

**ЭЛЕМЕНТЫ-ПРИМЕСИ В МИНЕРАЛЬНОМ СОСТАВЕ ДИСПЕРСНЫХ  
ГРУНТОВ РАЙОНОВ РАЗВИТИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ  
В ТУНКИНСКОЙ ВПАДИНЕ**

Штельмах С.И.\* , Павлова Л.А.\*\*

\*Институт земной коры СО РАН, Иркутск, fotina78@gmail.com

\*\*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск

Минералы очень редко представляют собой простые химические соединения. Изоморфные замещения в них являются скорее правилом, чем исключением [1]. В работе [2] подробно рассмотрены многочисленные факторы, определяющие протекание изоморфизма, среди которых немаловажную роль играют физико-химические свойства различных макро- и микроэлементов.

Изучению подвергались образцы дисперсных грунтов, вскрытых на следующих ключевых участках: в действующем овраге в районе д. Тунка (точка наблюдения 1Р); на обнажении в уступе первой надпойменной террасы р. Еловка (3Р, 4Р); в мелких оврагах по левому борту р. Еловка в пределах коренного (нетеррасированного) склона (7Р); в небольшом карьере в районе молодых вулканов (12Р).

Методом электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) на волновых спектрометрах в исследованных объектах установлено присутствие большого числа минералов различного химического состава, содержащих элементы-примеси.

Исследуемые грунты представлены озерными пылеватыми супесями (lQ<sub>4</sub>), глинистыми отложениями современного аллювия (aQ<sub>4</sub>), а также лессовыми грунтами (лессовидные супеси, суглинки) делювиально-пролювиального нерасчлененного (dpQ), делювиального современного (dQ<sub>4</sub>), эолового верхнечетвертичного–современного (vQ<sub>3-4</sub>) комплексов.

В результате РСМА определений установлено, что наибольшее распространение в составе грунтов получили К-На полевые шпаты, содержащие в большинстве случаев барий. Максимальное содержание BaO зафиксировано в глинистых отложениях (aQ<sub>4</sub>) (табл. 1).

Таблица 1.

Химический состав (мас. %) К-На полевых шпатов в исследуемых дисперсных грунтах

SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	BaO	Σ	Формула
Лессовидные супеси делювиально-пролювиального нерасчлененного (dpQ) комплекса (точка 1Р)							
63.55	0.39	15.99	18.62	0.14	0.59	99.30	(K <sub>0.954</sub> Ba <sub>0.011</sub> Na <sub>0.035</sub> ) <sub>1.000</sub> (Al <sub>1.026</sub> Fe <sup>3+</sup> <sub>0.002</sub> ) <sub>1.028</sub> Si <sub>2.972</sub> O <sub>8</sub>
62.50	0.23	16.35	19.04	0.15	1.13	99.40	(K <sub>0.977</sub> Ba <sub>0.021</sub> Na <sub>0.021</sub> ) <sub>1.019</sub> (Al <sub>1.051</sub> Fe <sup>3+</sup> <sub>0.003</sub> ) <sub>1.054</sub> Si <sub>2.928</sub> O <sub>8</sub>
63.17	0.93	12.52	19.93	0.18	1.95	98.69	(K <sub>0.759</sub> Ba <sub>0.036</sub> Na <sub>0.086</sub> ) <sub>0.881</sub> (Al <sub>1.115</sub> Fe <sup>3+</sup> <sub>0.003</sub> ) <sub>1.118</sub> Si <sub>3.001</sub> O <sub>8</sub>
61.84	1.42	14.66	19.54	0.16	1.97	99.59	(K <sub>0.872</sub> Ba <sub>0.036</sub> Na <sub>0.128</sub> ) <sub>1.036</sub> (Al <sub>1.075</sub> Fe <sup>3+</sup> <sub>0.003</sub> ) <sub>1.078</sub> Si <sub>2.886</sub> O <sub>8</sub>
Глинистые отложения современного аллювия (aQ <sub>4</sub> ) (4Р)							
64.20	0.44	16.49	18.80	0.18	0.16	100.27	(K <sub>0.970</sub> Ba <sub>0.003</sub> Na <sub>0.039</sub> ) <sub>1.012</sub> (Al <sub>1.022</sub> Fe <sup>3+</sup> <sub>0.003</sub> ) <sub>1.025</sub> Si <sub>2.962</sub> O <sub>8</sub>
64.32	0.45	16.35	18.88	-	0.60	100.60	(K <sub>0.961</sub> Ba <sub>0.011</sub> Na <sub>0.040</sub> ) <sub>1.012</sub> Al <sub>1.025</sub> Si <sub>2.964</sub> O <sub>8</sub>
50.37	0.74	9.40	21.80	0.26	14.42	97.00	(K <sub>0.629</sub> Ba <sub>0.297</sub> Na <sub>0.075</sub> ) <sub>1.001</sub> (Al <sub>1.349</sub> Fe <sup>3+</sup> <sub>0.005</sub> ) <sub>1.354</sub> Si <sub>2.645</sub> O <sub>8</sub>
Лессовидные супеси делювиального современного (dQ <sub>4</sub> ) комплекса (7Р)							
62.63	0.53	15.85	19.16	0.21	1.27	99.66	(K <sub>0.944</sub> Ba <sub>0.023</sub> Na <sub>0.048</sub> ) <sub>1.015</sub> (Al <sub>1.055</sub> Fe <sup>3+</sup> <sub>0.004</sub> ) <sub>1.059</sub> Si <sub>2.926</sub> O <sub>8</sub>
64.32	2.71	12.86	19.77	0.21	0.95	100.82	(K <sub>0.747</sub> Ba <sub>0.017</sub> Na <sub>0.240</sub> ) <sub>1.004</sub> (Al <sub>1.062</sub> Fe <sup>3+</sup> <sub>0.004</sub> ) <sub>1.066</sub> Si <sub>2.931</sub> O <sub>8</sub>

Примечание. Здесь и в таблице 2 представлены результаты, полученные методом электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализа с помощью волновых спектрометров на микроанализаторе JXA8200 (JEOL Ltd, Япония).

В отличие от полевых шпатов в ильмените и титаномагнетите выявлено значительно большее количество различных элементов-примесей (табл. 2).

Таблица 2.

Химический состав (мас. %) ильменита ( $\text{FeTiO}_3$ ) в исследуемых дисперсных грунтах

$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{TiO}_2$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{MnO}$	$\text{FeO}$	$\text{CuO}$	$\text{ZnO}$	$\text{ZrO}_2$	$\Sigma$
Озерные пылеватые супеси (IQ <sub>4</sub> ) (точка ЗР)												
-	0.14	-	0.10	0.25	50.36	-	1.29	47.95	0.12	0.14	-	100.35
$(\text{Fe}_{1.021}\text{Mg}_{0.005}\text{Mn}_{0.028}\text{Ca}_{0.007}\text{Cu}_{0.002}\text{Zn}_{0.003})_{1.066}(\text{Ti}_{0.964}\text{Si}_{0.003})_{0.967}\text{O}_3$												
Лессовидные супеси делювиального современного (dQ <sub>4</sub> ) комплекса (7P)												
-	2.27	-	-	-	50.55	-	0.64	46.28	0.15	-	0.18	100.07
$(\text{Fe}_{0.976}\text{Mg}_{0.085}\text{Mn}_{0.014}\text{Cu}_{0.003})_{1.078}(\text{Ti}_{0.959}\text{Zr}_{0.002})_{0.961}\text{O}_3$												
-	2.70	-	-	-	50.46	-	0.50	47.09	-	-	0.26	101.01
$(\text{Fe}_{0.985}\text{Mg}_{0.101}\text{Mn}_{0.011})_{1.097}(\text{Ti}_{0.949}\text{Zr}_{0.003})_{0.952}\text{O}_3$												
Лессовидные суглинки эолового верхнечетвертичного современного (vQ <sub>3-4</sub> ) комплекса (12P)												
-	-	0.29	-	-	51.23	-	1.19	46.20	0.60	0.29	-	99.80
$(\text{Fe}_{0.983}\text{Mn}_{0.026}\text{Cu}_{0.012}\text{Zn}_{0.005})_{1.026}(\text{Ti}_{0.981}\text{Al}_{0.009})_{0.990}\text{O}_3$												
0.14	-	0.24	0.48	0.48	49.28	0.15	1.00	46.22	-	-	-	98.00
$(\text{Fe}_{1.001}\text{Mn}_{0.022}\text{Ca}_{0.013}\text{Na}_{0.007})_{1.043}(\text{Ti}_{0.960}\text{Si}_{0.012}\text{Al}_{0.007}\text{Cr}_{0.003})_{0.982}\text{O}_3$												

Примечание. «-» – содержание компонента меньше его предела обнаружения методом РСМА.

Как видно, для ильменита характерны преимущественно халькофильные микроэлементы (Cu, Zn), а также Zr, хром встречается довольно редко, как в гроссуляре и альмандине.

Наибольшие содержания хрома выявлены в титаномагнетите, где концентрации  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  изменяются от 0.15 до 0.21 мас. %.

Также хром установлен в кальциевых амфиболах, причем здесь его содержания варьируются в довольно широких пределах, увеличиваясь с ростом концентрации  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Так, в зафиксированном в лессовидных супесях (dpQ) комплекса (1P) актинолите  $((\text{Na}_{0.075}\text{K}_{0.037})_{0.112}\text{Ca}_{2.114}(\text{Mg}_{3.084}\text{Fe}^{2+}_{1.642}\text{Ti}_{0.015}\text{Al}^{\text{VI}}_{0.195}\text{Cr}_{0.011})_{4.947}(\text{Si}_{7.767}\text{Al}^{\text{IV}}_{0.233})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$  концентрация оксида хрома составляет 0.1 мас. %, в то время как в выявленной в лессовидных супесях (dQ<sub>4</sub>) комплекса (7P) магниальной роговой обманке  $((\text{Na}_{0.405}\text{K}_{0.033})_{0.438}(\text{Na}_{0.155}\text{Ca}_{1.720}\text{Fe}^{2+}_{0.108}\text{Mn}_{0.016})_{1.999}(\text{Mg}_{3.387}\text{Fe}^{3+}_{0.455}\text{Fe}^{2+}_{0.546}\text{Ti}_{0.059}\text{Al}^{\text{VI}}_{0.469}\text{Cr}_{0.084})_5(\text{Si}_{6.590}\text{Al}^{\text{IV}}_{1.410})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$  возрастает до 0.74 мас. %. Однако в гастингите, обнаруженном в лессовидных суглинках (vQ<sub>3-4</sub>) комплекса (12P), обогащенном титаном и содержащем высокие концентрации оксида алюминия, хром отсутствует, но здесь выявлены небольшие содержания  $\text{ZrO}_2$  (0.11–0.16 мас. %), характерные и для апатита.

Таким образом, установленные особенности минерального состава дисперсных грунтов различных геолого-генетических комплексов, по-видимому, являются следствием сложных экзогенных процессов, протекающих на исследуемой территории.

### Литература

1. Брэгг У.Л., Кларингбулл Г.Ф. Кристаллическая структура минералов. М.: Мир, 1967. 390 с.
2. Кропачев А.М. Факторы миграции и осаждения малых (аксессуарных) элементов в зоне гипергенеза. Пермь, 1973. 155 с.