

and implications for seismic anisotropy in subduction zones: a review // *Geosciences Journal*. 2017. Vol. 21. P. 985–1011.

*Karato S.* Deformation of Earth materials. An introduction to the rheology of solid Earth. Cambridge University Press, 2008. 463 p.

*McLaren A.C., Etheridge M.A.* A transmission electron microscope study of naturally deformed orthopyroxene. I. Slip mechanisms // *Contribution to Mineralogy and Petrology*. 1976. Vol. 57. P. 163–177.

*Nicolas A., Poirier J.P.* Crystalline plasticity and solid state flow in metamorphic rocks. Wiley – Interscience, London, 1976. 444 p.

*Prior D.J., Boyle A.P., Brenker F. et al.* The application of electron backscattered and orientation contrast imaging in the SEM to textural problems in rocks // *American Mineralogist*. 1999. Vol. 84. P. 1741–1749.

*Spiess R., Peruzzo L., Prior D.J., Wheeler J.* Development of garnet porphyroblasts by multiple nucleation, coalescence and boundary misorientation-driven rotations // *Journal of Metamorphic Geology*. 2001. Vol. 19. Is. 3. P. 269–290.

*Л.М. Тынысова, О.П. Шиловский*

*Казанский (Приволжский) Федеральный университет, г. Казань, Россия  
biarmiceras@gmail.com*

### **Минералого-петрофизические свойства серпентинитов Атлянского полигона на Южном Урале**

*L.M. Tynysova, O.P. Shilovsky*

*Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia*

### **Mineralogical-petrophysical properties of serpentinites of the Atlyan polygon, South Urals**

**Abstract.** The magnetic properties of serpentinites with magnetite, hematite and titanomagnetite of the Atlyan polygon in South Urals are studied.

Атлянский учебный полигон (Челябинская область, г. Миасс) расположен в зоне Главного Уральского разлома и представлен серией блоков войкарско-кемпирсайского комплекса тектонитов позднедевонско-пермского возраста [Аулов и др., 2015]. В его северо-западной части с серпентинитовым меланжем во время учебной практики 2022 г. зафиксирована магнитная аномалия. Цель работы – изучение ферромагнитных свойств и связанной с ней минерализации серпентинитов северо-западной части полигона.

Исследования проведены в лабораториях Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ с помощью оптической микроскопии (микроскопы Axio image vario a2m, ПОЛАМ РП-1), микрорентгенофлуоресцентного (M4 Tomado, оператор Б. Гареев), дифференциального термомагнитного (JIT\_Meter, оператор Д.М. Кузина) и рентгеноструктурного (BRUKER, оператор Г.М. Ескина) анализов, метода микро-РФА и рамановской спектроскопии. Измерена магнитная восприимчивость 13 образцов, отобранных вдоль и вкрест простирания естественных выходов пород, и построена карта магнитного поля.

В ходе исследований описаны переходные зоны от породообразующего серпентина к серпентину, замещающему зерна оливина (обр. № 11). Встречены удлиненные, игольчатые зерна хризотила (обр. № 10). В обр. № 11 отмечаются прожилки антигорита и талька. Между зернами замещенного оливина наблюдаются магнетит, магнезиоферрит и гематит. В обр. № 2 отмечены крупные зерна магнетита (3.5–4.0 мкм). Внутри зерен наблюдаются более темные участки. В некоторых зернах рудных минералов наблюдалась структура замещения. Рудная

Химический состав серпентинитов, мас. %

№ обр.	Si	Mg	Fe	Mn	Ca	Cr	Ni	Ti
2	37.39	49.74	12.39	0.17	0.03	0.19	0.09	
3	36.25	48.28	15.03	0.21	0.06	0.03	0.15	
5	39.28	50.10	10.24	0.14	0.03	0.11	0.11	
9	40.59	47.10	11.38	0.45	0.11	0.11	0.22	0.05
11	40.31	50.30	9.01	0.11	0.03	0.03	0.22	

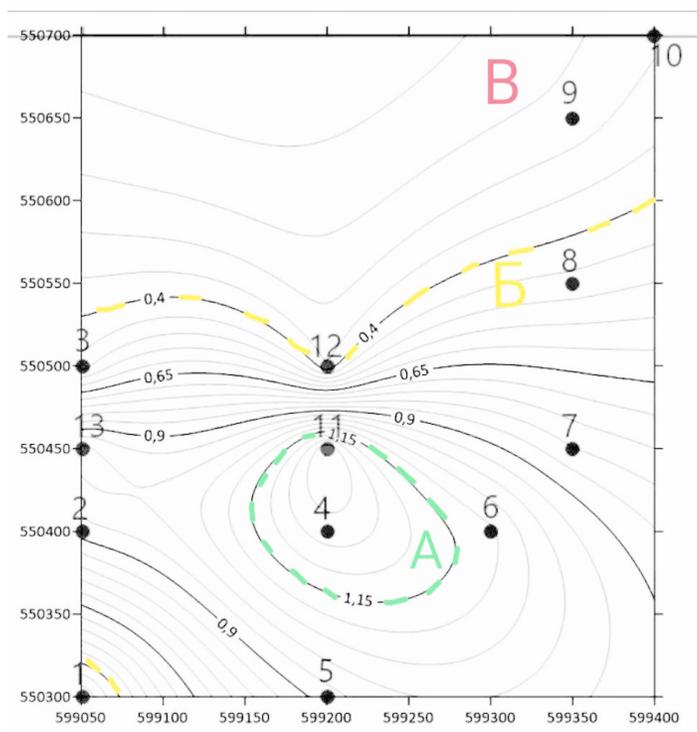


Рис. Карта магнитного поля Атлянского учебного полигона. Номера точек соответствуют номерам образцов.

минерализация образуется по оливину и пироксенам. В обр. № 11 магнетит развит по трещинам. Химический состав серпентинитов по данным микро-РФА показан в таблице.

ДТМА анализ подтвердил присутствие во всех образцах железистых минералов – магнетита (характерная температура Кюри ~580 °С) и титаномагнетита (температура Кюри в диапазоне 340–440 °С). В обр. №№ 3 и 10 наблюдается повышенное содержание титаномагнетита. Образцы № 12, 11, 4 содержат больше титаномагнетита. По результатам рамановской спектроскопии во всех образцах установлены хризотил и магнетит с включениями гетита. Гематит, гетит и лизардит встречаются реже (обр. № 5, 10). По результатам микро-РФА выявлен магнезиоферрит.

Карта магнитного поля характеризуется зонами разной намагниченности (рис.). Зона А с аномально высокими (>1.15 м³/кг) значениями массовой магнитной восприимчивости

находится в центральной части территории. В зоне Б наблюдаются пониженные значения до 0.4 м<sup>3</sup>/кг и в зоне В – самые низкие (от 0.4 до 0.24 м<sup>3</sup>/кг). Методом коэрцитиметрии во всех образцах выделены участки «насыщения» или «обеднения», что говорит о большем присутствии магнетита и магнезиоферрита в образцах из этих участков, соответственно.

Таким образом, магнитные свойства (намагниченность, магнитная восприимчивость, напряженность магнитного поля) серпентинитов Атлянского полигона обусловлены содержанием магнитных (магнетита, титаномагнетита, магнезиоферрита) и других железосодержащих (гематит, гетит) минералов, которые образовались при замещении серпентином темноцветных минералов ультрамафитов войкарско-кемпирсайского комплекса. На основе измерения магнитной восприимчивости построена карта магнитного поля территории с повышенными значениями магнитного поля в центральной части и пониженными – на периферии, что связано с постепенным понижением содержания магнетита в этом направлении.

### Литература

*Аулов Б.Н., Владимирцева Ю.А., Гвоздик Н.И. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XII – Златоуст. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. 365 с.

*А.Р. Гайнанова<sup>1</sup>, О.П. Шиловский<sup>2</sup>, М.С. Глухов<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup> – *Институт ТатНИПИнефть ПАО Татнефть им. В.Д. Шашина, г. Альметьевск, Россия  
barmiceras@gmail.com*

<sup>2</sup> – *Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия*

<sup>3</sup> – *Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

### Исследование РЗЭ минералов в пиритовых конкрециях методом СЭМ

*A.R. Gaynanova<sup>1</sup>, O.P. Shilovsky<sup>2</sup>, M.S. Glukhov<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup> – *Shashin TatNIPIneft Institute, PJSC TATNEFT, Almet'evsk, Russia*

<sup>2</sup> – *Kazan Federal University, Kazan, Russia*

<sup>3</sup> – *Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia*

### SEM study of REE minerals in pyrite nodules

**Abstract.** Pyrite nodules from the Middle Jurassic sediments at the Tarkhanovy pier tract (Republic of Tatarstan) are studied. Monazite-Ce contains highly variable light REE amounts (wt. %): La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9.00–22.00, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13.00–42.32, Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.08–2.53, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4.30–17.01, as well as medium REE (Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> up to 2.36, Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> up to 1.49) and ThO<sub>2</sub> (1.99–7.43).

Сульфидное стратиформное проявление на правом берегу р. Волги на территории урочища Тархановская пристань (Республика Татарстан) приурочено к среднеюрским песчано-алеврито-глинистым породам, залегающим с размывом и перерывом на пестроцветных породах верхней перми [Митта и др., 2014]. Песчано-алеврито-глинистые породы содержат многочисленные пиритовые конкреции. Их особенностью являются повышенные содержа-