

Федеральное агентство научных организаций
Российская академия наук
Институт геологии Коми научного центра УрО РАН
Российское минералогическое общество



III МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СЕМИНАР
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ МИНЕРАЛОГИИ
(Юшкинские чтения – 2016)**



Сыктывкар 2016

Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юш-кинские чтения — 2016): Материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. 300 с.

В сборнике представлены материалы докладов Минералогического семинара с международным участием «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии» (Юшкинские чтения — 2016). Рассматриваются фундаментальные проблемы теоретической и прикладной минералогии, генетической минералогии и минералогической кристаллографии. Широко представлены материалы по актуальным вопросам наноминералогии, биоминералогии и получения новых материалов на основе продуктов геологических процессов, а также рациональному использованию минерального сырья. Сборник представляет интерес для минералогов и широкого круга специалистов естественно-научного профиля.

Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy (Yushkin Memorial Seminar — 2016): Proceedings of mineralogical seminar with international participation. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2016. 300 p.

Volume contains proceedings of Mineralogical seminar with international participation «Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy» (Yushkin Memorial Seminar — 2016). Fundamental problems of theoretical and applied mineralogy, genetic mineralogy and mineralogical crystallography are considered. Important issues of nanomineralogy, biomineralogy and production of new geomaterials as well as the problems of rational use of mineral resources are widely presented. The volume is of interest for mineralogists and wide range of experts in the natural sciences.

*Тексты докладов воспроизведены в авторской редакции
Proceedings have been reproduced in the author version*

Premium (Bruker) исследован сложный состав летучих компонентов в алмазах, который характеризуется присутствием метана, 47 алифатических и циклических углеводородов, более 60 кислородсодержащих углеводородов, азот- и серосодержащих соединений (17 и 16 соответственно), а также CO_2 , H_2O , Ag и He.

Немантийные значения $\delta^{13}\text{C}$ бесчисленного количества алмазов в совокупности с высокой степенью агрегации азота в них и определенным составом флюидных включений, свидетельствуют о том, что процесс образования алмазов в изученном ксенолите является одноактным, а флюид, метасоматизирующий ультраосновной субстрат, обладал коровыми метками.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 16-05-00841а.

Литература

1. Логвинова А. М., Тэйлор Л. А., Федорова Е. Н., Елисеев А. П., Вирт Р., Ховарт Дж., Реутский В. Н., Со-

болев Н. В. Уникальный ксенолит алмазоносного перидотита из кимберлитовой трубки Удачная (Якутия): роль субдукции в образовании алмазов // Геология и геофизика, 2015, Т. 56 (1–2). С. 39–415.

2. Тэйлор Л. А., Специус З. В., Уизли Р., Спикунца М., Вэлли Д. У. Океанические протолиты алмазоносных перидотитов: свидетельство их корового происхождения на примере Якутских кимберлитов // Геология и геофизика, 2005, Т. 46. № 12. С. 1198–1206.

3. Соболев Н. В., Галимов Е. М., Ивановская И. Н., Ефимова Е. С. Изотопный состав алмазов, содержащих кристаллические включения // ДАН СССР, 1979, Т. 249. С. 1217–1220.

4. Deines P., Harris J. W., Spear P. M., Gurney J. J. Nitrogen and ^{13}C content of Finch and Premier diamonds and their implications // Geochim. Cosmochim. Acta., 1989, V. 53, P. 1367–1378.

5. Logvinova A. M., Wirth R., Fedorova E. N., Soboлев N. V. Nanometer-sized mineral and fluid inclusions in cloudy Siberian diamonds: new insights on diamond formation // Eur. J. Mineral., 2008, V. 20, Special issue on Diamonds. P. 317–331.

6. Taylor L. A., Anand M. Diamonds: Time capsules from the Siberian mantle // Chem. Erde, 2004, V. 64. P. 1–74.

U-Pb-возраст и геохимические особенности циркона Пижемского титанового месторождения (Средний Тиман)

А. Б. Макеев¹, С. Г. Скублов^{2,3}, А. О. Красоткина³, О. М. Жиличева¹

¹ИГЕМ РАН, Москва; abmakeev@igem.ru

²ИГГД РАН, ³НМСУ «Горный», Санкт-Петербург; skublov@yandex.ru

Впервые проведено локальное датирование (U-Pb метод, SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ) циркона из титановых руд Пижемского месторождения выделенного из немагнитной лейкоксеновой фракции технологической пробы весом 250 кг, собранной из рядовых проб 21 разведочной скважины в Ю-З части месторождения. Размерность кристаллов варьирует от 60 до 270 мкм, примерно половина из 35 изученных зерен изометричные, другие — слабо удлиненные с $K_{уд}$ от 1.4 до 3.1. Цвет кристаллов циркона водяно-прозрачный, бледно- и темно-розовый и бледно-желтый. Изометричные кристаллы чаще водяно-прозрачные и бледно-желтые с плохо выраженной зональностью или без неё. Удлиненные кристаллы циркона, как правило, в катодолюминесценции (CL) имеют магматическую осцилляционную зональность. Цвет катодолюминесценции голубой, желтый, аномально иттриевые цирконы демонстрируют пятнистую картину CL в зеленых тонах. Установлен широкий разброс значений U-Pb возраста в интервале от 2740 до 571 млн лет. Датировки объединились в три со-

вокупности: неопротерозойские (5 точек), мезопротерозойские (26 точек), архейские (3 точки) с выраженным полимодальным распределением максимумов в интервалах 600, 900, 1000–1600, 1600–2000 и 2660–2740 млн лет.

Содержание редкоземельных и редких элементов в цирконе определялось на ионном микрозонде Cameca IMS-4f в ЯФ ФТИАН по стандартной методике. Среди циркона выделены высокоиттриевые и умеренно иттриевые разновидности. В цирконах Пижемского месторождения отмечается повышенное содержание титана, которое дает высокую расчетную температуру кристаллизации от 668 до 994 °C (среднее значение 806 °C). Такая температура характерна для коровых магматических пород. Установленная высокая корреляция ($r = 0.99$) содержания Ti и Nb в цирконе подтверждает вероятность того, что источником циркона Пижемского месторождения могли служить щелочно-ультраосновные породы (лампрофиры), широко распространенные на Среднем Тимане.

Проведен сравнительный анализ данные по геохимии и U-Pb-возрасту циркона Пижемского титанового месторождения с таковыми для циркона из полиминерального проявления Ичетью и лампрофиров Четласского Камня Среднего Тимана, предполагаемого коренного источника рудного вещества для Пижемского месторождения. Материалом и коренным источником рудного вещества, очевидно, были не только лампрофиры, вероятно флюидизаты дренировали тиманский фундамент с большой глубины. Результаты определения возраста циркона показали, что в выборке присутствуют только несколько зерен с самыми молодыми датировками 591–572 млн лет. Отсутствие фанерозойского циркона свидетельствует о том, что сама титановая толща более древняя, чем считалась ранее (средний девон), ее возраст следует считать докембрийским. Полученные данные согласуются с результатами исследования возраста и геохимии циркона из вышележащего конгломеративного горизонта [1–3] проявления Ичетью. Для установления меры генетических связей и возможного источника вещества циркона проведен факторный анализ, в котором в качестве признаков использованы состав и свойства циркона Пижемского месторождения, лампрофиров Четласского Камня и проявления Ичетью. Результат факторного анализа для 54 зерен циркона показывает, что поля с фигуративными точками всех совокупностей циркона в значительной степени пересекаются. Это доказывает единый источник циркона двух промышленных объектов и лампрофиров, при этом циркон мог поступать из разных по глубине уровней нижележащего кристаллического фунда-

мента. Доказательством того, что источник циркона глубинный, а не латеральный, является отсутствие на современной эрозионной поверхности Тимана пород древнее 1 млрд лет. Кроме того, Y-P-REE геохимическая специализация циркона Тимана отсутствует в магматических и осадочных породах Урала и Балтийского щита.

Установлен единый геохимический тип для циркона из всех трех объектов сравнения, для них характерен одинаковый тренд гетеровалентного изоморфизма ксенотимового типа $(\text{Zr}+\text{Si})^{4+} \rightarrow (\text{Y}+\text{REE})^{3+}+\text{P}^{5+}$. В каждом из трех объектов для большинства зерен характерно относительно низкое содержание Y + REE в интервале от 150 до 4000 ppm, однако в каждом из них присутствует более 10 % зерен циркона с аномально высоким суммарным содержанием этих элементов до 1–3.5 мас. %, коррелирующих с содержанием P. Таким образом, можно говорить об особом «тиманском» типе иттрий-фосфор-редкоземельного циркона, представляющего промышленный интерес.

Литература

1. Макеев А. Б. Типоморфные особенности минералов титановых руд Пижемского месторождения // Минералогия, 2016. № 1. С. 24–49.
2. Макеев А. Б., Баянова Т. Б., Борисовский С. Е., Жиличева О. М. Состав, изотопный U-Pb возраст и источник циркона полиминерального проявления Ичетью (Средний Тиман) // ЗРМО, 2015. № 6. С. 9–18
3. Макеев А. Б., Борисовский С. Е., Баянова Т. Б., Жиличева О. М., Скублов С. Г. Уникальные иттриевые цирконы полиминерального проявления Ичетью // Минералогия, 2015. № 4. С. 29–46.

Импактные алмазы в аллювии рек Северного и Среднего Урала

Б. А. Мальков¹, И. В. Швецова², С. С. Шевчук³

¹СГУ, Сыктывкар

^{2,3}ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; ssshevchuk@geo.komisc.ru

Длительные поиски россыпных месторождений Уральских высококачественных алмазов и их предполагаемых местных кимберлитовых первоисточников на Урале сопровождались трудоёмкими тематическими исследованиями мелких (<1 мм) алмазов. Для чего в Пермском университете была разработана специальная методика обогащения проб и диагностики алмазов различных генотипов: эндогенных и импактных [1].

Оказалось, что среди 105 найденных в многочисленных пробах аллювия мелких алмазов в

бассейне р. Вишеры и р. Яйвы присутствуют около 20 % импактных «сланцеватых» алмазов, которые могут принадлежать к трём известным науке их разновидностям: апографитовым («якутитам»), апоугольным («тогоритам») и апошунгитовым («карбонадо») [2–5]. Для сланцеватых алмазов характерна уплощённая форма с неровной поверхностью. На плоских поверхностях зёрен наблюдается своеобразная ячеистая скульптура. Местами небольшие площади поверхности покрыты «корочками» с каплевидно-холмистой скульптурой.

тионы железа, находящиеся в группировках друг с другом, а корреляция объема продуктов десорбции с размером частиц окси-шерла указывает на поверхностное размещение сорбирующих атомов.

Литература

1. Іваницький В., Гречановська О., Брик О. та ін. Радіаційно окиснене залізо в структурі турмаліну та його термічна стійкість // Мінералогічний збірник, 2014. № 64, вип. 1. С. 90—102.
2. Кульчицька Г. О., Возняк Д. К., Павлишин В. І., Галабурда Ю. А. Леткі елементи у жильному кварці України // Мінерал. журн., 2000. Т. 22. № 4. С. 19—30.
3. Кульчицька Г. О., Цюнь О. В., Феношин У. І. Про природу сполук вуглецю у глауконіті // Мінерал. журн., 1998. Т. 20, № 5. С. 34—46.
4. Пластинина М. А., Іваницький В. П., Матяш І. В. ИК-спектроскопическое исследование радиационных изменений в слюдах // Мінерал. журн., 1991. Т. 13. № 3. С. 35—46.
5. Пластинина М. А., Іваницький В. П., Матяш І. В., Кадощников В. М. Радиационно-химическое образование нитратов на поверхности облученных минералов // Докл. АН УССР. Сер. Б, 1990. № 2. С. 23—25.

Минеральные формы железа в титановых рудах Пижемского месторождения (Средний Тиман) по данным мессбауэровской спектроскопии и ЭПР

В. П. Лютоев¹, А. Б. Макеев², А. Ю. Лысюк¹

¹ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; vlutoev@geo.komisc.ru

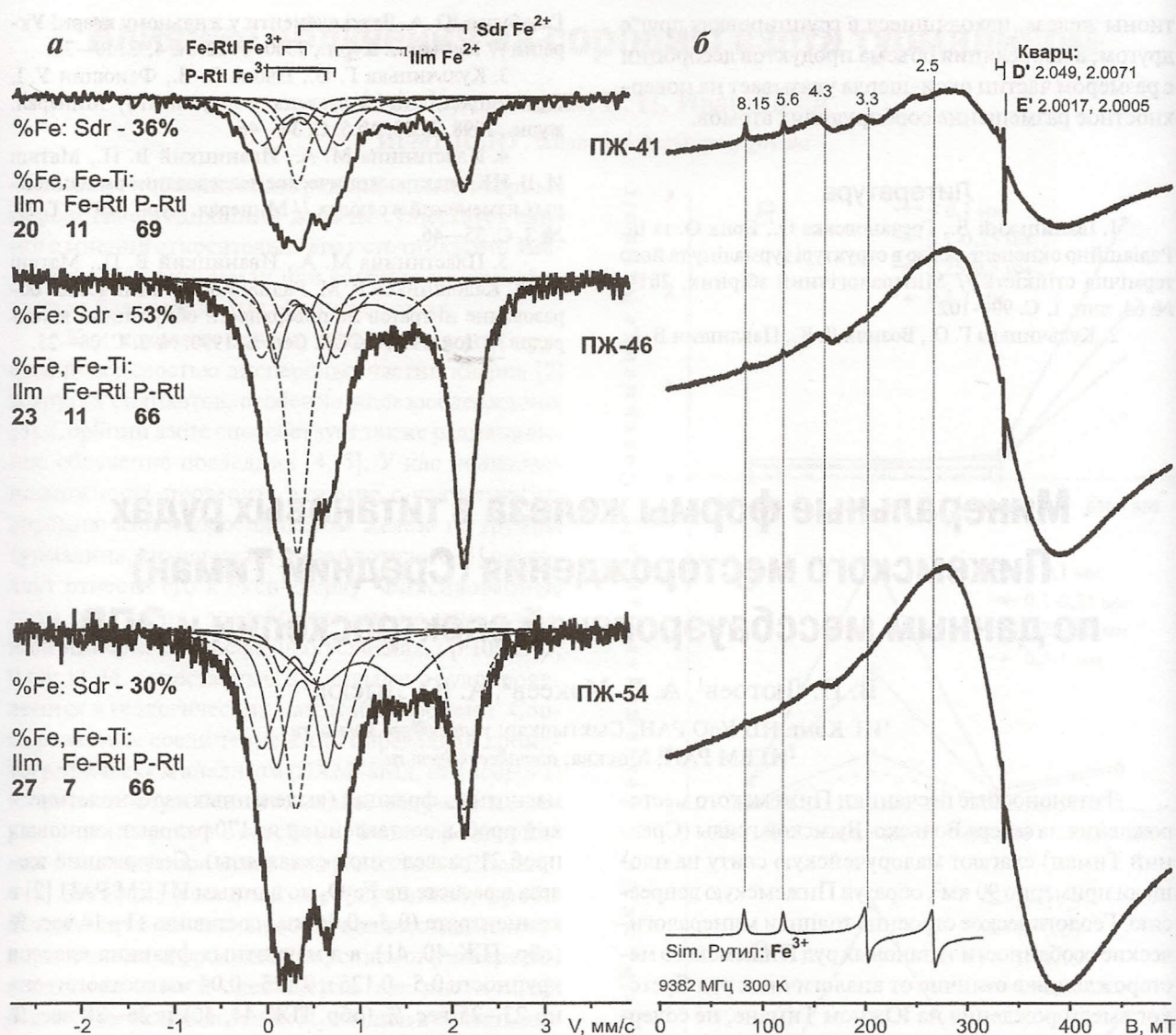
²ИГЕМ РАН, Москва; abmakeev@igem.ru

Титаноносные песчаники Пижемского месторождения на севере Вольско-Вымской гряды (Средний Тиман) слагают малоручейскую свиту на площади примерно 90 км², образуя Пижемскую депрессию. Геологическое строение толщи и минералогические особенности титановых руд Пижемского месторождения в отличие от аналогичных руд Ярегского месторождения на Южном Тимане, не содержат нефти, отличаются благоприятной гидрогеологией, а приповерхностное залегание позволит отрабатывать месторождение карьерным способом [1]. В минеральном составе тяжелой фракции преобладает лейкоксен, присутствуют реликтовый и лейкоксенизированный ильменит, рутил, циркон, монацит. Для руд характерна наложенная сидеритизация, каолинизация и оксидное ожелезнение. Отработана технологическая схема получения концентратов титановых минералов из пижемских руд, включающая: дробление, оттирку, обесшламливание, гравитационное обогащение, классификацию и магнитную сепарацию. В немагнитную фракцию концентрируется почти весь лейкоксен, рутил и циркон. В магнитную фракцию попадают ильменит и продукты его преобразования [2].

Количественное определение соотношения в концентратах черных титановых минералов обычным минералогическим анализом практически невозможно. Зато все они в той или иной степени содержат железо, что позволяет провести их диагностику и фазовый анализ методами мессбауэровской спектроскопии и ЭПР. Объектом исследования стали шесть проб (2) коллективного концентрата и (4)

магнитных фракций (выделенных из технологической пробы, составленной из 170 рядовых керновых проб 21 разведочной скважины). Содержание железа в расчете на Fe₂O₃ по данным ИГЕМ РАН [2] в концентрате (0.5—0.04 мм) составило 11—14 вес. % (обр. ПЖ-40, 41), а в магнитных фракциях классов крупности 0.5—0.125 и 0.125—0.04 мм соответственно 23—25 вес. % (обр. ПЖ-44, 46) и 26—28 вес. % (обр. ПЖ-52, 54). Для их изучения была использована приборная база ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН: мессбауэровский спектрометр MS-1104Em, радиоспектрометр SE/X-2547 (RadioPAN), рентгеновский дифрактометр XRD-6000 (Shimadzu) и ИК Фурье-спектрометр ФТ-02 (Люмекс).

Мессбауэровские и ЭПР спектры трех проб из концентратов руды приведены на рисунке. Магнитно упорядоченных фаз оксидов железа мессбауэровская спектроскопия в концентратах руд не выявила. В них выделяется дублет с большим квадратным расщеплением (QS = 1.80 мм/с) и изомерным сдвигом (IS = 1.22 мм/с), относящийся к двухвалентному железу в сидерите. Абсолютная интегральная интенсивность данного дублета, положительно коррелируется с интенсивностью ИК-поглощения и рентгеновских рефлексов этой минеральной фазы в составе проб. От 30 до 50 % железа в пробах приходится на сидерит, в образцах мелкой магнитной фракции это значение минимально, а в крупной магнитной фракции — максимально. Уширенный дублет с IS = 1.0—1.1, QS = 0.7—0.9 мм/с происходит от двухвалентного железа решетки реликтового ильменита. Три дуб-



Мессбауэровские (а) и ЭПР (б) спектры образцов коллективного концентрата (ПЖ-41) и магнитных фракций классов 0.50–0.125 (ПЖ-46) и 0.125–0.040 мм (ПЖ-54). Sdr — сидерит, Ilm — ильменит, Rtl — Fe-рутил, P-Rtl — псевдорутил

лета с меньшими значениями IS и QS относятся к Fe³⁺ в продуктах окисления ильменита. Два дублета с примерно равными изомерными сдвигами (0.33–0.37 мм/с), но разными квадрупольного расщепления (0.84 и 0.54 мм/с) отнесены к псевдорутилу. Этой минеральной фазе обязана широкая линия ($g = 2.0$, $\Delta B_{pp} = 110$ мТ) магнитного резонанса в спектрах ЭПР. Третий дублет с малыми величинами IS = 0.29 и QS = 0.23–0.29 мм/с отнесен к Fe-рутилу. Абсолютное значение площади, приходящейся на данный дублет в мессбауэровских спектрах, положительно коррелируется с интенсивностью рентгеновских рефлексов рутила в пробах и интенсивностью серии линий с $g = 8.15, 5.6, 3.3$ в спектрах ЭПР, относящихся к изоморфным ионам Fe³⁺ в решетке рутила.

Таким образом, данные мессбауэровской спектроскопии и ЭПР позволяют провести количественную оценку пропорций Fe-Ti минеральных фаз в лейкоксеновой руде [2]. Распределение железа по тита-

новым минералам и, следовательно, пропорции ильменита и продуктов его преобразования в изученной серии обогащения руд почти постоянны. Магнитная сепарация приводит лишь к небольшому концентрированию слабомагнитного ильменита, а также к нежелательному обогащению фракций сидеритом.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проектом УрО РАН № 15-11-5-33 «Развитие инновационных технологий эффективного и комплексного использования минерального сырья и получение новых материалов на минеральной основе».

Литература

1. Макеев А. Б., Дудар В. А., Самарова Г. С., Быховский Л. З., Тигунов Л. П. Пижемское титановое месторождение (Средний Тиман) аспекты геологического строения и освоения // Рудник будущего, 2012. № 6. С. 16–24.
2. Макеев А. Б., Лютоев В. П. Спектроскопия в технологической минералогии, минеральный состав концентратов титановых руд Пижемского месторождения (Средний Тиман) // Обогащение руд, 2015, № 5(359). С. 33–41.