕКОВ, д. с.-х. н.; Ф.М. КЛИНОВ, С.Л. БЕЛОПУХОВ, д. с.-х. н.

(Кафедра почвоведения, кафедра неорганической и аналитической химии)

Показана возможность применения метода экзоэлектронной эмиссии для изучения электрических свойств почв, степеней окисления атомов и кинетики массопереноса химических элементов. Изучены процессы заряжения поверхности кристаллов диоксида кремния при облучении рентгеновским излучением и термостимулированной экзоэмиссии. Показано, что поверхностный потенциал кристаллов может изменять величину и заряд при повышении температуры, дозы облучения и давления. Получены уравнения изменения величины потенциала от дозы облучения.

Действие полей различной физической природы на почвы, минералы, кристаллы приводит к изменению их электрических характеристик, степеней окисления атомов и кинетике массопереноса химических элементов. При изучении экзоэлектронной эмиссии (ЭЭЭ) диэлектриков особое внимание уделялось индуцированным в процессе возбуждения электрическим полям. Вызвано это тем, что все виды возбуждения экзоэмиссии — рентгеновское и гамма-облучения, бомбардировка различными частицами и другие вызывают появление в веществе объемного электрического заряда. Роль такого заряда не всегда учитывается, хотя хорошо известно, что электрическое поле в образцах является одним из факторов, активно влияющих на ЭЭЭ [1].

До настоящего времени не существует однозначной трактовки механизмов экзоэлектронной эмиссии в диэлектриках, что объясняется отсутствием систематических исследований экзоэмиссионных характеристик в совокупности с изучением зарядного состояния в диэлектриках и его роли в массопереносе химических элементов [2].

Целью данной работы явилось изучение процессов заряжения облученных диэлектриков с использованием методов экзоэлектронной эмиссии и измерений поверхностного потенциала.

При исследовании радиационного заряжения диэлектрика использовали образцы кварцевого стекла КУ-2 толщиной 0,5—1,4 мм, площадью 0,8 см². Образцы облучали на воздухе при комнатной температуре рентгеновским излучением ($U = 50$ кВ, $I = 10$ мА) дозами $2,5-2,5 \cdot 10^3$ Кл \cdot кг⁻¹ и затем помещали в вакуумную камеру. Измерения термостимулированной экзоэмиссии (ТСЭЭ) и поверхностного потенциала ($U_{\text{пов}}$) проводили в вакууме 10^{-4} Па. Температурный интервал измерения ТСЭЭ 290-770К, скорость прогрева — 20 град/мин. Поверхностный потенциал измеряли методом вибрирующего электрода. Чувствительность устройства измерения поверхностного потенциала — 1 мВ, разрешающая способность 0,5 мм². Исследование поверхности образца методом ТСЭЭ и поверхностного потенциала ($U_{\text{пов}}$) проводили одновременно.

На рис. 1 приведены кривые ТСЭЭ (а) и поверхностного потенциала (б)

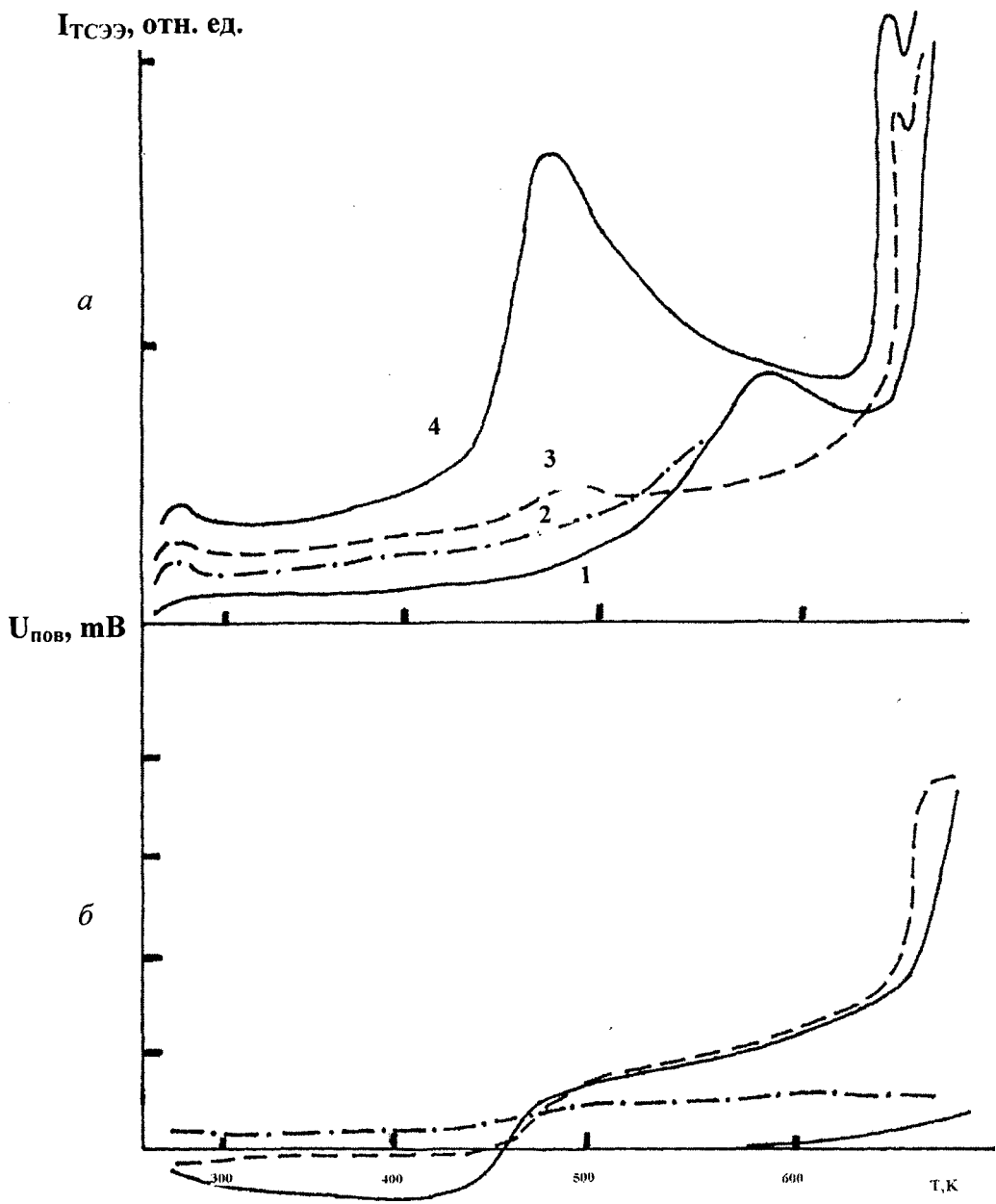


Рис. 1. Изменения ТСЭЭ (а) и поверхностного потенциала (б) кварца при различных дозах рентгеновского облучения: 1 — $2,5 \text{ Кл} \cdot \text{кг}^{-1}$; 2 — $2,5$; 3 — $2,5 \cdot 10^2$; 4 — $2,5 \cdot 10 \text{ Кл} \cdot \text{кг}^{-1}$

кварцевого стекла КУ-2, облученного различными дозами рентгеновского излучения. В диапазоне температур

290-473К при дозах рентгеновского облучения свыше $2,5 \cdot 10 \text{ Кл} \cdot \text{кг}^{-1}$ поверхностный потенциал образца отрица-

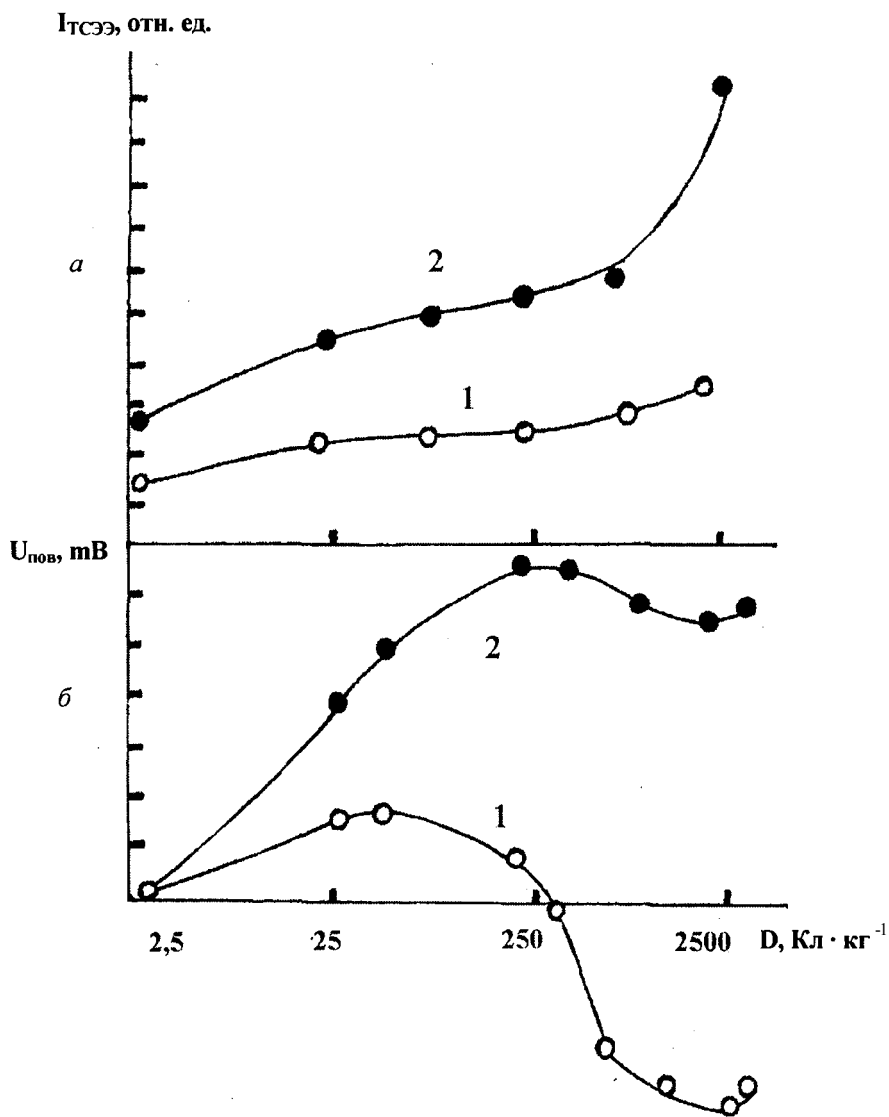


Рис. 2. Зависимость интенсивности ТСЭЭ (а) и поверхностного потенциала (б) от дозы рентгеновского облучения при разных температурах: 1 — 373; 2 — 513К

тельный, однако в дальнейшем при повышении температуры $U_{\text{пов}}$ образца становится положительным.

На рис. 2 показаны зависимости ТСЭЭ (а) и поверхностного потенциала (б) при постоянной температуре для различных доз рентгеновского облучения. Поверхностный потенциал при температуре 373К с увеличением дозы рентгеновско-

го облучения от 2,5 до $2,5 \cdot 10$ Кл \cdot кг⁻¹ меняет знак на противоположный, т.е. происходит перезарядка поверхности образца (см. рис. 26). Изменение потенциала при этой температуре от дозы облучения (D) может быть охарактеризовано следующей полиномиальной зависимостью по уравнению (1), а интенсивности ТСЭЭ — по уравнению (2):

$$U_{\text{пов.}} = -9,7 \cdot 10^{-10} \cdot D^3 + 1,1 \cdot 10^{-5} D^2 - 0,031 \cdot D + 6,9; \quad (1)$$

$$I = 0,00024 \cdot D + 0,41. \quad (2)$$

Интенсивность ТСЭЭ в указанном диапазоне доз рентгеновского облучения постепенно возрастает. При температуре 513К (температура пика ТСЭЭ) поверхностный потенциал всегда положительный. В интервале доз $2,5 \cdot 10^2 - 1,25 \cdot 10^3$ Кл \cdot кг⁻¹ наблюдается незначительное снижение $U_{\text{пов.}}$ в то время как интенсивность ТСЭЭ резко возрастает. Изменение потенциала при 513К от дозы облучения (D) может быть охарактеризовано полиномиальной зависимостью (3), а интенсивности ТСЭЭ — по уравнению (4).

$$U_{\text{пов.}} = 6,2 \cdot 10^{-9} \cdot D^3 - 3,1 \cdot 10^{-5} D^2 + 0,04 \cdot D + 17; \quad (3)$$

$$I = 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot D + 0,19. \quad (4)$$

В связи с тем, что образцы облучали рентгеновским излучением на воздухе, а затем переносили в вакуумную камеру, было проведено дополнительное исследование влияния глубины вакуума на интенсивность ТСЭЭ и величину поверхностного потенциала для учета влияния адсорбатов на указанные зависимости. Результаты измерений ТСЭЭ и $U_{\text{пов.}}$ при различной глубине вакуума в камере свидетельствуют, что поверхностный потенциал при низком вакууме (10^{-3} Па) имеет более высокое отрицательное значение, чем при давлении 10^{-4} Па, в то время как интенсивность ТСЭЭ возрастает при улучшении вакуумных условий.

Таким образом, появление при дозах больше $5 \cdot 10^2$ Кл \cdot кг⁻¹ отрицательного поверхностного потенциала (см.

рис. 1, 2) можно объяснить тем, что комптоновские электроны, а также электроны, проникающие из внешней среды, локализуются в образце на определенной глубине. Они попадают на ловушки и образуют зону отрицательного заряда в объеме диэлектрика, при этом в приповерхностной области создается обедненная электронами положительно заряженная зона. Облученный образец в обычных условиях является электронейтральным, поэтому следует предположить, что после прекращения облучения на поверхности кварца адсорбируются отрицательные ионы и электроны, компенсирующие ее положительный заряд. Экспериментальные данные (см. рис. 2) свидетельствуют, что с увеличением дозы рентгеновского облучения отрицательный заряд адсорбатов возрастает.

Таким образом, полученные данные по исследованию закономерностей структурных изменений и превращений минералов позволяет получить новые сведения о структурных изменениях минералов, физико-химических процессах в них при радиационных воздействиях, перераспределении атомов и групп атомов, что необходимо для объяснения многих различий между составом и строением почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пуцаровский Д.Ю. Кристаллы и рентгеновские лучи// Соросовский образовательный журнал, 1997. № 12. С. 70-77. — 2. Сальников В.Н., Монингер Г.Г., Заверткин С.Д., Коровкин М.В., Долгов И.В. О некоторых электрофизических свойствах кварцитов// Физико-технические проблемы полезных ископаемых, 1994. № 3. С. 89-99.

SUMMARY

The opportunity of exo-electronic emission method use to study electric properties of soils, degree of atom oxidation and kinetics of mass transition of chemical elements has been shown. The processes of SiO₂ (silicon dioxide) surface crystals charging when both X-raying and thermostimulation exo-emission have been investigated. It's been shown that crystals surface potential can change both quantity and charge when temperature, radiation dose and pressure rise. Equations of potential quantity change from radiation dose have been deduced.