

## ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ПРИРОДНЫХ СТЕКОЛ: ПАРАМЕТРЫ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СТЕКОЛ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Кашкаров Л.Л., Ивлиев А.И., Калинина Г.В.

Институт геохимии и аналитической химии им В.И. Вернадского РАН  
119991 Москва, В-334, ул. Косыгина 19  
[ugeochem@geochem.home.chg.ru](mailto:ugeochem@geochem.home.chg.ru); Тел. (8-252 219-88)

---

Ключевые слова: природные стекла, термолюминесценция

### Введение

Исследование термолюминесценции (ТЛ) природных силикатов и, в частности, стекол является одним из наиболее чувствительных методов определения возраста их формирования [1,2]. Причем стекла наиболее точно отражают временной интервал, прошедший с момента их формирования или последнего события высокотемпературного (до 300 – 400 °С) нагрева, до настоящего времени. В связи с этим детальное изучение ТЛ характеристик для стекол разного происхождения является первостепенной задачей при их датировании.

В данной работе приводятся результаты экспериментального изучения ТЛ природных стекол, отличающихся между собой как процессом формирования, так и последующей историей охлаждения. Основной задачей на первом этапе исследования было получение количественных параметров ТЛ, с помощью которых проводится сопоставление вероятности накопления и сохранности ТЛ в стеклах разного происхождения.

### Методика исследования

В кристаллическом веществе разного рода дефекты и включения инородных атомов в кристаллической решетке образуют зарядово-дефектные состояния с промежуточными энергетическими уровнями, на которые могут захватываться образованные в результате радиационного воздействия свободные электроны. Природные стекла, за исключением стекол со следами частичной или полной раскристаллизации, это - практически полностью аморфное вещество. Поэтому, в отличие от кристаллического вещества, процесс накопления ТЛ в стеклах имеет специфические особенности: захват электронов в метастабильные состояния, или “ловушки” в стекле в основном связан с микроструктурными дефектами. В дальнейшем в результате нагрева эти электроны с определенной вероятностью могут рекомбинировать с центрами люминесценции, в результате чего происходит ТЛ свечение. Интенсивность ТЛ исследуемого образца пропорциональна количеству разного рода “ловушек”, а также дозе ионизирующего облучения вплоть до уровня ее насыщения.

Измерение природной, накопленной с момента последнего нагрева  $T_{\text{НАТ}}$ , а также индуцируемой под действием рентгеновского излучения  $T_{\text{РЕН}}$ , проводилось на высокочувствительной установке, описанной в работе [3]. Для полученных кривых свечения ТЛ измерены следующие параметры: 1) интенсивность ТЛ в низкой и высокой температурной областях; 2) минимальная температура нагрева образца, при которой появляется очень слабое свечение ТЛ, по крайней мере, в несколько раз превышающее уровень фона установки; 3) наличие или отсутствие пиков на кривой свечения ТЛ, для которых измерены: температура пика ( $T$ , °С), высота пика ( $I_{\text{ТЛ}}$ , отн. ед.) и его полная ширина на половине высоты (ПШПВ, °С).

### Результаты и обсуждение

Полученные результаты измерений  $T_{\text{НАТ}}$  и  $T_{\text{РЕН}}$  приведены в таблице. Как видно, изученные образцы природных стекол имеют как идентичные, так и специфические особенности, частично отражающие процесс их формирования:

(1)  $T_{\text{НАТ}}$  – свечение наблюдается для всех изученных стекол только в высокотемпературной ( $\geq 200^\circ\text{C}$ ) области. Величина интенсивности  $T_{\text{НАТ}}$  лежит в пределах от  $\sim 0.003$  до  $\sim 0.67$  отн. ед. Для всех 4-х изученных образцов тектитов в довольно узком интервале температуры (360 - 400 °С) наблюдаются пики свечения, интенсивность которых на один-два порядка величины превышает уровень фонового свечения установки ( $\sim 0.001$  отн. ед. при температуре до  $\sim 400^\circ\text{C}$ ). Для всех этих пиков величина параметра ПШПВ не превышает  $20^\circ\text{C}$ .

(2) В отличие от тектитов для  $T_{ЛНАТ}$  обсидианов наблюдаются, наиболее высоко интенсивные четкие пики ТЛ с существенно большей величиной параметра ПШПВ  $\approx (60 - 90) ^\circ\text{C}$ . По-видимому, это может быть связано, главным образом, с их вулканическим происхождением и более медленным (по сравнению с тектитами и стеклами импактного происхождения) остыванием. При этом в вулканических стеклах с большей вероятностью могут образоваться локальные микро-участки с кристаллической структурой, приводящей в дальнейшем к более высокоэффективному формированию электронных “ловушек” с определенными энергетическими характеристиками.

(3) Для одного изученного образца импактного стекла Смердячее четко прослеживаются два слабо интенсивных пика  $T_{ЛНАТ}$  с параметром ПШПВ  $\approx (60 - 80) ^\circ\text{C}$ .

(4) Индуцируемая в изученных стеклах рентгеновскими лучами  $T_{ЛРЕН}$  характеризуется наличием от одного (обсидиан липоритовый), до двух-трех четко выраженных пиков разной ширины. Параметр ПШПВ варьирует в очень широких пределах: от  $\sim(10 - 20) ^\circ\text{C}$  для высокотемпературных  $T = (390 - 420) ^\circ\text{C}$  пиков молдавита и индошинита, до  $\sim 120 ^\circ\text{C}$  ( $T = 120 ^\circ\text{C}$  для липарита). Наиболее распространены пики  $T_{ЛРЕН}$  с параметром ПШПВ  $\sim (50 - 60) ^\circ\text{C}$ .

### Выводы

- интенсивность свечения естественной  $T_{ЛНАТ}$  в большинстве изученных стекол находится на уровне предела чувствительности установки;

- одним из определяющих факторов, влияющих на характер формирующегося спектра свечения ТЛ, являются, вероятнее всего, микроструктурные особенности и, главным образом, наличие или отсутствие в стекле локальных участков с кристаллической структурой. Можно предположить в связи с этим, что стекла, подвергшиеся в течение всей их геологической истории существования, ударному и/или ударно-термическому воздействию, также должны иметь существенные особенности параметров ТЛ;

- регистрируемая интенсивность свечения  $T_{ЛНАТ}$  зависит как от вероятности накопления, так и сохранности электронов в “ловушках”. Отметим, что эта характеристика для каждого образца стекла определяется с помощью искусственно наведенной ( $T_{ЛИСК}$ ) под действием ионизирующего излучения ( $\beta$ ,  $\gamma$  или рентгеновских лучей) определенной дозы. При этом величина отношения  $T_{ЛИСК} / T_{ЛНАТ}$  для одинаковых интервалов температуры нагрева образца, отражает степень сохранности захваченных электронов в условиях окружающей среды, характеризующихся определенной температурой, освещенностью и радиационным воздействием.

**Таблица.** Параметры ТЛ для природных стекол разного происхождения

Тип стекла	Образец	$T_{ЛНАТ}$			$T_{ЛРЕН}$		
		$T_{ПИК} ^\circ\text{C}$	$I_{НАТ} (^*)$	ПШПВ (**)	$T_{ПИК} ^\circ\text{C}$	$I_{РЕН} (^*)$	ПШПВ (**)
Тектиты	Молдавит	-	0,005	-	110	0,15	85-145
		385	0,085	380-395	390	0,09	380-400
		-	-	-	420	0,45	410-430
	Индошинит	-	0,008	-	360	0,010	350-370
		-	0,02	-	395	0,12	390-400
		400	0,15	390-410	-	-	-
	Филипинит	-	0,005	-	125	0,004	110-150
		-	0,01	-	250	0,003	200-300
		380	0,1	370-390	-	-	-
Таиланд	-	0,004	-	140	0,003	90-190	
	-	0,008	-	395	0,12	385-405	
	360	0,015	350-370	-	-	-	
Обсидианы	Джервлар	340	0,24	295-360	130	0,011	100-150
		-	-	-	180	0,010	150-210
		-	-	-	320	0,03	285-350
Импактит	Смердячее	350	0,674	310-400	120	0,008	95-215
		190	0,003	160-220	110	0,10	85-135
		320	0,01	280-360	320	0,065	280-360

(\*) Высота пика  $N_{НАТ}$ ,  $N_{РЕН}$ , в относительных единицах (отн. ед.)

(\*\*) ПШПВ – полная ширина пика на полувысоте, в  $^\circ\text{C}$ .

**Литература**

1. Durrani S.A. et al. Journal Geophys. Res. 1970. V.75, No 5, P. 983.
2. McKeever S.W.S. Nucl. Tracks Radiat. Meas. 1991.V.18, No 1/2. P.5.
3. Ивлиев А.И. и др. Геохимия. 2002. N 8. С. 820.

---

*Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004*  
*Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии,*  
*петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2004)*  
*URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dggms/1-2004/informbul-1/planet-2.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dggms/1-2004/informbul-1/planet-2.pdf)*  
*Опубликовано 1 июля 2004 г.*

© *Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2004*

***При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала,  
ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна***