

ГЕОЛОГИЯ
GEOLOGY

УДК 674.553.02

**ФРАГМЕНТ КРУПНОЙ СТРУКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА,
РАСПОЛОЖЕННОЙ НА ЮГЕ УГАНДЫ,
И ЕЕ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

П.А. ИГНАТОВ¹, А.А. ИВАНОВ¹, А.В. АБРАМОВ¹, JAMES KASIGWA²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: petrignatov@gmail.com, ivanov_off@mail.ru, alekseyy.abr@rambler.ru

²Directorate ST&I Regulation & Biosafety
Ministry of Science, Technology & Innovation The Republic of Uganda
Plot 19, Lumumba Avenue, Rume Building, P.O. Box 7466, Kampala Uganda
e-mail: info@mosti.go.ug

Для южных районов Уганды рассмотрено металлогеническое значение регионального дугового пояса даек основного и ультраосновного состава. Показано, что он является частью дугового сектора крупной структуры центрального типа с диаметром около 700 км. Она имела длительное развитие в рифейском этапе тектоно-магматической активизации. Сформирована 1,37 млрд. лет, подновлена около 1 млрд. лет и в конце рифея (0,5–0,6 млрд. лет). Эта структура включает все крупные месторождения Sn, W, Na, Nb, Ni, REE, Au Бурунди, Конго, Руанды, Танзании и Уганды. В Уганде месторождения Sn, W и редких металлов контролируются малыми интрузиями гранитов с возрастом 1 млрд. лет и узлами пересечения радиальных разломов, представляющих структуры центрального типа мелкого порядка, входящие в центральную часть выделенной мегаструктуры. Приведены материалы по связи золотого оруденения с узлами пересечения крупных дуговых, радиальных и взбросо-сдвиговых разломов.

Ключевые слова: структуры центрального типа; региональный дуговой пояс даек основного и ультраосновного состава; металлогения рудоконтролирующие структуры.

<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-6-18-25>

**FRAGMENT OF A CENTRAL-TYPE LARGE STRUCTURE LOCATED
IN SOUTHERN UGANDA AND ITS METALLOGENIC VALUE**

PETR A. IGNATOV¹, ANDREY A. IVANOV¹, ALEXEY V. ABRAMOV¹, JAMES KASIGWA²

¹Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: petrignatov@gmail.com, ivanov_off@mail.ru, alekseyy.abr@rambler.ru

²Directorate ST&I Regulation & Biosafety
Ministry of Science, Technology & Innovation The Republic of Uganda
Plot 19, Lumumba Avenue, Rume Building, P.O. Box 7466, Kampala Uganda
e-mail: info@mosti.go.ug

For the southern regions of Uganda, the metallogenic value of the regional arc belt of dikes of the main and ultra-basic composition was considered. It is shown that it is part of the arc sector of a large central-type structure with a diameter of about 700 km. It had a long development in the Riphean sequence of tectono-magmatic activation. This structure was formed over 1,37 billion years ago and reformed approximately 1 billion years ago and at the end of the Riphean sequence (0,5–0,6 billion years ago). This structure includes all major deposits of Sn, W, Na, Nb, Ni, REE and Au in Burundi, Congo, Rwanda, Tanzania and Uganda. In Uganda, the Sn, W and rare metals fields are controlled by small intrusions of granite with an age of 1 billion years and crossing nodes of radial faults, which are the central-type structures of small order that are included in the central part of the allocated megastructure. Materials in the relationship of ore-grade gold mineralisation with the crossing nodes of large arc, radial and overfault-shift faults are given.

Keywords: central-type structures; regional arc belt of dikes of the main and ultra-basic composition; metallogeny; ore control structures.



В южных провинциях Республики Уганда сосредоточены месторождения и рудопроявления золота, меди, никеля, олова, вольфрама, бериллия, тантала и ниобия и имеются перспективы их открытия. Большинство известных рудных объектов расположено в метаморфических сланцах, гранитах и пегматитах протерозойских складчатых поясов Рвензори (Rwenzori Fold Belt), Бусиа (Busia-Kakamega greenstone belt), Северо-Кибарском (North Kibaran Belt) [Brinckmann et al., 1987, Pohl, 1994, 2006, Westerhof et al., 2014 et al.].

Расположение рудных полей определяется региональными структурами, связанными с неопротерозойской (рифейской) тектоно-магматической активизацией, проявленной в виде крупных разломов, гранитных массивов, дайковых поясов и складчато-разрывных деформаций метаморфических пород позднеархейских гранито-гнейсовых поднятий и зеленокаменных поясов и палео- и мезопротерозойских метавулканогенных и терригенно-сланцевых толщ. Одной из таких структур является широкий дайковый пояс габбро Arcuate Dyke System, имеющий возраст 1,37 млрд. лет [Mäkitie et al., 2011]. Впервые в данной статье рассмотрено металлогеническое значение этого пояса.

Для анализа использованы геолого-геофизические материалы геологической службы Республики Уганда и, прежде всего, результаты геолого-съёмочных работ последних лет, выполненных финскими специалистами [Westerhof et al., 2012].

Общие сведения о геологическом строении юго-запада Уганды

В геологическом строении рассматриваемой юго-западной части Уганды принимают участие породы, сформировавшиеся в четыре этапа: поздний архей, палеопротерозой, мезо- и неопротерозой (рифей) и неоген-четвертичный. Они составляют соответствующие структурно-формационные комплексы. Архейский фундамент с возрастом около 2,6 млрд лет, представлен гранитами, гнейсами, амфиболитами, реже metabазитами. Палеопротерозойский комплекс с возрастом 1,8—2,0 млрд лет сложен сланцами, кварцитами, в меньшей мере, конгломератами и metabазальтами, прорванными гранитами. Несогласно залегающие рифейские толщи состоят из кварцитов, сланцев, филлитов, песчаников и аргиллитов. На крайнем юго-западе рифейские породы метаморфизованы до амфиболитов и парагнейсов. Они интродуцированы дайками долеритов и пироксенитов возраста 1,37 млрд лет, гранитами, в том числе порфировыми, и пегматитами возрастом 1,1 млрд лет и более поздними дайками долеритов и горнблендитов.

Породы всех комплексов существенно нарушены сложными складками и разломами.

Неоген-четвертичный комплекс представлен полого залегающими осадочными отложениями и современными вулканическими образованиями одной из ветвей Восточно-Африканских рифтов.

Рифейский дайковый комплекс

Рифейские дайки долеритов и пироксенитов отчетливо выражены в магнитном поле линейными локальными аномалиями и узкими высокोगradientными зонами шириной от первых сотен метров и протяженностью в десятки километров. Эти аномалии пересекают области с резко разными магнитными параметрами, которые отражают интрузивные и осадочно-метаморфические комплексы. В то же время они сами пересекаются похожими линейными аномалиями, которые интерпретируются как тектонические нарушения.

В распространении даек надо отметить три закономерности.

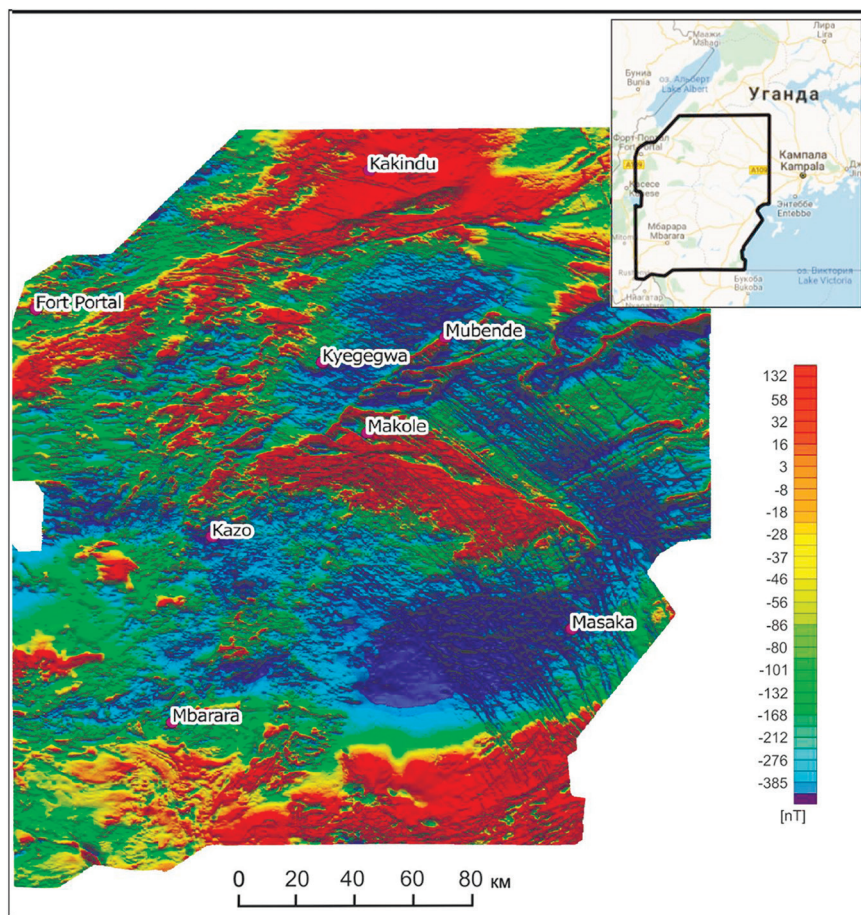
Во-первых, весь пояс протяженностью ≈ 400 км и шириной ≈ 150 км составляет гигантскую дугу кругового сегмента с радиусом порядка 350—380 км, что отражено в его названии (Arcuate Dyke System).

Во-вторых, дайки часто имеют кулисное окончание и расположены субпараллельно друг другу с расстояниями между ними от нескольких сотен метров до 3—5 км в виде отдельных сближенных пучков.

В-третьих, имеет место тренд наибольшего распространения даек в центральной части пояса и уменьшения их числа к его краям. При этом уменьшается не только количество даек, но и их протяженность.

Отмеченные закономерности явно отражают главное значение в образовании даек региональных дуговых разломов гигантской структуры центрального типа, вероятно, вулканического происхождения. Для докембрия в целом характерны особенно крупные вулканические сооружения центрального типа [Дьяконов и др., 2016].

Следует подчеркнуть, что отдельные дайки рассматриваемого пояса практически не выражены в рельефе и соответственно на космических снимках. Это, по-видимому, связано с развитием тектонических деформаций неотектонического этапа континентального рифтогенеза, затушевавших древние структуры. Однако, дайковый пояс ярко выражен в магнитном поле (рис. 1). Помимо отчетливо выраженных в магнитном поле дуговых даек, выполнявших соответствующие разломы, надо отметить присутствие и радиальных нарушений. Они выражены фрагментарно, но прослежи-



а

ваются также на десятки километров [Geological map., 2014]. Следует отметить, что в пределах дайкового пояса радиальные нарушения прослеживаются сериями и более ярко проявляются в магнитном поле. Южнее, эти серии переходят в отдельные нарушения, относительно слабо выраженные в магнитном поле и вынесенные на схему с карты [Geological map., 2014].

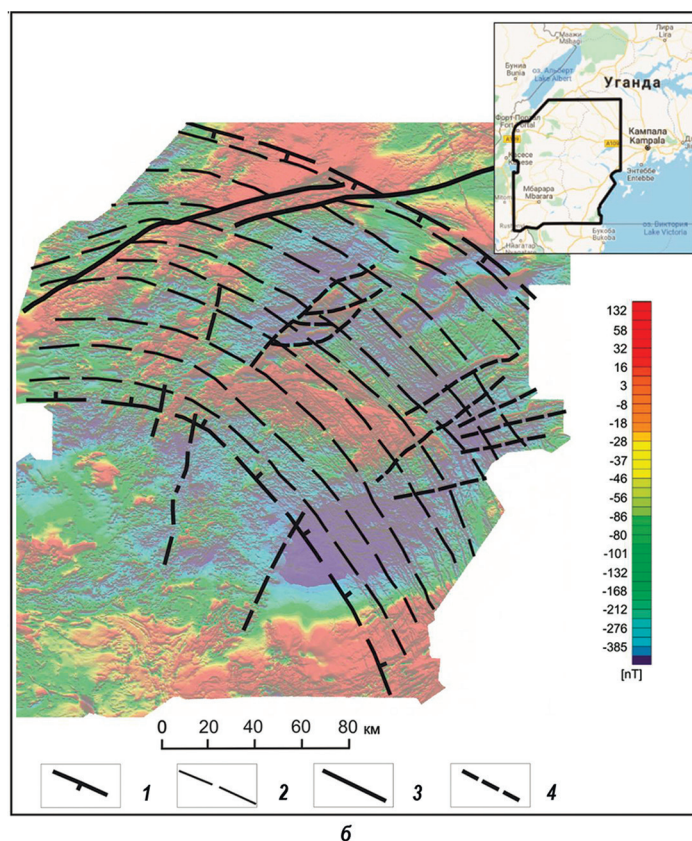
Соотношение даек с разломами

Большая часть юго-запада Уганды, включающая дуговой пояс даек, представляет собой часть сектора, ограниченного на юго-востоке акваторией оз. Виктория (рис. 2). На западе имеется тектоническое ограничение по протяженному разлому северо-восточного простирания. Этот региональный разлом разделяет два крупных блока земной коры — архейский Северо-Угандийский и протерозойский Западно-Танзанийский террейны [Westerhof et al., 2012].

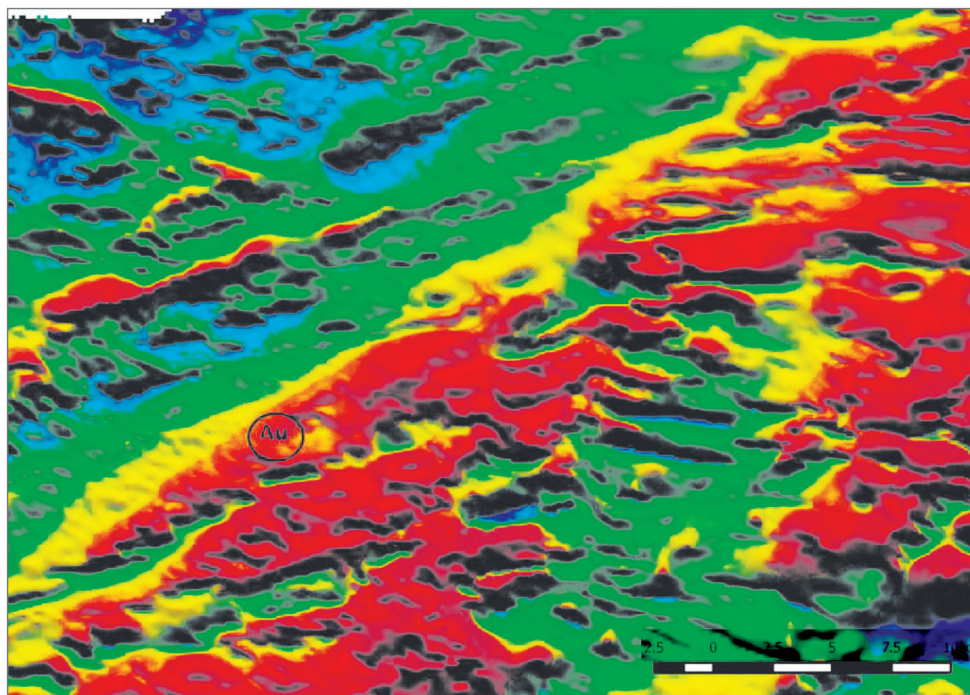
Рис. 1. Карта аномального магнитного поля (а) и схема радиальных и кольцевых разломов среднерифейского возраста (б): 1 — границы пояса даек; 2 — основные дуговые разломы; 3 — поздний взбросо-сдвиг; 4 — радиальные разломы. Разломы выделены по аэромагнитным данным [Westerhof et al., 2012]

Соотношения этого разлома с дайками сложное. Во-первых, большинство даек им экранируются. Во-вторых, часть даек, вероятно, смещена по нему, хотя на геологических картах показано и пересечение дайками этого нарушения. Скорее всего, данный разлом надо считать постдайковым крупным взбросо-сдвигом. На это указывают юго-западный поворот даек вблизи разлома и правостороннее смещение характерных линейных аномалий (даек долеритов) соответственно северо-восточнее и юго-восточнее золотой россыпи Бутити (рис. 2). Частично он мог быть унаследован от крупного радиального нарушения, синхронного формированию рассматриваемого дайкового пояса.

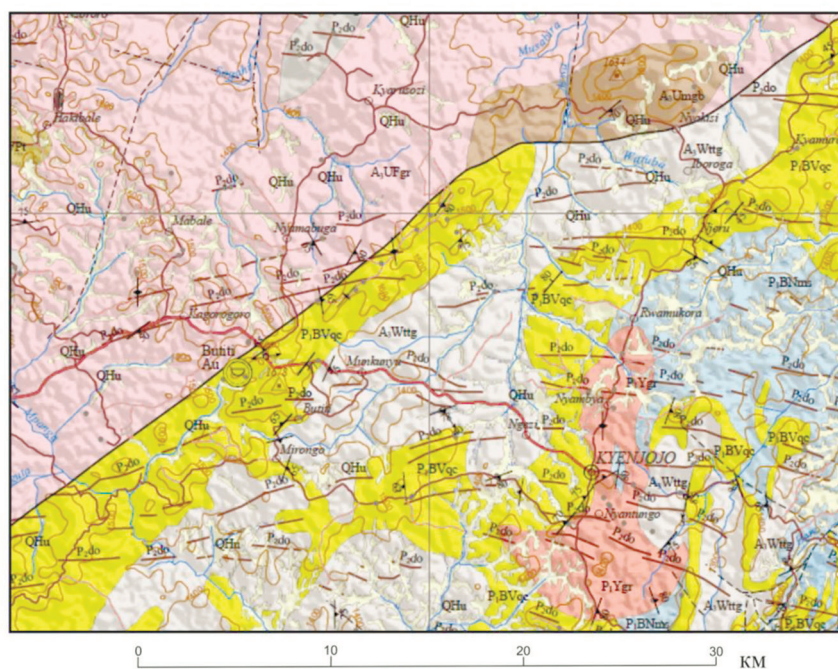
Рассматриваемое нарушение, вероятно, имеет рудоконтролирующее значение, поскольку в зоне его влияния локализована россыпь золота Бутити (Butiti), вблизи которой известны кварцевые жилы [Westerhof A.V Phil et al., 2014].



б



a



б

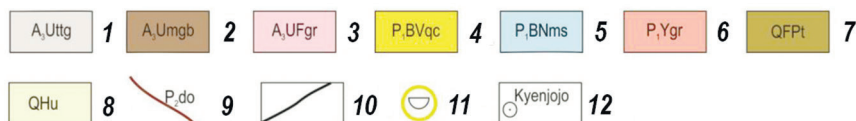


Рис. 2. Подворот ряда линейных положительных аномалий (даек основного состава) и их правостороннее смещение в зоне предполагаемого взбросо-сдвига в районе россыпи золота Бутити: а – фрагмент аэромагнитной карты, б – фрагмент геологической карты [Westerhof et al., 2012]. 1–2 – архей – неоархей: 1 – тоналит-гранодиоритовые гнейсы (2611+/-5 млн.лет); 2 – метагббро, амфиболиты; 3 – граниты серии Форт Портал; 4–5 – протерозой.толща Буганда, включающая: 4 – ортокварциты и конгломераты; 5 – слюдяные сланцы с прослоями кварцитов; 6 – граниты формации Кьенджоджо; 7 – четвертичные лапиллиевые туфы формации Альбертини; 8 – современные аллювиальные отложения; 9 – рифейские дайки долеритов и пироксенов (1368+/-41 млн.лет; 1374+/-42 млн.лет); 10 – крупный взбросо-сдвиг; 11 – россыпь золота Бутити; 12 – населённые пункты

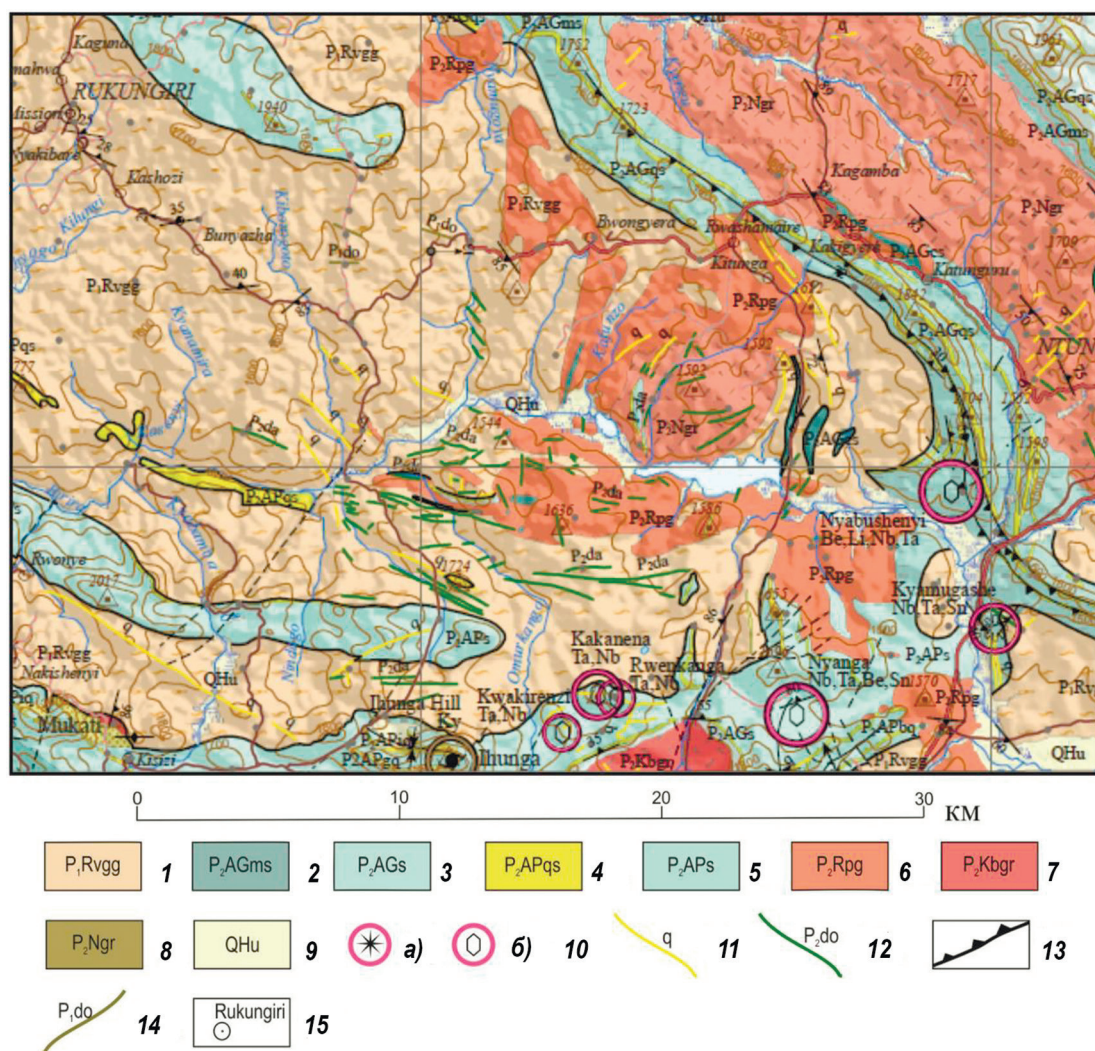


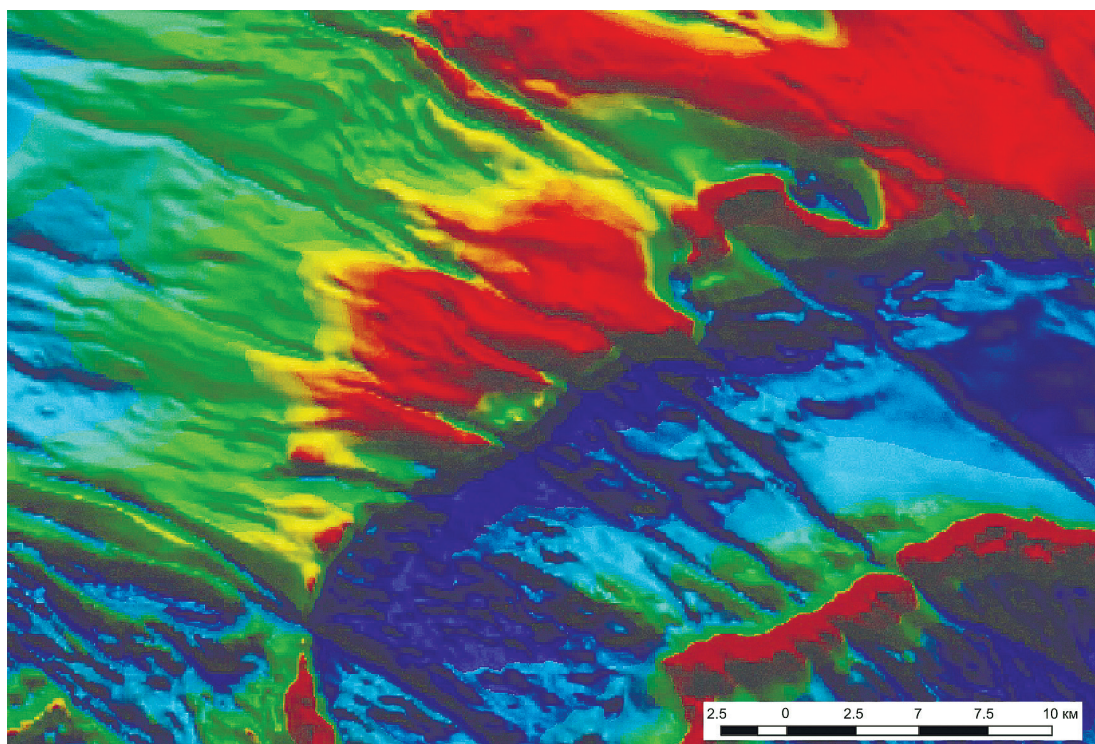
Рис. 3. Фрагмент геологической карты Уганды масштаба 1:250 000 (лист SA 36-1 Mbarara) [Westerhof et al., 2012]: 1 – протерозойские гранито-гнейсы Рукунгири (2147+/- млн.лет); 2–5 – свиты мезопротерозоя: 2 – свита Нямирима, слюдяные сланцы; 3 – свита Микамба, филлитовые сланцы, песчаники; 4 – Мишаша, кварцевые песчаники; 5 – Найгуру, филлитовые сланцы; 6–8 – протерозойские (ранне-рифейские) граниты: 6 – пегматитовые граниты формации Рубале (≈1,2 млрд.лет); 7 – порфировые граниты; 8 – формации Нтунгамо; 9 – современные аллювиальные отложения; 10 – месторождения редких элементов а) штокверковые б) пегматитовые; 11 – кварцевые жилы; 12 – дайки долеритов и горнблендитов; 13 – достоверные разломы; 14 – метадолериты; 15 – населённые пункты

Внутри сектора проявлены разломы север-северо-восточного, северо-восточного и восток-северо-восточного простирания. Они не смещают дайки основного состава, что позволяет отнести их к радиальным разломам. Фрагменты радиальных разломов выполнены теми же дайками долеритов и пироксенитов. Например, северо-западные дайки закартированы на водоразделе междуречья рек Нчвера (Nchwera) и Рутунду (Rutundu) [Geological map., 2014, Westerhof et al., 2012].

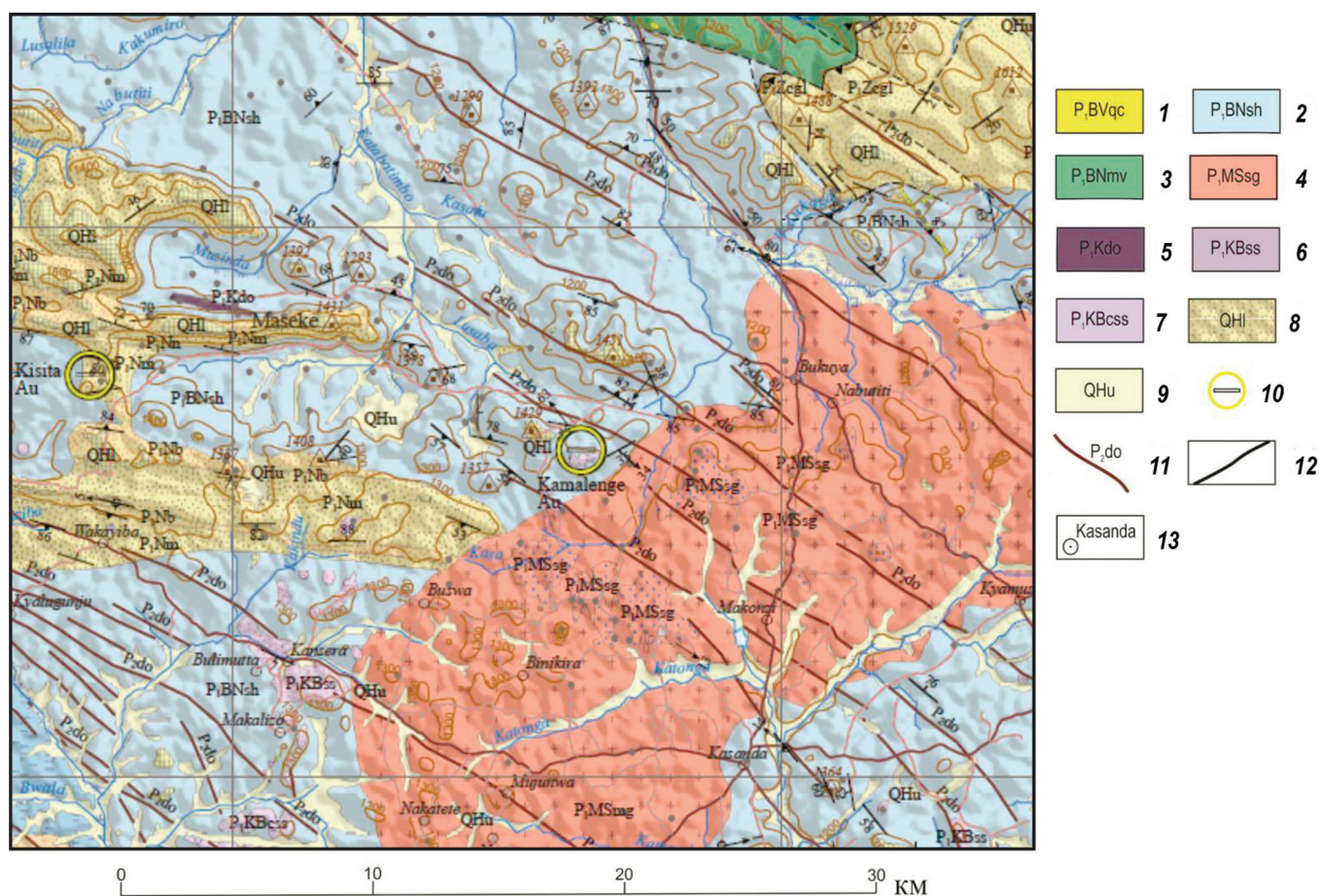
Юго-западную часть сектора занимают рифейские осадочно-метаморфические и вулканогенно-метаморфические толщи формационных комплексов Кагера-Бухвей и Аканиару-Анколе

(Kagera-Buhweju, Akanyaru-Ankole Supergroups). Они осложнены гранитоидными массивами с возрастом около 1 млрд. лет [Westerhof et al., 2012].

Рис. 4. Локализация месторождения золота Камаленге в пучке даек основного состава в экзоконтакте с массивом гранитов: а – фрагмент карты магнитного поля; б – фрагмент геологической карты [Westerhof et al., 2012]. 1–7 – протерозой; 1 – ортокварциты и конгломераты формации Виктория; 2–3 – толща Буганда, включающая серию Нил и свиты: 2 – сланцы, филлиты; 3 – базальты Бужагали; 4 – серицитизированные граниты Мубендэ-Синго; 5–7 – толща Кагера-Бухвежу: 5 – долериты формации Кыто (≈1,68 млрд.лет); 6 – песчаники; 7 – конгломераты, песчаники; 8 – четвертичные латериты; 9 – современные аллювиальные отложения; 10 – месторождения золота жильного типа; 11 – дайки долеритов и пироксенов состава (1368+/-41 млн.лет; 1374+/- 42 млн.лет); 12 – разломы; 13 – населённые пункты



a



6



Выделенная структура центрального типа, очевидно, была долгоживущей. Об этом свидетельствуют дайки долеритов и горнблендитов, расположенные юго-восточнее п. Рукунгири (Rukungiri), пересекающие граниты и пегматоидные граниты с возрастом 1,1 млрд. лет (рис. 3).

На этой же карте виден изометричный интрузив, сложенный двумя фазами ранних гранитов и поздних пегматоидных гранитов, также рифейского возраста (1,1 млрд лет). Подобных массивов гранитов на крайнем юго-западе Уганды несколько. Их надо рассматривать в качестве центральных частей палеовулканоструктур мелкого порядка. Радиальные разломы из такого рода центров отчетливо дешифрируются по данным магнитометрии. Внедрение даек и силлов основного и ультраосновного состава рассматриваемого пояса отражает важнейший этап рифейской тектоно-магматической активизации региона. Тогда, помимо проявлений основного и ультраосновного глубинного магматизма, формировались кислые вулканы, S-граниты, пегматиты, грейзены и гидротермальные кварцевые жилы [Link et al., 2010]. Этот этап включал две стадии: раннюю (1,3—1,4 млрд. лет) основного и ультраосновного магматизма и позднюю (1,1—1,0 млрд. лет) внедрения гранитоидов, которые соответствуют Кибарской и Ирумидской фазам диастрофизма Африки [Геология, 1990].

Мегаструктура центрального типа и ее металлогеническое значение

Рифейская тектоно-магматическая активизация является главной в металлогении района с образованием месторождений Sn, W, Be, Ta, Nb и Au [Pohl, 1994, 2006]. Если пролонгировать всю мегаструктуру, то в ее контур попадают практически все крупные и средние по запасам месторождения редких металлов, олова, вольфрама, никеля и золота восточной части Демократической Республики Конго, Руанды, Бурунди, запада Танзании и юго-запада Уганды. Не случайно, что примерно в центре мегаструктуры находятся карбонатитовые массивы Кирумбе и Луеше поздний рифей-вендского возраста (0,688 и 0,516 млрд лет) [Ganzev, 2000] с крупным месторождением ниобия в последнем.

Важно отметить два важных фактора локализации известных месторождений золота, олова, вольфрама, бериллия, тантала и ниобия южных

провинций Уганды выделенного сегмента гигантской структуры центрального типа.

Во-первых, очевидна роль изометричных массивов гранит-порфиров и пегматоидных гранитов (гранитных куполов) среднерифейского возраста в локализации грейзеновых месторождений вольфрама и олова. В периферии таких массивов распространены жилы пегматитов с рудами бериллия, олова, тантала и ниобия. Эти объекты локализованы в центральной части региональной структуры центрального типа в центрах вулканоструктур второго порядка

Во-вторых, для локализации золоторудных месторождений важное значение, имели узлы пересечения радиальных и дуговых разломов с возрастом 1,37 млрд лет. Вероятно, они создавали структурный каркас в прерудную эпоху. Это можно показать на примере площади рудного поля с месторождением Камаленге (Kamalnge), расположенного в поясе даек в нижнепротерозойских сланцах и кварцитах складчатого пояса Рванензи (Ugandan Rwenzori Fold Belt) на контакте с протерозойским гранитным массивом (рис. 4).

Разломы собственно рудного этапа проявились позже в позднем рифее и сопровождали гидротермальные процессы.

Заключение

Проанализированные геолого-геофизические материалы по южным районам Уганды позволяют сделать следующие выводы.

Во-первых, по дуговому поясу даек основного и ультраосновного состава выделен сектор гигантской мегаструктуры центрального типа с диаметром порядка 650—700 км, включающий районы Уганды, Руанды, Танзании, Бурунди и Демократической республики Конго.

Во-вторых, выделенный сектор мегаструктуры включает все промышленно важные месторождения олова, тантала, ниобия, вольфрама, редких земель, никеля и золота региона.

В-третьих, отдельные пучки даек дугового пояса, радиальные разломы, узлы их пересечения в совокупности с позднепротерозойскими взброс-сдвигами, протерозойскими гранитами, расположенными в позднеархейских зеленокаменных поясах и протерозойских складчатых поясах Рванзори и Кибарском на юге Уганды, служат структурной основой для прогноза золоторудных месторождений.



ЛИТЕРАТУРА

1. Геология и полезные ископаемые Африки. Учебник. Под ред. Е.А.Долгинова. М. Недра 1990. 413 с.
2. Дьяконов В.В., Котельников А.Е., Усова В.М. Эндеогенные оруденения палеовулканических сооружений // Разведка и охрана недр. 2016. № 6. С. 25–27.
3. Brinckmann J., Höndorf A., Kreuzer H., Lenz H., Müller P. & Lehmann B. (1987). Some aspects of the post-orogenic Sn, W, REE mineralizations in the Kibaran belt, Burundi, East Africa. *Abstr., 14th Coll. Afr. Geol.*, 18–22 August 1987, Techn. Univ. Berlin, Occas. Publ. 1987/12, 180.
4. Ganzev A.A. Composition, geological setting and metallogeny of Carbonatites. Ganzev A.A. // *Geodynamics and Metallogeny / Theory and Implication for Applied Geology*. Moscow. 2000. P. 399–408.
5. Geological map of Uganda 1:1 000 000. Geological Survey of Finland, GTK Espoo. 2014.
6. Link K., Koehn D., Barth M., Tiberindwa J., Barifaijo E., Aanyu K. & Foley, S. (2010). Continuous cratonic crust between the Congo and Tanzania blocks in western Uganda *International Journal of Earth Sciences = Geologische Rundschau* 99, 1559–1573.
7. Mäkitie H., Baglow N., Boger S., Data G., de Kock G., Elepu D., Härmä P., Jenett T., Koistinen T., Kyagulanyi D., Lehtonen M.I., Manninen T., Mänttari I., Pokki J., Schumann A., Westerhof A.B. & Virransalo P. (2011). Giant c. 1.37 Ga arcuate dolerite dyke swarm in SW Uganda. *23rd Colloquium of African Geology*. 8–14. 2011, Johannesburg, South Africa. Abstract volume, p. 256.
8. Pohl W. (1994). Metallogeny of the northeastern Kibara belt, Central Africa – Recent perspectives. *Ore Geology Reviews*, 9, 105–130.
9. Pohl W. (2006). Metallogeny of the northeastern Kibaran belt, Central Africa. *Geol. J.*, 22, (S2), 103–119.
10. Westerhof A.V. Phil et al. Uganda, ready for investment in mining. Geological survey of Finland • Special Paper 55. 2014. All GTK's publications online at hakku.gtk.fi. WWW.gtk.fi.
11. Westerhof A.B., Pekkala Y. & Lehto T. (Editors) Baglow N., Boger S., Elepu D., Härmä P., de Kock G.S., Koistinen T., Kuivasaari T., Kärkkäinen N., Lehtonen M.I., Manninen T., Mäkitie H., Schumann A. & Virransalo P. Explanation of the geology of sheet NA-36-13, 14, 15, SA-36-1, 2 1:250000. Final version. 2012.

REFERENCES

1. *Geologiya i poleznye iskopaemye Afriki*. Uchebnik. Pod red. E.A.Dolginova. M., Nedra Publ., 1990, 413 p.
2. D'yakonov V.V., Kotel'nikov A.E., Usova V.M. Endogennye orudneniya paleovulkanicheskikh sooruzhenij. *Razvedka i ohrana neдр*, 2016, no 6, pp. 25–27.
3. Brinckmann J., Höndorf A., Kreuzer H., Lenz H., Müller P. & Lehmann, B. (1987). Some aspects of the post-orogenic Sn, W, REE mineralizations in the Kibaran belt, Burundi, East Africa. *Abstr., 14th Coll. Afr. Geol.*, 18–22 August 1987, Techn. Univ. Berlin, Occas. Publ. 1987/12, 180.
4. Ganzev A.A. Composition, geological setting and metallogeny of Carbonatites. Ganzev A.A. *Geodynamics and Metallogeny. Theory and Implication for Applied Geology*. Moscow, 2000, pp. 399–408.
5. Geological map of Uganda 1:1 000 000. *Geological Survey of Finland, GTK Espoo*, 2014.
6. Link K., Koehn D., Barth M., Tiberindwa J., Barifaijo E., Aanyu K. & Foley S. (2010). Continuous cratonic crust between the Congo and Tanzania blocks in western Uganda *International Journal of Earth Sciences = Geologische Rundschau* 99, 1559–1573.
7. Mäkitie H., Baglow N., Boger S., Data G., de Kock G., Elepu D., Härmä P., Jenett T., Koistinen T., Kyagulanyi D., Lehtonen M.I., Manninen T., Mänttari I., Pokki J., Schumann A., Westerhof A.B. & Virransalo P. (2011). Giant c. 1.37 Ga arcuate dolerite dyke swarm in SW Uganda. *23rd Colloquium of African Geology*. 8–14. 2011, Johannesburg, South Africa, Abstract volume, 256 p.
8. Pohl W. (1994). Metallogeny of the northeastern Kibara belt, Central Africa – Recent perspectives. *Ore Geology Reviews*, 9, 105–130.
9. Pohl W. (2006). Metallogeny of the northeastern Kibaran belt, *Central Africa. Geol. J.*, 22, (S2), 103–119.
10. Westerhof A.V. Phil et al. Uganda, ready for investment in mining. Geological survey of Finland • Special Paper 55, 2014, All GTK's publications online at hakku.gtk.fi, WWW.gtk.fi.
11. Westerhof A.B., Pekkala Y. & Lehto T. (Editors) Baglow N., Boger S., Elepu D., Härmä P., de Kock G.S., Koistinen T., Kuivasaari T., Kärkkäinen N., Lehtonen M.I., Manninen T., Mäkitie H., Schumann A. & Virransalo P. Explanation of the geology of sheet NA-36-13, 14, 15, SA-36-1, 2 1:250000, Final version, 2012.