

**Отзыв официального оппонента на диссертационную работу Перовского Игоря Андреевича на тему «Титаносиликаты из лейкоксеновых руд Ярегского месторождения: получение, свойства, применение», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 - минералогия, кристаллография**

Объектом диссертационного исследования Игоря Андреевича являются синтетические аналоги титаносиликатов, полученных из сырья лейкоксеновых руд Ярегского месторождения (Коми, РФ). В данном месторождении, помимо запасов нефти, имеется горизонт богатой титановой руды, представленной лейкоксеном. Работа состоит из четырех основных этапов, первым из которых являлось изучение и описание исходного лейкоксенового концентрата, к нему же стоит отнести и детальный литературный обзор по Ярегскому месторождению, представленный в диссертации. Ко второму этапу относится разработка технологии фторидного обескремневания лейкоксенового концентрата, которая также дополнена методологическими особенностями пробоподготовки, такими как, в частности, механоактивация. Третьим этапом являлся синтез титаносиликатов из лейкоксенового концентрата, подвергнутого обескремниванию, анализ условий образования полученных фаз и их характеристика. К четвёртому этапу стоит отнести исследование сорбционных свойств полученных титаносиликатных фаз по отношению к различным катионам и разработку моделей сорбции.

Несомненно, данная работа несет высокую актуальность, поскольку в ней выполнена разработка схем получения функциональных материалов на основе лейкоксенового концентрата. Поставленная в работе цель по установлению закономерностей минеральных превращений лейкоксеновых концентратов Ярегского месторождения в процессе фторидного обескремнивания и последующий синтез титаносиликатов из отходов обогащения титановых руд полностью реализована. Работа обладает высокой новизной, диссертационное исследование полностью оригинально, автору удалось предложить полную схему от обработки лейкоксенового концентрата до получения перспективных материалов на основе титаносиликатов, обладающих ионообменными свойствами и способными сорбировать такие катионы как Ba, Sr, U, Ra, Th, возможно, катионный ряд может быть расширен. Теоретическая значимость работы заключается в разработке фторидной технологии комплексной переработки титановых руд, методов синтеза титаносиликатов: паранатисита, натисита и ситинакита, а также их характеристике и в измерении сорбционной емкости полученных титаносиликатов. Практическая значимость работы явно выражена и заключается в возможности

применения разработанной технологии получения титаносиликатов для их дальнейшего использования в качестве недорогого сорбента для селективного извлечения катионов и радиоактивных изотопов. Для обработки концентрата автор использовал фторирование, механоактивацию и синтез, а для характеристики материала были использованы такие методы как рентгенофазовый анализ, Рамановская спектроскопия (комбинационное рассеяние), термический и гранулометрический анализ, электронная и атомно-силовая микроскопия, низкотемпературная физическая сорбция азота, а также выполнено исследование адсорбционных свойств титаносиликата. Используемые методы корректно подобраны для решения поставленных в работе задач и достижения поставленной цели. Основные выводы работы и защищаемые положения построены на основании детально проделанной экспериментальной работы (впечатляет проведение более 250 экспериментов) и не вызывают сомнения в достоверности и новизне полученного материала.

Материалы диссертации представлены в 11 статьях, из которых 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 – журналах, входящих Web of Science и еще 4 – в прочих рецензируемых научных журналах и изданиях, что в определённой мере отражает актуальность работы, и подтверждает значительную новизну полученных материалов. В подавляющем большинстве работ (9 из 11) Игорь Андреевич является первым автором, что отражает существенный личный вклад и самостоятельность автора. Полученные в ходе работы данные также докладывались на ведущих российских и международных конференциях.

Автореферат и диссертация хорошо подготовлены, автореферат соответствует диссертации. Далее приведен ряд имеющихся замечаний, которые, однако, имеют, в большей степени, редакционный характер и не затрагивают достоверность полученных результатов или ключевых моментов. Автору стоит обратить внимание на использование фамилий и единиц измерения на английском языке в тексте и на рисунках, которые должны были быть представлены на русском языке. В автореферате рисунки 4 и 5 подписаны «температурная эволюция кристаллической структуры ситинакита», что не вполне верно, поскольку на рисунках приведена эволюция кристаллической структуры ситинакита в зависимости от температуры (условий) гидротермального синтеза, а влияние же сугубо температуры на ситинакит (как готовый продукт) вероятнее всего будет выглядеть иначе. В диссертационной работе двусмысленно проинтерпретирована полоса поглощения инфракрасного (ИК) спектра, обнаруженная в области  $1450-1400\text{ см}^{-1}$ , где-то она отнесена к колебаниям Si-OH, а где-то к катиону аммония. Помимо этого не приводится обсуждение по различию ИК спектров в области  $4000-2500\text{ см}^{-1}$ , которые

очевидны визуально по рисункам, где представлены ИК спектры. Автором диссертации показано смоделированное положение сорбированных ситинакитом катионов в кристаллической структуре. В будущем часть по вхождению сорбированных катионов в решетку необходимо дополнить кристаллохимическим анализом, включающим геометрические размеры пустот и каналов, расстояния между сорбированными катионами и атомами кислорода, а также радиусы интеркалируемых ионов и анализом валентных усилий. В автореферате и диссертации встречается такое сочетание как «природные минералы», хотя минералы могут иметь только природное происхождение (заложенное в понятии минерал).

При рассмотрении работы возникли следующие вопросы к диссертанту:

1. Что являлось основанием для выбора катионов в экспериментах по сорбции? Например, почему не исследованы катионы K, Rb или Ca?
2. Как подбиралось соотношение компонентов для синтеза? Обращают на себя внимание дробные значения для соотношений компонентов, например,  $1 \text{ TiO}_2 - 3 \text{ SiO}_2 - 17.14 \text{ Na}_2\text{O} - 1269.84 \text{ H}_2\text{O}$  или  $1 \text{ TiO}_2 - 1.2 \text{ SiO}_2 - 5.98 \text{ Na}_2\text{O} - 656 \text{ H}_2\text{O}$ .
3. В диссертации отмечено, что автор придерживается апоильменитового происхождения лейкоксена Ярегского месторождения. Хотелось бы, чтобы автор пояснил, что предполагается под этой схемой образования, поскольку данное объяснение отсутствует в диссертации и автореферате.
4. В диссертации в химическом составе обожжённого лейкоксенового концентрата помимо основных элементов: Ti, Si, Fe, и Al представлены небольшие содержания: Zr, Nb, Ca, K, Y, Sr, к каким минеральным фазам автор относит элементы, содержащиеся в небольших количествах? Все железо рассмотрено в работе как трехвалентное, какое основание было для этого использовано?
5. Каковы предложения автора по обработке или экстракции редких и редкоземельных металлов, накапливающихся в продуктах фторирования (как отмечено в диссертации)?
6. При синтезе автором неоднократно получена фаза титаната натрия  $\text{Na}_2\text{Ti}_4\text{O}_9$ , есть ли у автора предположение, почему данная фаза неизвестна в природе и в каких гипотетических природных условиях она могла образоваться?

Высказанные вопросы и замечания ни в коей мере не умаляют значимость и достоверность проделанной работы. Диссертационная работа Перовского И.А. является самостоятельным и завершенным диссертационным исследованием и полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а

Перовский Игорь Андреевич заслуживает присвоение степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография.

Житова Елена Сергеевна, кандидат геолого-минералогических наук,  
специальность 25.00.05 – минералогия, кристаллография  
заведующий лабораторией минералогии, старший научный сотрудник  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской  
академии наук (ФГБУН ИВиС ДВО РАН), г. Петропавловск-Камчатский, бул.  
Пийпа 9, 683006  
Тел. +7 924 5875191, эл. адрес: [zhitova\\_es@mail.ru](mailto:zhitova_es@mail.ru)

Я, Житова Елена Сергеевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и дальнейшей обработкой.

25 января 2021 года  
Житова Елена Сергеевна



*Житовой Е.С.*

завещаю.

*Е.В. Манничева*