

Литература

1. Андреев В.Л. Графические методы в Rb-Sr геохронологии // Проблемы геологии и минералогии. Сыктывкар: Геопринт. 2006. С. 315-328.
2. Гавриленко Б.В. Минерогения благородных металлов и алмазов северо-восточной части Балтийского щита. Докт. диссер. Апатиты. 2003. 399 с.
3. Иващенко В.И. Золото Фенноскандии – металлогения и перспективы золотоносности территории Карелии // Тр. Кар.НЦ РАН. 2006. вып. 9. С. 84-111.
4. Кожевников В.Н. Архейские зеленокаменные пояса Карельского кратона как аккреционные орогены. Петрозаводск. Карельский научный центр РАН. 2000. 223 с.
5. Ларионова Ю.О. Изотопная геохимия и геохронология золоторудной минерализации в архейских и палеопротерозойских комплексах Карелии. Автореферат канд. диссер. Москва. 2008. 29 с.
6. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. кн.1. под. ред. В.П.Михайлова и В.Н.Аминова. Петрозаводск. Карелия. 2005. 278 с.
7. Рундквист Д.В., Ткачев А.В., Черкасов С.В. и др. Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. т. 1. Глобальные закономерности размещения. М. ИГЕМ РАН. 2006. 390 с.
8. Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F. and Hart C.J.R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance // Economic Geology. 2003. Vol. 98. pp. 1-29.

Разработка глубинных моделей рудных районов, расположенных на древних щитах: от поверхностных структур к разделу кора - мантия

Казанский В.И.

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
г. Москва, e-mail: kazansky@igem.ru

Проблема соотношений рудных месторождений с глубинными неоднородностями литосферы занимает одно из важных мест в области геологии, геофизики и геохимии. Она разрабатывается в масштабе металлогенических провинций, металлогенических зон, рудных районов и в разных направлениях. Одно из направлений – создание интегральных глубинных моделей рудных районов, расположенных на древних щитах, на основе корреляции геологических и геофизических данных. Эти модели ориентированы на выявление локальных (среднемасштабных) неоднородностей коры и раздела кора-мантия и установление связи с этими неоднородностями рудоносных поверхностных структур. Излагаемый подход развит на примере Печенгского рудного района на Фенноскандинавском щите и апробирован в Кировоградском рудном районе на Украинском щите. Первый содержит крупные магматические Cu-Ni месторождения, второй – крупные метасоматические урановые месторождения.

Печенгский рудный район представляет собой изолированный сегмент палеопротерозойского рифтогенного пояса с особым набором тектонических структур, ассоциаций горных пород и рудных месторождений (Cu, Ni, Pt, U). Исследования его глубинного строения развивались в два этапа с построением 3D моделей до 15 и 40 км ниже уровня дневной поверхности [1]. На первом этапе была осуществлена корреляция разреза Кольской сверхглубокой скважины и поверхностных структур по составу, возрасту, деформациям и петрофизическим параметрам пород. Было расшифровано поведение на глубину палеопротерозойского (2.3-1.8 млрд. лет) осадочно-вулканогенного комплекса и приуроченных к нему Cu-Ni месторождений и высказано предположение, что современный эрозионный срез Печенгского рудного района представляет собой горизонтальное сечение мантийной рудообразующей системы. Ее коровые части были изучены на втором этапе работ с помощью сейсмотомографического моделирования земной коры на всю ее мощность, включая раздел Мохо. В результате под Печенгской структурой, в которой сосредоточены Cu-Ni месторождения, был выявлен локальный подъем раздела М на отметки 36-34 км, интерпретированной как реликтовый мантийный плюм, и над ним обнаружены признаки некогда существовавших промежуточных магматических камер.

Тектоническая природа и палеотектонические обстановки формирования никеленосной Печенгской структуры остаются предметом дискуссии. Они, прежде всего, касаются вулканитов свиты пильгуярви, которые по геохимическим признакам близки к океаническим базальтам. В этой связи возникает естественный вопрос, могли ли рудоносная Печенгская структура, предполагаемый промежуточный магматический очаг и поднятие раздела М сохранить относительное взаимное расположение с конца раннего протерозоя? На него можно дать положительный ответ, хотя и не в окончательной форме. Контакт осадочно-вулканогенной северопеченгской серии и архейской кольской серии не сорван в результате более поздних тектонических дислокаций. Нормальная стратиграфическая последовательность вулканических и осадочных свит северопеченгской серии сохраняется как вверх по разрезу, так и в латеральном направлении при переходе от Печенгской структуры к поясу Пасвик-Полмак. В том же направлении закономерно уменьшаются мощности продуктивной толщи и насыщенность ее никеленосными интрузиями и месторождениями. Наконец, ни в основании продуктивной толщи, ни в свите пильгуярви не установлены признаки крупных горизонтальных перемещений, которые должны были бы происходить при обратном движении океанической коры (если она существовала) на ныне наблюдаемое место в разрезе северопеченгской серии [2].

Этот опыт был учтен при постановке работ по изучению глубинного строения Кировоградского рудного района на Украинском щите. Он отличается от Печенгского района по геологическому строению и ведущей роли в металлогении гидротермальных урановых месторождений, которые относятся к особому промышленному и генетическому типу среднетемпературных ураноносных натровых метасоматитов или месторождений натрий-урановой (альбититовой) формации [3, 4]. Работы были начаты в 2005 г. по соглашению между Институтом геофизики НАНУ, ИГЕМ РАН, ГП "Кировгеология" и ИГ КарНЦ РАН [5].

Отличительной чертой Кировоградского рудного района является мощное проявление палеопротерозойского интрузивного магматизма, в результате которого здесь возник самый крупный на щите многофазный Новоукраинско-Корсунь-Новомиргородский плутон, состоящий из двух массивов: Новоукраинского гранитоидного и Корсунь-Новомиргородского рапакиви-анортозитового. Плутон контролируется субмеридиональным тектоническим швом Херсон-Смоленск. Этому же направлению подчинены складки в окружающих метаморфических породах ингуло-ингулецкой серии и зоны крупных разломов, обрамляющие плутон с востока и запада (рис.1).

Соскладчатый Новоукраинский (Кировоградско-Новоукраинский) гранитоидный массив образовался на абиссальном уровне глубинности путем частичного плавления сиалической коры и неоднократного внедрения гранитной магмы. В процессе формирования он испытал сильные деформации сжатия, которые запечатлены в виде текстур течения и пластических деформаций пород в температурных границах амфиболитовой фации [6]. Массив состоит из пород диорит-монцонитовой-гранитовой (новоукраинский комплекс) и гранитово-мигматитовой (кировоградский комплекс) формаций. Установлено, что на ранних этапах развития Кировоградская и Звенигородско-Анновская зоны разломов были генетически связаны с Новоукраинским массивом. Их генетическая связь возникла при внедрении кировоградских гранитов в породы ингуло-ингулецкой серии и ее мигматизации. Позднее она проявилась в виде дополнительных "внутриразломных" интрузий равномернозернистых гранитов, протоклаза этих интрузий, образования аплит-пегматоидных жил и бластомилонитовых зон. Наряду с мигматизированными породами ингуло-ингулецкой серии и гранитоидами эти ранние структурные элементы разломов участвуют в строении интрузивно-ультраметаморфического цоколя, в который внедрился Корсунь-Новомиргородский рапакиви-анортозитовый массив. Он не обнаруживает признаков активного взаимодействия с породами рамы. Слагающие его основные и кислые породы сохраняют первичные магматические структуры и не затронуты пластическими деформациями. Присущие массиву трещины хрупкого разрыва образовались в результате понижения температуры при его застывании [7]. Генезис Корсунь-Новомиргородского массива связывается с деятельностью сублитосферных мантийных источников и процессами мантийно-корового взаимодействия.

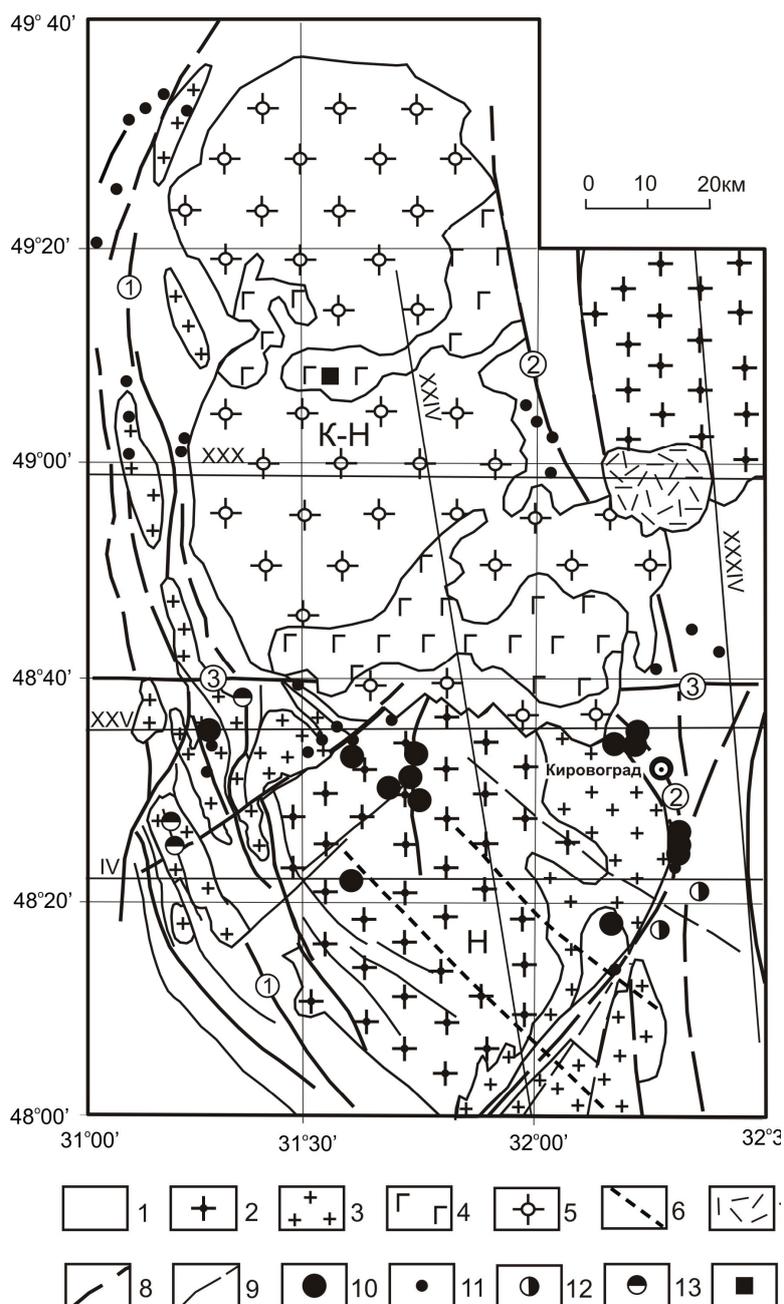


Рис.1. Схема геологического строения Кировоградского рудного района. Составлена по материалам ГП «Кировгеология».

1 – стратифицированная ингуло-ингулецкая серия; 2-6 – интрузивные комплексы: 2 – новоукраинский комплекс; 3 – кировоградский комплекс; 4-5 – корсунь-новомиргородский комплекс (4 – анортозиты, 5 – граниты рапакиви); 6 – дайковый комплекс; 7 – мезозойские дациты, туфы; 8-9 – разломы: 8 – главные, 9 – второстепенные; 10 – урановые месторождения; 11 – урановые рудопроявления; 12-14 – месторождения и рудопроявления: 12 – золота, 13 – лития, 14 – титана. Интрузивные массивы: Н – Новоукраинский, К-Н – Корсунь-Новомиргородский. Разломы (цифры в кружках): 1 – Звенигородско-Анновский, 2 – Кировоградский, 3 – Субботско-Мошоринский. IV – сейсмические профили и геотравессы.

Возрастные границы ингуло-ингулецкой серии оцениваются в 2.3 и 2.1 млрд лет, новоукраинского и кировоградского комплексов на уровне 2.0 млрд лет, рапакиви-анортозитового комплекса в 1.78 и 1.75 млрд лет [8]. По данным прецизионного датирования по цирконам и монацитам новоукраинский и кировоградский комплексы образовались в интервале 2.06-2.02 млрд лет, ураноносные натровые метасоматиты по данным изохронного U-Pb метода в интервале 1.84-1.8 млрд лет [9].

По возрасту урановые месторождения в натровых метасоматитах близки к Корсунь-Новомиргородскому массиву, но локализуются в более древних породах интрузивно-ультраметаморфического цоколя. Они приурочены к зонам милонитизации, катаклаза и зеленокаменных изменений, и также образованы в обстановке хрупких деформаций. Внешние ореолы метасоматитов связаны постепенными переходами с диафторитами и представлены частично десилицированными породами (сиенитами), внутренние – альбититами с переменными количествами эгирина, рибекита, арфведсонита, эпидота, хлорита, что указывает на формирование метасоматитов среднетемпературными гидротермальными растворами с высокой активностью натрия. Урановые руды подчинены этой метасоматической зональности и локализуются в альбититах в виде тонкой вкрапленности браннерита, уранинита, коффинита в ассоциации с флогопитом, карбонатами, поздним альбитом и некоторыми другими минералами.

Несмотря на возрастной разрыв порядка 200 млн лет ураноносные зоны наследуют общий тектонический план гетерогенного интрузивно-ультраметаморфического цоколя. Они следуют вдоль ранее возникших структурных элементов цоколя, пересекают их под острыми углами, разветвляются и соединяются между собой, что в конечном счете определяет многообразие структурных форм урановых рудных полей и месторождений при более устойчивом характере их метасоматической зональности.

В результате детальных поисковых и геологоразведочных работ было установлено, что в Кировоградском рудном районе месторождения урана и сопровождающие их месторождения золота и лития сосредоточены в дискордантной широтной полосе, и располагается в Новоукраинском гранитоидном массиве и соответствующих интервалах Кировоградской и Звенигородско-Анновской зон разломов. Ее северная граница отождествляется с Субботско-Мошоринской зоной разломов, протягивающейся вдоль интрузивного контакта Корсунь-Новомиргородского массива с Новоукраинским массивом. Предполагалось, что в этой полосе рудные месторождения и вмещающие их породы опущены по широтным разломам, что и сохранило их от эрозии.

В ходе работ по упомянутому соглашению эта важная эмпирическая закономерность получила принципиально иное объяснение. Дополнительный анализ сейсмических данных показал, что Кировоградскому рудному району присуща сложная комбинация изоглубин раздела М меридионального и широтного направления, которая согласуется с общим планом его поверхностных структур (рис.2). Одновременно была обнаружена пространственная связь месторождений U, Au, Li с широтным прогибом (мантийным рвом) в рельефе раздела М и его бортовыми частями. Прогиб проходит вдоль геотраверса IV и достигает максимальной глубины в 46 км вблизи г. Кировограда. К западу от г. Кировограда он постепенно выполаживается, к востоку приобретает субмеридиональное направление.

Однако структуры урановорудных полей и месторождений не совпадают с простиранием "мантийного рва", над которым они располагаются. Для них характерны меридиональная, северо-западная и северо-восточная ориентировка и различные комбинации этих направлений. Было предпринято несколько попыток оценить, на какое расстояние вглубь земной коры распространяются локальные рудоносные структуры. Сперва оценки базировались на прослеживании зон катаклаза, регрессивного метаморфизма и натрового метасоматоза с помощью сейсмических методов. Этот способ оказался мало информативным. Затем был использован другой подход: согласованный анализ поведения на глубину указанных зон и интрузивно-ультраметаморфического каркаса, на котором они сформированы. Анализ выполнен путем корреляции петрологических, сейсмических и гравиметрических данных. Он показал, что этот каркас протягивается ниже современной дневной поверхности на 15-20 км. Но что происходит между этими отметками и разделом Мохо – пока неясно.

Работа выполнена в рамках проекта 4.2.3а программы Президиума РАН №14.

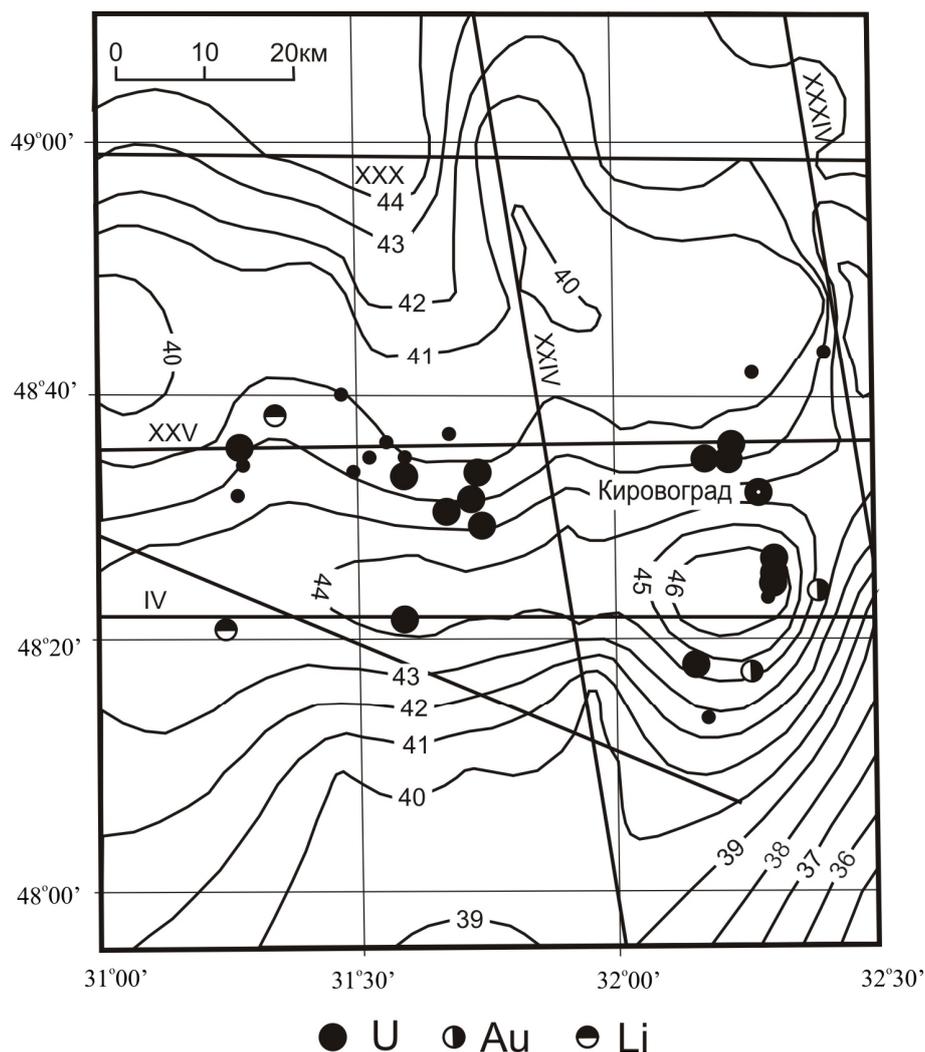


Рис.2. Проекция рудных месторождений Кировоградского района на рельеф поверхности раздела Мохо, в км. IV – сейсмические профили

Литература

1. Казанский В.И., Лобанов К.В., Шаров Н.В. От разреза Кольской сверхглубокой скважины к глубинным моделям Печенгского рудного района: к 10-летию открытия №28 в области наук о Земле // Вестник РАН. 2007. Т.7. №2. С.3-7.
2. Казанский В.И., Лобанов К.В., Соколова Е.В. и др. Печенгское Cu-Ni рудное поле (Фенноскандинавский щит) как палеопротерозойский вулканический центр // Материалы 14^{ой} Международной конференции "Соотношения поверхностных структур земной коры с глубинными". Петрозаводск. 2008. Ч.1. С.247-249.
3. Бакаржиев А.Х., Макивчук О.Ф., Попов Н.И. Создание минерально-сырьевой базы Украины // Разведка и охрана недр. 2005. № 10. С.50-58.
4. Третьяков Ю.И., Бакаржиев А.Х., Макивчук О.Ф. и др. Месторождения натрий-урановой (альбититовой) формации // Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. – Т.1. Киев. Львов: Изд-во Центр Европы, 2005.
5. Старостенко В.И., Казанский В.И., Дрогицкая Г.М. и др. Связь поверхностных структур Кировоградского рудного района с локальными неоднородностями коры и рельефом раздела Мохо // Геофизический журнал, 2007, Т.29, №1, С.3-21. С.605-616.
6. Прохоров К.В., Казанский В.И., Звягинцев Л.И. Кировоградско-Новоукраинский гранитоидный массив и сопряженные с ним разломы.// Эндогенное оруденение древних щитов. Москва: Наука, 1975. С. 34-76.
7. Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: ФЕНИКС, 2005. 757 с.

8. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200000. Центральноукраїнська серія. Аркуш 14-36-XXXIII (Кировоград). Київ. 2007.

9. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М. и др. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Киев: Наукова думка, 2008. 239 с.

О новом генетическом типе платинометальной минерализации в мафит-ультрамафитовых массивах Мончегорского рудного района

Кнауф В.В.¹, Гусева Н.С.¹, Иванченко В.Н.².

¹ЗАО «НАТИ», г. Санкт-Петербург, e-mail: natires@natires.com

²ОАО «Печенгагеология», г. Мончегорск

В зоне сочленения Мончегорского плутона и Мончетундровского интрузива присутствуют мафит-ультрамафитовые образования (далее в тексте массивы: Вуручайвенч, Южносопчинский, Морошечного озера, Южного обрамления дунитового блока НКТ), разрезы которых трудно сопоставимы между собой и в разное время разными авторами с достаточной долей условности относились либо к Мончегорскому, либо Мончетундровскому массивам или даже рассматривались в качестве самостоятельных интрузивных тел. [1, 2, 3, 4 и многие другие]. Массивы имеют относительно небольшую мощность, но достаточно большую площадь (около 10 кв.км), вскрытую современным эрозионным срезом, что указывает на языкообразную форму массивов.

Во всех массивах зоны сочленения фиксируются повышенные концентрации элементов платиновой группы (ЭПГ). Бурение по регулярной сети (50x50м) с детальным опробованием керна привело к открытию в 2008г месторождения в западной части массива Вуручайвенч с запасами ЭПГ более 50тонн и к выявлению рудной минерализации с ресурсами в сотни тонн на Южносопчинском массиве.

Уже в первых работах по изучению платинометальной минерализации названных массивов отмечались широкие вариации минерального состава ЭПГ руд [3,5,6,7], что нехарактерно для классических рифовых горизонтов расслоенных мафит-ультрамафитовых комплексов, но наблюдения, обосновывающие выделение найденных руд в самостоятельный геолого-генетический тип появились только после детальных работ на массивах Вуручайвенч и Южносопчинский.

В разрезе Южносопчинского массива присутствует два типа пород: первый - "сухие" оливин-пироксеновые (и частично плагиоклазовые) кумуляты; второй – плагиоклаз-роговообманковые породы, причем, вверх по разрезу горизонт оливин-пироксеновых кумулятов, чередуясь, сменяется горизонтом плагиоклаз-роговообманковых пород мощностью до 100м. Такое двучленное строение разреза отличается от типичных разрезов расслоенных мафит-ультрамафитовых комплексов и не может быть объяснено последовательной кристаллизационной дифференциацией исходной "сухой" магмы.

Оливин-пироксеновые кумуляты частично или полностью изменены: наблюдается непрерывный ряд от практически неизмененных пироксенитов до тальк-хлоритовых сланцев. Обычны тальк-хлоритовые породы с реликтовыми теньевыми структурами и измененные породы сложенные водосодержащими минералами, имеющие такситовые неравнозернистые текстуры. В основании пироксенитов встречаются прожилки, жилы, маломощные линзообразные тела неправильной формы, сложенные породами диоритового состава, участки окварцевания пироксенитов, что объясняется инъецированием подплавленной архейской рамы в раскристаллизованные кумуляты основного-ультраосновного состава. Все это указывает, на возникновение в раскристаллизованных породах зон разуплотнения (зон пониженного давления), обеспечивших приток водного флюида внутрь массива. В ходе поступления водного флюида извне происходила переработка пироксенитовых кумулятов с ремобилизацией рудных компонентов, которые в качестве дополнительных порций рудных компонентов обогащали остаточный расплав.