

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Веснина Владислава Сергеевича
«Оценка перспективности гранитоидов на порфировое Cu-Mo-Au оруденение по комплексу минералого-геохимических признаков (на примере шахтаминского комплекса, Забайкальский край)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10. - «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Тема диссертации относится к весьма актуальному в последние годы направлению поисковой геологии – исследованию типоморфных характеристик минералов рудоносных систем с целью прогнозирования оруденения. В советское время этому направлению уделялось огромное внимание, проводились тематические конференции, выпускались сборники статей и монографии¹. К сожалению, в перестроечные годы это направление в прикладной геологии практически полностью заглохло. А в последние 10–15 лет оно возродилось снова, благодаря появлению аналитического оборудования нового типа (ICP-MS-LA) и валу статей, хлынувшему из-за рубежа нашей страны. Действительно, методики «фертилометрии» показали свою успешность на стадиях региональных и поисковых работ. Диссертация, представленная В.С. Весниным на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, по духу и букве полностью соответствует таковым исследованиям. В этой работе отчетливо проявляется высокая научная квалификация соискателя, в ней присутствуют все формальные признаки, отвечающие кандидатской диссертации.

Мы не будем подробно останавливаться на объективно присутствующей актуальности, новизне, научной и практической значимости работы (по сложившейся традиции эти разделы обычно не зачитываются полностью), но хотим подчеркнуть, что использование минералов-индикаторов представляется крайне перспективным методом для использования в практике геологоразведочных работ, особенно ранних стадий. Исследования подобные представленной работе В.С. Веснина способствуют формированию собственной, российской методической базы и более широкому внедрению в производственную практику.

Перейдем к замечаниям. В любой научной работе можно найти недочеты, несоответствия и ошибки, поэтому даже к добротному исследованию всегда можно придаться. Хорошее исследование, вызывает интерес, а, следовательно, предполагает внимательное прочтение и анализ, что и рождает претензии, тем более что мы не ограничились рефератом, а и ознакомились с полным текстом работы. Наши замечания никоим образом не умаляют достоинств работы, мы преследуем цель повысить ее качество, рассказывая о своем видении проблемы.

Первая претензия относится к главе «Методы исследования». В приложениях к диссертации приводятся таблицы результатов определения редкоземельных и некоторых высокозарядных элементов, а также фотографии точек абляции кристаллов циркона. Это замечательно и очень важно для квалификационных работ, но, к сожалению, недостаточно, чтобы оценить возможность использования результатов для определения окислительно-восстановительных параметров магмы и, соответственно, для прогнозирования порфирового оруденения. Установлено, что в некоторых цирконах наблюдается повышение уровня легких РЗЭ, вследствие чего анализы этих цирконов попадают в поле т.н.

¹ Типоморфизм минералов. Справочник. Под ред. Л. В. Чернышевой. М., 1989

«гидротермальных». Данное явление возникает из-за микроскопических включений апатита, титанита или монацита, попадающих в кратер абляции, при этом количество минералов менее 0,5%(!) оценивается опасным для интерпретации результатов анализа². Увидеть такие нановключения практически невозможно ни в оптический, ни в электронный микроскопы. С другой стороны, оценить присутствие примеси посторонних минералов в точке абляции можно по высоким содержаниям примесей Mg, Al, Fe, Ca, Ti в цирконе. Такие анализы должны отбраковываться и не пускаться в обработку. Поскольку содержания Mg, Al, Fe, Ca не определялись, то возможно следует обратить внимание на анализы с повышенной концентрацией титана и лантана (таковых, кстати, не много), вероятно их следует удалить из обработки и обсуждения (тем более, что аналитических данных и так хватает!). Следует отметить, что на определение возраста эти примеси не оказывают влияния и не вносят ошибки. Кроме того, для скрупулезной классификации «магматических» и «гидротермальных» цирконов следует внимательно отнестись к месту заложения кратера абляции³, которые должны вдали от участков развития газовой-жидких включений, а также зон рекристаллизации (залеченные трещины) и перекристаллизации.

При анализе результатов изучения химического состав апатитов, также следует учитывать возможность присутствия механических включений посторонних минералов в кратере абляции по повышенным содержаниям примесей Fe, Si, Al, Ti, K, не характерных для апатитов магматических пород (по данным Белоусовой с соавт., 2002)⁴. К сожалению, такая опция в работе отсутствует...

Для апатитовых аксессуаров в гранитах можно было бы задействовать оксидометр Майлса (2014)⁵. Марганец в магматическом расплаве присутствует в виде катионов Mn^{2+} и Mn^{3+} , соотношение которых определяется окислительно-восстановительными условиями. Данный оксидометр основан на более эффективном вхождении Mn^{2+} в структуру апатита в позицию Ca^{2+} по сравнению с Mn^{3+} , за счет их более близких ионных радиусов. С ограничениями применения оксидометра можно ознакомиться в той же статье С. Берзина с соавт. (2024).

Второе замечание, относится к определению связи размеров месторождений с содержаниями летучих компонентов в апатитах построена на интуитивном уровне и ничем не доказана (стр. 15 автореферата). В литературе существует множество примеров, не подпадающих в зависимость, декларируемую автором. Приведем несколько примеров. Массив Пуланг (Шангри-Ла, Тибет, КНР) вмещает крупное медное месторождение 4,3 Мт меди и 115 т золота, при этом максимальное содержание хлора в апатите рудоносного гранита 0,55% (а обычные концентрации в интервале 0,1-0,3%)⁶. Другой пример, из уже

² Zhong S.H., Feng C.Y., Seltmann R., Li D., Qu H.Y. Can magmatic zircon be distinguished from hydrothermal zircon by trace element composition? The effect of mineral inclusions on zircon trace element composition // *Lithos*. 2018. V. 314-315. P. 646–657 – Автор ссылается на эту статью, но никак ее не анализирует, тем более в данном контексте!

³ Berzin, S.V.; Konopelko, D.L.; Petrov, S.V.; Kurapov, M.Y.; Golovina, T.A.; Chernenko, N.Y.; Chervyakovskiy, V.S. Utilizing Compositions of Zircon and Apatite for Prospecting of Cu-Mo-Au-Porphyry Mineralization in the Pekinsky and Tessemsky Granitoid Massifs of the Taimyr-Severozemelskaya Folded Area. *Lithosphere* 2024, 24, 547–565. (рус.)

⁴ Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reilly S.Y., Fisher N.I. (2002) Apatite as an indicator mineral for mineral exploration: Trace-element compositions and their relationship to host rock type. *Journal of Geochemical Exploration*, 76(1), 45-69. [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(02\)00204-2](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(02)00204-2).

⁵ Miles, A.J., Graham, C.M., Hawkesworth, C.J., Gillespie, M.R., Hinton, R.W., Bromiley, G.D. (2014) Apatite: a new redox proxy for silicic magmas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 132, 101-119.

⁶ Li-Chuan Pan, Rui-Zhong Hu, Xian-Wu Bi, Yong Wang, Jun Yan. Evaluating magmatic fertility of Paleo-Tethyan granitoids in eastern Tibet using apatite chemical composition and Nd isotope // *Ore Geology Reviews* 2020, 127, 16 p., <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103757>; Li, W.C., Zeng, P.S., Hou, Z.Q., White, N.C., 2011. The Pulang

классической статьи М. Чао с соавторами (2012), в крупнейшем порфировом месторождении Казахстана Актогай (ресурсы меди до 11 Мт и до 300 т золота) содержание хлора в апатите обычно не превышает 0,5%, тогда как им наиболее богаты апатиты из восстановленных акчатауских гранитов (W-Мо граниты, в среднем содержание хлора выше 1%)⁷. В статье З. Азадбахт с соавторами (2018) показано, что действительно рудоносные порфировые интрузии содержат акцессорный апатит с максимальными содержаниями хлора, но его концентрация не превышает 0,3%⁸. А в целом, вопрос довольно важный, поскольку недропользователь постоянно добывается от геолога-поисковика сведений не только о факте присутствия объекта (футпринт), но и о размерах и перспективах потенциального объекта.

В заключении, отмечу, что работа написана грамотным языком, построение диссертации логичное, последовательное, она прекрасно оформлена, содержит необходимые иллюстрации, фотографии и таблицы, облегчающие восприятие текста; в приложениях к диссертации приведены таблицы исходных данных – первичные результаты анализов и приведены таблицы с первичной обработкой материалов; в библиографическом списке три публикации в достойных изданиях из списка ВАК, а также 5 тезисов выступлений на различных конференциях. Указанные замечания направлены на улучшение качества работы, они никак не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Выполненная В.С. Весниным диссертационное исследование отвечает требованиям, установленным в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН), г. Новосибирск. Содержание диссертационного исследования соответствует специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения (геолого-минералогические науки).

Соискатель Веснин Владислав Сергеевич несомненно заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения (геолого-минералогические науки).

Головина Тамара Александровна, к.г.м.н., директор дирекции совместных проектов и технологии геологических работ, АО Полиметалл УК

198216, город Санкт-Петербург, пр-кт Народного Ополчения, д. 2

golovinata@polymetal.ru

t.a.golovina@gmail.com

+7-921-312-92-21

porphyry copper deposit and associated felsic intrusions in Yunnan Province, southwest China. *Econ. Geol.* 106, 79–92.

⁷ Cao M.J., Li G.M., Qin K.Z., Seitmuratova E.Y., Liu Y.S. Major and trace element characteristics of apatites in granitoids from Central Kazakhstan: implications for petrogenesis and mineralization // *Resour. Geol.* 2012. V. 62. № 1. P. 63–83 doi: 10.1111/j.1751-3928.2011.00180.x

⁸ . Zeinab Azadbakht, David R. Lentz and Christopher R.M. McFarlane Apatite Chemical Compositions from Acadian-Related Granitoids of New Brunswick, Canada: Implications for Petrogenesis and Metallogenesis // - *Minerals* 2018, 8, 598; <http://dx.doi.org/10.3390/min8120598>

Я, Головина Тамара Александровна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

25 апреля 2025 г.



М.П.

Подпись Т.А. Головиной заверяю (указывается должность и ФИО лица, заверившего отзыв, ставится печать организации)

