

ГЛАВНЕЙШИЕ МЕДНО- ПОРФИРОВЫЕ СИСТЕМЫ МАЛОГО КАВКАЗА

© 2014г. Р.Л. Мелконян*, Р. Моритц**, Р.Н. Таян*,
Д. Селби***, Р.Х. Гукасян*, С.Э. Овакимян*

*Институт геологических наук НАН РА, Армения, Ереван 0019,
пр. Баграмяна 24а, E-mail: ramelk@sci.am

** Университет Женевы, Швейцария

*** Университет Дархама, Великобритания

Поступила в редакцию 4.02.2014

В статье обсуждаются результаты проведенных за последние годы разносторонних исследований медно-порфировых (МП) систем Малого Кавказа, в том числе в рамках программы SCOPES. Выделено два пояса медно-порфировых месторождений и проявлений – позднюрский-раннемеловой Сомхето-Карабахский (С-К) островодужный, протяженностью ~230 км тоналитовой модели, и раннемиоценовый Цахкунк-Зангезурский (Ц-З) постколлизийный, протяженностью ~280 км монзонит-гранодиоритовой модели. Формирование С-К и Ц-З поясов носило пульсационный характер и охватывало, согласно Re-Os датировкам молибденитов, временной интервал соответственно ~12 млн лет и ~24 млн лет. Rb-Sr изохронными датировками пород и TIMS U-Pb датировками цирконов Мегринского плутона установлено его трехэтапное становление – позднеэоценовый, раннеолигоценый, раннемиоценовый, каждый из которых сопровождался формированием близкоодновозрастных МП месторождений и проявлений. Месторождения С-К и Ц-З поясов четко различаются друг от друга по возрасту, геодинамическому режиму формирования, вещественному составу рудоносных и рудовмещающих интрузивных комплексов, специфике минерального состава, источнику воды и серы гидротермальных растворов, моделями формирования.

Выделен единый, дискретный Армяно-Иранский (Цахкунк-Зангезур-Саханд-Базманский) пояс МП месторождений верхний эоцен-среднемиоценового возраста протяженностью ~2000 км, связанный с монзонит-гранодиоритовыми интрузивными комплексами, активность которого проявлялась в течение ~ 32 млн лет. Этот пояс МП месторождений, в составе которого месторождения гиганты – Каджаран и Сар-Чешме, выделяется в качестве специализированной Армяно-Иранской МП провинции.

Медно-порфировые (МП) рудно-магматические системы (МП РМС) различных регионов уже более восьми десятилетий являются предметом разносторонних исследований, будучи одновременно связанными с решением прикладных вопросов. Достаточно отметить, что эти системы являются наиболее продуктивными для ряда металлов и в настоящее время поставляют три четверти мировой меди, половину молибдена, одну пятую золота, большую часть Re, Ag, Pd, Te, Se, Bi, Zn и Pb (Sillitoe, 2010). МП профиль оруденения является одним из наиболее характерных и продуктивных для Малого Кавказа. В ряду многочисленных молибден-медно-порфировых ММП месторождений следует отметить прежде всего гигантское Каджаранское месторождение (запасы руды ~ 2,2 млрд т, 0.24% Cu, 0.033% Mo, 0.026 г/т Au), а также менее крупные – Техутское, Агаракское,

Айгедзорское, Кашенское, Дастакертское, Парагачайское и др. месторождения и многочисленные рудопроявления. Разностороннее изучение МП РМС Малого Кавказа проводилось и проводится в течение более чем 80 лет несколькими поколениями геологов (Багратуни, Грушевой, Котляр, Русаков, Мовсесян, Магакьян, Мкртчян, Асланян, Карамян, Пиджян, Фармазян, Таян, Меликсетян, Мелконян, Акопян, Амирян, Баба-заде, Сулейманов, Рамазанов и др.). В результате этих исследований выявлены основные особенности их геологической позиции, геолого-структурные условия формирования и локализации месторождений, минеральное сложение и вещественный состав отдельных месторождений и разновозрастных магматических комплексов, выделены два геолого-генетических типа медно-порфировых месторождений – “монзонит-гранодиоритовой” и “тоналитовой” моделей.

В то же время ряд вопросов геологии МП РМС, особенности их пространственного размещения, современной датировки собственно медно-молибденового оруденения, характера связи оруденения с магматизмом, генетические особенности оруденения в ряде случаев до настоящего времени остаются дискуссионными.

Целью статьи является представление и обсуждение результатов исследований, проведенных в последние годы, в том числе в рамках международной программы SCOPE5, которые позволили получить новые сведения по ряду вышеотмеченных вопросов и обсудить некоторые общие проблемы медно-порфирового рудообразования.

Некоторые вопросы терминологии

1. Отнесение рассматриваемых в статье месторождений к медно-порфировому (МП) либо к молибден-медно-порфировому (ММП) типу проведено с учетом содержания в них молибдена. Следует в то же время учесть, что многие зарубежные исследователи, в том числе Р.Силлитоу в своей статье “Porphyry copper systems” (2010), под названием медно-порфировые рассматривают месторождения как медно-порфирового, так и молибден-медно-порфирового профиля, не дифференцируя их по этому признаку.
2. Наименование моделей МП месторождений Малого Кавказа даны с учетом преобладающих составов пород ассоциирующих с ними интрузивных комплексов и в целом соответствуют типовым “монзонитовой” модели (Lowell, Guilbers, 1970), и “диоритовой” модели (Hollister, 1975). Отметим, что ряд месторождений, отнесенных к диоритовой модели (Пангуна, Маркоппер, Колоула, Мамут, Пирамид, Драй-Крик, Силвер-Крик и др.) ассоциируются с породами не диоритового, а кварц диоритового и гранодиоритового составов.
3. В советской и российской геологической литературе между терминами “плаггиогранит” и “тоналит” существуют четкие минералогические и петрохимические различия. В то же время на классификационной диаграмме (Streckeisen, 1976), рекомендованной

Подкомиссией по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук для использования, эти породы занимают место в одном и том же классификационном поле “тоналиты”, что в целом ряде случаев, в том числе и в нашем, может явиться причиной недопониманий и даже ошибочных выводов. В этой связи мы придерживаемся отдельной терминологии (“плагиограниты” и “тоналиты”), учитывающей особенности их вещественного состава.

Пространственное размещение и возраст МП РМС

МП РМС Малого Кавказа приурочены к двум террейнам – Сомхето-Карабахскому (С-К) островодужному и Цахкунк-Зангезурскому (Ц-З) постколлизийному (рис. 1).

Сомхето-Карабахский террейн. Согласно ранним металлогеническим представлениям считалось, что ММП оруденение характерно лишь для Ц-З террейна, хотя наличие молибденовой минерализации в кварцевых прожилках в Кохб-Шнохском интрузиве, в районе с. Техут, было отмечено еще в 30-х годах прошлого столетия В.Г.Грушевым. Поисково-разведочные работы, начатые в 70-х годах Управлением геологии Армянской ССР и более поздние широкомасштабные работы, проведенные ЗАО “АСР” группы компаний “Vallex”, выявили промышленное значение Техутского месторождения (запасы руды ~455 млн т, 0.35% Cu, 0.022% Mo, 0.01 г/т Au) и позволили к настоящему времени подготовить его к эксплуатации.

В начальный период изучения месторождения оно параллелизовалось с Агаракским месторождением (Асланян и др., 1980), однако уже вскоре было подчеркнуто, что Техутское месторождение относится к новому для Малого Кавказа типу ММП месторождений “тоналитовой” модели, четко отличающемуся от широко известных ММП месторождений – Каджаран, Агарак и др., отнесенных к месторождениям “монзонит-гранодиоритовой” модели (Магмат. и метам. форм..., 1981, с.с. 107, 298; Акопян и др., 1982 и др.). Одновременно была отмечена возможность обнаружения новых месторождений “тоналитовой” модели в С-К террейне и Капанском блоке, учитывая широкое развитие в их пределах интрузивов тоналитовой формации (Акопян и др., 1982). Подтверждением этого прогноза явилось обнаружение ряда МП месторождений и рудопроявлений в Кедабекском (Хархар, Карадаг, Джагирчай и др.) и Мехманинском (Кашен (Дамирлу), Кусапат, Хачинчай и др.) рудных районах (Абдуллаев, Мустафаев, 1984; Баба-заде и др., 1990), относящихся к МП месторождениям “тоналитовой” модели.

Таким образом, в настоящее время в пределах С-К террейна и Капанского блока, с СЗ на ЮВ, нами выделяется С-К пояс МП месторождений и рудопроявлений островодужной “тоналитовой” модели, протяженностью около 230 км, приуроченный к верхнеюрским-нижнемеловым, нередко полифазным интрузивам тоналитовой формации, (Кохб-Шнохский, Цахкунк-Зангезурский, Барум-Барсумский, Учтапа-Кызылкаинский, Мех-

манинский), либо к штокообразным, дайкообразным телам порфиров кварц диоритового, тоналитового, редко - диоритового, гранодиоритового составов.

Типовым МП месторождением островодужной тоналитовой модели в пределах С-К террейна является Техутское месторождение, являющееся составной частью Кохб-Шнохской рудно-магматической системы в составе одноименного полифазного интрузивного комплекса и ассоциирующихся с ним железорудных проявлений (Асланян и др., 1990). Интрузив сечет средне- и верхнеюрские (оксфорд) толеитовые вулканогенные (андезиты, базальтовые андезиты, редко базальты, дациты) и вулканогенно-осадочные образования и перекрывается верхнеконьякскими отложениями. Техутское месторождение приурочено к западной эндо- и экзоконтактовой полосе Кохб-Шнохского интрузивного комплекса (~90 кв.км), к тоналитам и кварцевым диоритам I фазы и к секущим их более поздним, небольшим штокообразным телам и дайкам дорудных порфировидных тоналитов, кварцевых диоритов, плагиогранитов, трондjemитов, протягивающихся от с. Шнох до Техутского рудного поля. Важным структурным элементом рудного поля и месторождения является Дуканадзорская зона СВ простирания, выраженная близпараллельными нарушениями того же простирания. Это направление наследуется и порфировыми штоками, приуроченными к участкам пересечения или сочленения СВ сбросо-сдвиговых нарушений с широтными и субширотными разрывами более низкого порядка. Существенную роль в контроле и размещении оруденения играют меридионально и субмеридионально ориентированные разрывы, часто представленные зонами дробления и трещиноватости. Оруденение представлено прожилково-вкрапленным, штокверковым, реже - жильным типом. Характерной особенностью минерального сложения Техутского месторождения является широкое развитие сульфатов – ангидрита и гипса (Амирян и др., 1987¹), при этом сульфаты приурочены к внешней эндо- и экзоконтактовой зонам интрузива, а сульфиды – к внутренней (Асланян и др., 1990).

Вопрос возраста Техутского месторождения непосредственно связан с возрастной датировкой Кохб-Шнохского интрузивного комплекса, поскольку формирование месторождения обычно связывается с последним. Ранее проведенный детальный анализ различных представлений и аргументов в пользу того или иного его возраста, результаты Rb-Sr изохронной датировки пород различных фаз интрузива - 164±6 Ма – I фаза (тоналиты, кв. диориты) и 156±3 Ма - II фаза (лейкограниты) свидетельствуют о его верхнеюрском возрасте (Мелконян, Гукасян, 2004) и не подтверждают мнения о верхнемеловом – до верхнеконьякском, сеноман-нижнесенонском, поздний мел-палеоценовом и верхнеэоценовом возрасте интрузивного комплекса. Датировка изотопного (K-Ar) возраста Техутского месторождения, проведенная на двух пробах мусковита из кварцевой жилы с молибденовой минерализацией, показала среднее значение 147±2 Ма (Пароникян, Гукасян, 1974). Исключительно хорошую сходи-

мость с этими значениями показали результаты Re-Os датировки молибденитов – 145.85 ± 0.59 Ma, также свидетельствующие о верхнеюрском возрасте Техутского месторождения (Melkonyan et al., 2013; Moritz et al., 2013¹).

К ЮВ от Техутского месторождения, в пределах Бердского (Шамшадинского) антиклинория размещены МП месторождения Кедабегского рудного района – Хархар, Карадаг, Джагирчай и др. Они приурочены к восточному обрамлению Атабек-Славянского плагиогранитового интрузива (J_2), где выступают штокообразные и дайкообразные тела порфиров СВ простирания кварц диоритового, тоналитового, диоритового составов, секущие плагиограниты Атабек-Славянского интрузива (Баба-заде и др., 1990), и относящиеся к проявлениям верхнеюрско-нижнемелового интрузивного магматизма С-К террейна.

Важная роль в качестве рудоконтролирующей структуры, в пределах Хархар-Карадагского рудного поля, отводится Маариф-Карадагскому разлому близмеридионального простирания, в узлах пересечения которого с разломами СЗ и субширотного направлений сосредоточены МП месторождения и проявления, при этом оруденение морфологически представлено прожилково-вкрапленным, штокверковым типом (Баба-заде и др., 1990). Re-Os датировка молибденитов Хархарского месторождения – 133.27 ± 0.53 Ma указывает на его нижнемеловой возраст (Moritz et al., 2013¹).

Крайний ЮВ участок распространения МП месторождений С-К террейна представлен Кашенским (Дамирлу), Хачинчайским, Чанкатагским, Воскесарским (Гюльятаг) месторождениями и рудопроявлениями, размещенными в пределах Мехманинского рудного района. Они приурочены, как правило, к эндо- и экзоконтактовым зонам Мехманинского тоналитового интрузивного комплекса (~65 кв.км), состоящего из ряда близко размещенных выходов интрузивов. Сведения о геологии, петрографии, минералого-геохимических особенностях интрузива приведены в публикациях многих исследователей (Соловкин, 1939; А.Керимов, 1965; Г.Керимов, 1955; Шихалибейли, 1966; Мустафаев, 1977; Баба-заде, 1990; Мелконян и др., 2011 и др.). Возраст интрузива датировался от верхней юры (Шихалибейли, 1966) до верхнего мела (Соловкин, 1938). Интрузив прорывает батскую вулканогенную толщу и трансгрессивно, с базальными конгломератами в основании, перекрывается верхнесенонскими карбонатными отложениями (Геол. СССР, т. 47, Азерб.ССР, 1972). Однако, как было ранее отмечено (Шихалибейли, 1966), Мехманинский интрузив прорывает не только батские, но и пирокластические образования киммериджа, что учитывая тесную связь эффузивного и интрузивного магматизма и отсутствие раннемеловых вулканитов, позволило говорить о его верхнеюрском, а не нижнемеловом (неоком) возрасте, как это следовало из результатов К-Аг датировки (~135 Ma).

В последнее время было высказано мнение о “послесреднеюрском (докелловейском)” (Алоян, 2012, с. 23) и “среднеюрском возрасте интрузива” (Алоян, 2012, с. 150), по аналогии с плагиогранитовыми интрузивами

зивами С-К террейна. Прежде всего отметим, что говорить о послесреднеюрском и в то же время докелловейском возрасте Мехманинского (Цахкашен-Кавартского по Алояну) интрузива вряд ли правомерно, учитывая, что келловей является верхним ярусом средней юры. Что касается среднеюрского (докелловейского) возраста плагиогранитовых интрузивов, то он не вызывает сомнений, поскольку гальки плагиогранитов встречаются в конгломератах келловея, чего однако нельзя сказать о среднеюрском возрасте Мехманинского интрузива. Имеющиеся к настоящему времени данные по геологии, петрографии, геохимии мезозойских интрузивов С-К террейна свидетельствуют о резких различиях между плагиогранитовыми (Ахпатский, Тавушский, Хндзорутский, Атабек-Славянский, Гиланбирский) и тоналитовыми (габбро-тоналитовыми) интрузивами (Кохб-Шнохский, Кабахтапинский, Кедабегский, Учтапа-Кызылкаинский, Мехманинский и др.). Учитывая это обстоятельство, вышеотмеченные плагиогранитовые интрузивы с одной стороны и тоналитовые (габбро-тоналитовые) - с другой однозначно относятся к различным возрастным комплексам – соответственно среднеюрскому (докелловейскому) и – верхняя юра-нижнемеловому (Абдуллаев, 1963; Асланян, 1958; Казарян, 1966, 1971; Г. Керимов, 1955; Мелконян, 1965, 1976, 1989; Мустафаев, 1977 и др.). Результаты U-Pb датировок Мехманинского интрузива (тоналиты, кварцевые диориты, гранодиориты) - 154÷147 Ма (Галоян и др., 2013), как и Rb-Sr изохронные датировки Кохб-Шнохского интрузивного комплекса - 164÷156 Ма (Мелконян, Гукасян, 2004) также свидетельствуют об их верхнеюрском, а не среднеюрском (докелловейском) возрасте.

В пределах Мехманинского рудного района относительно крупным, ныне разрабатываемым, месторождением является Кашенское месторождение, где широким развитием пользуются дайковые образования, представленные различными дорудными порфирами диоритового, кварц диоритового, гранодиоритового и др. составов, секущими разнотипные породы Мехманинского интрузива (тоналиты, кварцевые диориты, реже гранодиориты и диориты) и вулканы среднеюрского возраста. Главной разрывной структурой считается Воскесарский (Гюльятагский) глубинный разлом и оперяющие его нарушения СЗ и субмеридионального простирания, узлы пересечения которых играют рудоконтролирующую роль; морфологически оруденение представлено штокверком. В эндо- и экзоконтактной зоне интрузива, как и вдоль разрывных нарушений, интрузивные и эффузивные породы подвергнуты интенсивной гидротермальной переработке, сопровождавшейся образованием различных метасоматитов вплоть до вторичных кварцитов (Соловкин, 1938; Баба-заде и др., 1990; Алоян, 2012). Вторичные кварциты (покров вторичных кварцитов по Алояну) рассматриваются в качестве нового, перспективного золотосодержащего формационного типа (“золотомедное штокверковое оруденение”), венчающего разрез меднопорфировых месторождений, при этом месторождения и рудопроявления, связанные с Мехманинским интрузивным комплексом относятся не к МП, а к золото-медно-порфировому типу

(Алоян, 2012). Однако, учитывая существующие расхождения между оптическими и опытно-металлургическими данными о содержании золота с одной стороны и аналитическими результатами определений содержаний золота – с другой, крайне важным представляется однозначное решение этого вопроса, имеющего определяющее значение для обоснования формационного типа оруденения и его перспектив.

МП оруденение известно и в пределах островодужного Капанского блока. Не рассматривая вопрос его тектонической позиции (является ли он самостоятельной тектонической единицей или частью С-К террейна, перемещенного в западном направлении в результате сдвиговых деформаций) отметим, что здесь, в позднеюрских вулканитах, пересекаемых субвулканическими телами и дайками порфиров диоритового, кварц диоритового и тоналитового составов, размещено Шикаохское месторождение. В пределах Шикаохского рудного поля обнажаются также кварцевые диориты и тоналиты “I фазы” Цавского интрузива (J_3-K_1), в экзо- и эндоконтактах которых встречается Cu-Mo минерализация (Мовсесян, 1979). Оруденение размещено на СВ крыле Шикаохской антиклинали, где гидротермально измененные вулканиты и порфиры слагают широкую зону СЗ простирания площадью ~7 кв. км; морфологически оно представлено штокверком и отдельными кварц-сульфидными прожилками (Мовсесян, 1979).

Цахкунк-Зангезурский террейн. По всей протяженности террейна, от Анкавана на СЗ до Агарака и Сунгуна на ЮВ, на протяжении ~280 км, выделяется прерывистый Цахкунк-Зангезурский пояс ММП месторождений и проявлений (Анкаванское, Вардениское, Прошибердское, Царасарское (Далидагское), Дастакертское, Анкасарское, Каджаранское, Парагачайское, Калерское, Айгедзорское, Агаракское, Сунгунское и др.), наибольшая концентрация которых отмечается в Зангезурском рудном районе и особенно в пределах Мегринского плутона. Следует подчеркнуть, что выделенный ММП пояс находится в пределах Центрального Армянского гравитационного минимума – аномалии первого порядка, также имеющего СЗ-ЮВ ориентировку (Никольский и др., 1975). Мегринский плутон, вместе с Гехинской и Баргушатской группами интрузий, размещен в зоне протяженного гравитационного минимума, уходящего к югу в иранский Карадаг и интерпретируемому, отмеченными авторами в качестве единого гранитоидного плутона, протяженного на глубину по приближенным расчетам, на 10-12 км.

В контексте структурно-металлогенического районирования территории Армении, впервые И.Г.Магакьяном, наряду с Алаверди-Кафанским меднорудным и Севано-Амасийским хромитовым, был выделен Памбак-Зангезурский медно-молибденовый рудный пояс (структурно-металлогеническая зона) с подчиненным полиметаллическим, железорудным, золоторудным и сурьмяно-ртутным оруденением (Магакьян, 1954, 1960, 1966; Магакьян, Мкртчян, 1975). Подчеркивание резко главенствующей роли в каждом из выделенных поясов месторождений определенных металлов и, в ряде случаев, отрицание возможности их наличия в других поясах яви-

лись одним из аргументов для оспаривания реальности выделенных поясов (Мовсисян, 1969, 1979). В частности, присутствие медно-молибденового оруденения в Алаверди-Кафанском меднорудном поясе (Техут, Шикаох и др.) было одним из таких аргументов. В этой связи решающая роль в размещении разнотипного эндогенного оруденения отводилась структурно-металлогеническим блокам и долгоживущим зонам глубинных разломов субширотного - северо-западного (общекавказского) и субмеридионального - северо-восточного (антикавказского) направлений (Мовсисян, 1969, 1979; Меликсетян и др., 1976 и др.). При этом для Зангезурского рудного района подчеркивалось решающее значение близмеридионально ориентированного Таштунского глубинного разлома (зона разломов) и поперечных к нему субширотных нарушений. С другой стороны, основываясь на геологических, структурных и геофизических данных, главная роль в пространственном размещении медно-молибденового и золото-полиметаллического оруденения в Зангезурском рудном районе отводится меридиональной Центральной рудоконтролирующей зоне (ширина 10-12 км, протяженность более 60 км) на участках его пересечения с широтными зонами повышенной трещиноватости, а Таштунский разлом рассматривается как один из швов южного фрагмента этой зоны (Таян, 1998).

В отличие от этих представлений некоторыми исследователями подчеркивалось зонально-блоковое строение современной структуры Малого Кавказа, при котором на общем фоне зонального строения региона были выделены отдельные блоки с определенной спецификой геологического строения, магматизма и металлогении (Саркисян, Волчанская, 1973).

Типовым ММП месторождением Цахкунк-Зангезурского ММП пояса является гигантское Каджаранское месторождение, размещенное в северной части крупнейшего на Малом Кавказе Мегринского плутона (~1500 кв. км).

Возраст Мегринского плутона, секущих даек порфиров ранее представлялся в виде близкоодновозрастных последовательных фаз внедрения, после которых и формировалось ММП оруденение (Каджаран, Агарак, Айгедзор, Дастакерт и др.) и датировался, в основном, либо верхним эоценом (Мкртчян, Адамян, Габриелян), либо нижним миоценом (Грушевой, Магакьян, Магакьян и Мкртчян, Мовсисян, Карамян и др.). Позднее, на основании результатов К-Аг датировок пород и минералов Мегринского плутона в его составе были выделены два разновозрастных полифазных интрузивных комплекса – верхнеэоцен-олигоценый габбро-монцитграносиенитовый - 37÷41 Ма и нижнемиоценовый гранит-гранодиоритовый - 21÷23 Ма и соответственно два главных этапа рудообразования и две возрастные группы медно-молибденовых месторождений Зангезурского рудного района (Гукасян, Меликсетян, 1965). В качестве типовых месторождений первой группы были отмечены, в частности, Агаракское и Дастакертское, а второй – Каджаранское и Личкское месторождения. В дальнейшем указанные границы возрастных датировок были изменены и формирование ММП оруденения датировалось в интервале 36÷32 Ма и

23±18 Ma (Меликсетян, 1989). Проведенные К-Аг датировки серицитов из гидротермально измененных околорудных пород ряда месторождений (Каджаран - 22±2 Ma, Личк – 21 Ma, Дастакерт – 21.5 Ma, Агарак - 42±2.5 Ma и др.) подтвердили вышеуказанное мнение о разновозрастности оруденения (Багдасарян и др., 1968). Спектрографические Re-Os датировки молибденитов Каджаранского – 24.3±1.2 Ma, Дастакертского – 22.5±1.3 Ma, Агаракского – 43.9±2.5 Ma месторождений (Фарамазян и др., 1974), в основном близко соответствующие результатам К-Аг датировок, также свидетельствовали о разновозрастности медно-молибденового оруденения Зангезурского рудного района. Выполненные за последние годы Rb-Sr изохронные датировки Мегринского плутона (Гукасян и др., 2006; Мелконян и др., 2008) и в первую очередь рудовмещающих монцонитов Каджаранского месторождения, позволили установить, в отличие от ранее существующих представлений, три дискретных этапа становления плутона – позднеэоценовый (~42÷36 Ma), раннеолигоценовый (~31÷28 Ma) и раннемиоценовый (~23 Ma), каждый из которых сопровождался формированием соответствующих ММП месторождений и проявлений (Мелконян и др., 2010). Следует отметить впервые полученные, в рамках программы SCOPES, TIMS U-Pb датировки цирконов из разновозрастных интрузивных комплексов Мегринского плутона и Re-Os датировки молибденитов из главнейших месторождений и проявлений Ц-3 ММП пояса (табл. 1), выявившее в целом соответствие значений последних с U-Pb и Rb-Sr датировками вмещающих их интрузивных комплексов и подтвердившие трехэтапное формирование Мегринского плутона, при этом промышленное ММП оруденение связано с позднеэоценовым и раннемиоценовым этапом его становления. Раннеолигоценовый этап формирования плутона сопровождался формированием Калерского проявления и Анкаванского месторождения в СЗ части Ц-3 ММП пояса (Re-Os возраст 29.34±0.12 Ma).

Главный структурный каркас Каджаранского месторождения представлен крутопадающей (65-85°) ортогональной системой меридиональных, широтных и северо-восточных разломов преимущественно со сбросо-сдвиговой кинематикой, при этом рудолокализирующими считаются оперяющие и подновленные системы мелкой трещиноватости преимущественно широтного, северо-восточного (30-55°), реже субмеридионального (до 15°) простираний (Таян и др., 1999). Рудовмещающими породами являются нижнеолигоценовые (30.0±0.4 Ma) монцониты, рудоносными – Вохчинский нижнемиоценовый (22.9±2.1 Ma) гранит-гранодиоритовый порфировый, полифазный интрузивный комплекс, граница между которыми проходит вдоль Таштунского рудоконтролирующего разлома. В пределах рудного поля развиты дайки разного состава (лампрофиры, диориты, кварцевые диориты) и особенно широко – мощные (до 30-40м и более), дорудные гранодиорит-порфировые дайки. Месторождение представлено крупным штокверком, протягивающимся в СЗ (320-340°) направлении на 3.5 км при мощности около 2 км. На фоне преобладающего прожилкового оруденения выделяются отдельные кварц-сульфидные жилы,

более часто встречающиеся на верхних, ныне отработанных, горизонтах месторождения.

Таблица 1

Изотопный возраст интрузивных комплексов и ММП месторождений
Цахкунк-Зангезурского террейна

Интрузивный комплекс	Возраст (Ma)		Месторождение	Re-Os возраст молибденитов (Ma)
	Rb-Sr	U-Pb		
Мегринский плутон Габбро-монзонит-сиеногранит-сиенитовый	41.8±4.3; 41.7±1.1; 36.3±0.6	44.01±0.11	Агарак Айгедзор	44.2±0.2 42.62±0.17
Монзонит-сиенодиоритовый	31.0±0.9÷ 28.2±1.0	31.83±0.02	Калер	31.00±0.12
Гранит-гранодиоритовый	22.9±2.1	22.22±0.02 22.34±0.02	Каджаран Парагачай Айригет	27.2±0.1; 26.80±0.11; 26.70±0.11; 26.43±0.11 26.78±0.11 22.87±0.09
Гехинский Гранодиорит-сиеногранитовый	-	-	Кефашен Анкасар	44.70±0.18 43.14±0.17 43.07±0.18
Дастакертский Гранодиорит-сиеногранитовый	-	-	Дастакерт	40.22±0.16; 39.97±0.16 39.99±0.16; 39.99±0.16
Анкаванский Гранодиорит-, сиеногранитовый; (порфировый дайковый комплекс)	33.2±2.1		Анкаван	29.34±0.12

В ЮЮЗ оконечности Ц-3 террейна, в СЗ части Мегринского плутона, в Ордубадском рудном районе, известны ряд ММП месторождений и проявлений (Парагачай, Мисдаг и др.), приуроченных главным образом к диоритам и кварцевым сиенито-диоритам эндоконтактной части плутона. Широким развитием пользуются дайки и штокообразные тела различных порфиров, в том числе гранодиорит- и граносиенит-порфиров, рассматриваемых как продукты заключительной фазы Мегринского плутона. Главная роль в размещении оруденения отводится рудоконтролирующему поперечному Парагачайскому разлому и узлам его пересечения с субмеридиональными и СЗ нарушениями, при этом рудные тела на Парагачайском месторождении, в отличие от Каджаранского, морфологически представлены главным образом кварц-молибденитовыми жилами и реже - штокверком (Баба-заде и др., 1990).

Крайним восточным ММП объектом Ц-3 террейна является Царасарское (Далидагское) месторождение, размещенное в СЗ эндоконтактовой части крупного (~ 90 кв.км) Царасарского (Далидагского) полифазного гранитоидного интрузива. Последний размещен в пределах локальной отрицательной гравитационной аномалии, являющейся фрагментом Центрального Армянского гравитационного минимума первого порядка. Эта аномалия, почти на порядок превышающая площадь обнаженной части Царасарского плутона, интерпретируется в качестве площади полностью не обнаженного огромного батолита (Никольский и др., 1975). Возраст интрузива – верхнеэоцен-олигоценый (Баба-заде и др., 1990), по результатам К-Аг датировки – нижнемиоценовый -22.3 Ма (Багдасарян, Гукасян, 1985). В пределах рудного района обнажаются сиенограниты, гранодиориты, кварцевые сиениты, сиенито-диориты, дорудные дайки кварц-диоритовых-, диоритовых-порфиринов, риолитовых-порфиринов. Главной рудоконтролирующей структурой считается Тартарский разлом меридионального простирания, а рудолокализирующими – структуры СВ простирания, к которым обычно приурочены кварц-молибденитовые жилы и дорудные порфиры (Баба-заде и др., 1990; Шихалибейли, 1966).

ММП оруденение СЗ краевой зоны Ц-3 пояса представлено Анкаванским месторождением, которое размещено, в основном, в кварцевых диоритах и тоналитах одноименного интрузива, а также в секущих их штокообразных телах и дайках гранодиорит-, сиеногранит-порфиринов.

На основании К-Аг возрастных определений кварцевые диориты (“омоложенные”) были датированы как нижнемеловые – 115 Ма (сред. из 3), а дайки дорудных гранодиорит- и сиеногранит-порфиринов – как олигоценые – 32.6 Ма (сред. из 7), чему согласно К-Аг датировкам околорудных серицитов – 32.4 Ма (сред. из 4) соответствовал и возраст Анкаванского ММП месторождения (Багдасарян, Гукасян, 1985). Имеющиеся Rb-Sr датировки Анкаван-Артавазского (Такарлинского) - 135±3 Ма и Агверанского - 128±11 Ма интрузивов (Меликсетян и др., 1993) основывались на изохронах, построенных по результатам изотопных измерений кварцевых диоритов и тоналитов, слагающих основную площадь массивов, а также секущих их порфириновидных гранитов, гранит-порфиринов, “дополнительных интрузий” диоритов и лейкократовых диоритов. Следует отметить, что указанный ряд пород не удовлетворяет известным требованиям, предъявляемым для построения изохроны (Фор, 1989), и в этой связи нами была построена изохрона по результатам изотопных измерений пород только главной фазы Анкаван-Артавазского интрузивного комплекса - кварцевые диориты, тоналиты, гранодиориты, пегматиты (табл. 2), согласно которой его возраст - 143±6.1 Ма (рис. 2). Возраст же Анкаванского дорудного порфиринового даечного комплекса (сиеногранит-, гранодиорит-порфиры) согласно Rb-Sr изохронным датировкам – 33.2±2.1 Ма, а собственно Анкаванского месторождения – 29.34 Ма (Re-Os датировка молибденитов).

Таблица 2

Rb-Sr изотопно-аналитические данные гранитоидов
Анкаван-Артавазского интрузива*

N образца	Rb мкг/г	Sr мкг/г	Rb/Sr	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ атомные отношения
8038	52.22	210.40	0.248	0.70492±0.00015
875	50.53	615.69	0.082	0.70416±0.00017
879	123.98	109.44	1.133	0.70976±0.0008
884	95.87	219.28	0.437	0.71071±0.00015 0.70602±0.00016
Стандарт	SRM-987 (NBS, USA)			0.71024±0.00014

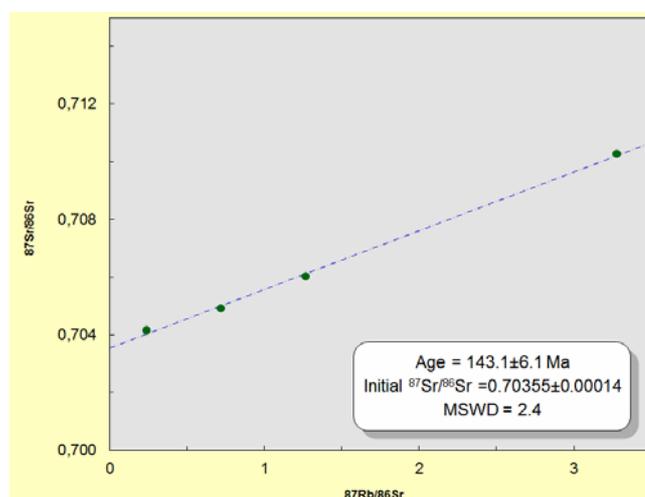


Рис. 2. Rb-Sr изохрона гранитоидов Анкаван-Артавазского интрузива. 1 – обр. 875, кварцевый диорит, 2 – обр. 8038, тоналит, 3 – обр. 884, гранодиорит, 4 – обр. 879, пегматит.

Основной рудоконтролирующей структурой на месторождении считается Анкаванский разлом близширотного простирания, а оперяющие его разрывные нарушения СВ простирания рассматриваются в качестве рудо-локализирующих; оруденение прожилково-вкрапленного, штокверкового типа (Яковлев, 1960; Мовсесян, 1979 и др.).

В пределах Ц-3 террейна помимо постколлизийного – послепалеоценового (Sosson et al., 2010) магматизма и ассоциирующего с ним третичного ММП оруденения, в Цахкуняцком и Зангезурском блок-антиклинориях известны также проявления мезозойского магматизма и ММП оруденения. На основании анализа геологических, петрографо-минералогических, геохронологических данных выявлена островодужная природа разнофациальных магматитов, в том числе широко распространенных в

* По (Меликсетян и др., 1993).

Цахкуняцком блок-антиклинории тоналитовых интрузивов (Мелконян и др, 2000). Изотопная Rb-Sr изохронная датировка этих интрузивов – Гехаротский 147 ± 6.1 Ма, Анкаван-Артавазский - 143 ± 6.1 Ма, Миракский - 136 ± 4.8 Ма указывает на их верхнеюрский-нижнемеловой возраст – аналогичный возрасту тоналитовых интрузивов С-К террейна. ММП оруденение в пределах Тухманукского месторождения, согласно Re-Os датировке молибденитов – 146.14 ± 0.59 Ма (Moritz et al., 2013¹) также свидетельствует о его верхнеюрско-нижнемеловом возрасте и соответствует Re-Os возрасту молибденитов Техутского ММП месторождения – 145.85 ± 0.59 Ма (Melkonyan et al., 2013; Moritz et al., 2013¹) в пределах С-К островодужного террейна.

Генетические особенности формирования МП оруденения

Вопросы генезиса МП оруденения Малого Кавказа затрагивались с первых лет их изучения. Обсуждение этих вопросов, вплоть до открытия Техутского месторождения (70-80-ые годы прошлого столетия), как правило, ограничивалось Каджаранским месторождением и обычно основывалось на выяснении геолого-структурных условий его формирования, магматического контроля оруденения, пространственного и временного взаимоотношения парагенетических ассоциаций минералов, температурных условий их формирования. В этом аспекте Каджаранское месторождение было отнесено к группе плутоногенных, гидротермальных, среднеглубинных месторождений, генетически связанных с глубинным магматическим очагом наиболее молодого раннемиоценового гранит-гранодиоритового порфирирового комплекса Мегринского плутона (Мовсесян, 1953; Магакьян, 1954; Мкртчян, 1958; Пиджян, 1975; Карамян, 1978 и др.). Некоторыми исследователями оруденение пространственно и генетически связывалось непосредственно с миоценовыми порфирировидными гранитами и гранодиоритами Мегринского плутона (Пиджян, 1975). На основании данных (Каджаран, Личквас, Сотк) по эволюции изотопного состава Pb во времени и узкого диапазона вариаций $\delta^{34}\text{S}$ и $\delta^{13}\text{C}$, близких к метеоритному уровню, было высказано мнение о едином первичномантийном источнике рудного вещества для ММП и золото-сульфидных месторождений (Меликсетян, 1989).

Рассматривая процесс рудоотложения на Каджаранском месторождении, исходя из взаимоотношений парагенетических ассоциаций минералов соответствующих стадий минерализации, подчеркивалась его прерывистость, многостадийность и последовательное изменение состава гидротермальных растворов, обусловленное порядком выноса главных рудообразующих элементов из магматического очага – Mo, Cu, Zn, Pb (Пиджян, 1975; Фарамазян, 1974; Карамян, 1978 и др.).

Экспериментальное исследование флюидных включений Каджаранского месторождения, выполненные для продуктивных стадий- кварц-молибденитовой, кварц-молибденит-халькопиритовой, кварц-халькопиритовой, выявило скачкообразное изменение температуры растворов (соответ-

ственно $360^{\circ}\div 425^{\circ}\text{C}$; $255^{\circ}\div 295^{\circ}\text{C}$; $345^{\circ}\div 385^{\circ}\text{C}$), постепенное понижение концентрации солей минералообразующих растворов по мере понижения температуры и давления (соответственно $1.2\div 1.5$ кбар; $1.0\div 1.4$ кбар; $0.9\div 1.2$ кбар) (Novakimyan et al., 2013).

Вопросы генезиса Техутского и других месторождений С-К террейна, учитывая наложенный характер оруденения соответственно на Кохб-Шнохский, Мехманинский и другие интрузивы и секущие их порфиры обычно ограничивалось констатацией парагенетической либо генетической связи оруденения с отмеченными магматическими образованиями (Асланян и др., 1980; Амирян и др., 1987²; Баба-заде и др., 1990 и др.).

В последние десятилетия при обсуждении генетических вопросов широко используются результаты изотопных исследований ряда элементов в том числе кислорода, водорода, серы (Омото, Рай, 1982; Тейлор, 1982 и др.). Так, при обсуждении вопросов источника воды гидротермальных растворов и серы Техутского месторождения некоторые исследователи (Ярошевич и др., 1986; Купреишвили и др., 1986), основываясь на результатах изотопного анализа водорода из газово-жидких включений в минералах – кварц, пирит, халькопирит ($\delta\text{D}=-65\div -117\%$), характеризующих рудную стадию гидротермального процесса, пришли к выводу о смешении магматогенных растворов с метеорной водой. Одновременно, учитывая результаты изотопного анализа серы сульфидов – халькопирит, молибденит – $0.1\div 5.3\%$ (в среднем $+2.8\%$) и близости этих значений к метеоритному значению ($\delta^{34}\text{S}=0\%$), указанные авторы высказали мнение о глубинном, магматическом источнике серы. Однако, следует учесть, что процесс гидротермального рудообразования происходит с участием воды и сопровождается окислительно-восстановительными реакциями, поэтому нельзя считать правомерным проведение определений изотопного состава водорода на минералах, характеризующих рудную стадию процесса, поскольку участие воды в этих процессах может привести к не поддающейся оценке кинетическому фракционированию изотопов водорода и соответственно к ошибочным выводам. Вышеуказанные авторы отмечали также, что флюидные включения содержат молекулярный водород, между тем, как известно, фракционирование между водой и водородом может достигать нескольких сотен промиллей, что также приведет к искажению истинного изотопного состава водорода. В этой связи определение изотопного состава водорода, проведенное на нерудном минерале – ангидрите, показало значения $\delta\text{D}=-20\div -44\%$, свидетельствующие, наряду с другими данными, о смешении магматогенных растворов не с метеорной, а с морской водой (Акопян, Мелконян, 1997, 1998 и др.).

Что касается изотопного состава серы, то ранее узкий диапазон вариаций $\delta^{34}\text{S}$ минералов и близость их к нулевому значению действительно рассматривались как свидетельство глубинного, магматического происхождения серы. Однако еще в 70-х годах прошлого столетия была показана необоснованность такого решения вопроса (Рай, Омото, 1977; Омото, Рай, 1982), т.к. измеренные значения $\delta^{34}\text{S}$ минералов могут значительно

отличаться от такового источника, поскольку они зависят от многих факторов, главными из которых являются температура, изотопный состав источника, соотношение окисленных и восстановленных форм серы. Иначе говоря, интерпретация данных изотопного состава серы, как в рассматриваемом, так и в других случаях возможна только в том случае, если разработан механизм формирования изотопных составов минералов, т.е. имеются ответы на указанные вопросы.

На Техутском месторождении широким развитием пользуются сульфаты, изотопный состав которых, в среднем, равен +16.6‰ (Ярошевич и др., 1986). Если принять, что источником серы являлся глубинный магматический источник ($\delta^{34}\text{S}=0\text{‰}$) и при этом отлагались сульфаты с $\delta^{34}\text{S}=+16.6\text{‰}$, то сульфиды должны были иметь отрицательное значение. В действительности же сульфиды также имеют положительное значение - $\delta^{34}\text{S}=-0.1\div 5.3\text{‰}$ (в среднем +2.8‰), что исключает вариант магматического источника серы. В то же время изотопный состав серы ангидритов Техутского месторождения - 16.6‰ соответствует сульфатной сере юрско-мелового моря (Holse, Kaplan, 1966), а верхнеюрский (оксфорд-киммеридж) вулканогенно-карбонатный парагенез СЗ части С-К террейна был сформирован в условиях морского мелководного режима (Мандалян, 1990).

Важные сведения о генетических особенностях Каджаранского и Техутского месторождений, механизме формирования и функционирования соответствующих РМС были получены при их комплексных, в первую очередь изотопно-кислородных исследованиях (Акопян и др., 1982, Акопян, Мелконян, 1997, 1998; Асланян и др., 1990; Мелконян, Акопян, 2002, 2006). При этом результаты этих исследований были использованы одновременно для расшифровки механизма формирования и функционирования этих систем, что обеспечивалось сопоставлением результатов, полученных для различных стадий единого процесса. В частности, было установлено: определяющее значение для формирования рудоносности полифазных габбро-гранитоидных комплексов петрогенетического механизма их формирования - ассимиляция исходным мантийным расплавом кислого корового материала, предопределившее накопление основного количества Cu, Mo, Fe в остаточном расплаве и их проявление в постмагматических гидротермальных процессах; обусловленность смены минеральных ассоциаций не изменением состава исходных гидротермальных растворов, а воздействием на них различных геохимических барьеров. Впервые были получены данные, указывающие на участие морской воды и ее серы в формировании ММП месторождений, выявлено принципиальное различие условий формирования ММП месторождений "тоналитовой" модели от ММП "монзонит-гранодиоритовой" модели (табл. 3) и в первую очередь в части природы рудообразующих растворов: для Техутского месторождения - смесь магматогенных растворов и морской воды ($\delta^{18}\text{O}$ воды гидротермальных растворов $5.0\div 0\text{‰}$), для Каджаранского месторождения - смесь магматогенных растворов и метеорной воды ($\delta^{18}\text{O}$ воды

гидротермальных растворов – $8.1 \div <-3.7\%$), доля которой резко возростала при отложении поздних - кварц-сфалерит-галенитовой и кварц-пиритовой ассоциаций.

Обсуждение

Как выше было отмечено на территории Малого Кавказа четко выделяются два линейных пояса МП месторождений – Ц-3 и С-К, приуроченных к одноименным террейнам и различающихся геодинамическим режимом становления, составом рудоносных интрузивных комплексов, возрастом ($P_2^3-N_1^1$ и J_3-K_1) и моделями формирования.

Весьма важен и интересен вопрос о продолжении выделенных поясов в приграничных регионах. Юго-восточное продолжение Ц-3 террейна и ММП месторождений на территории Ирана прослеживается в кайнозойской Саханд-Базманской орогенической зоне (рис. 3), в пределах кото-

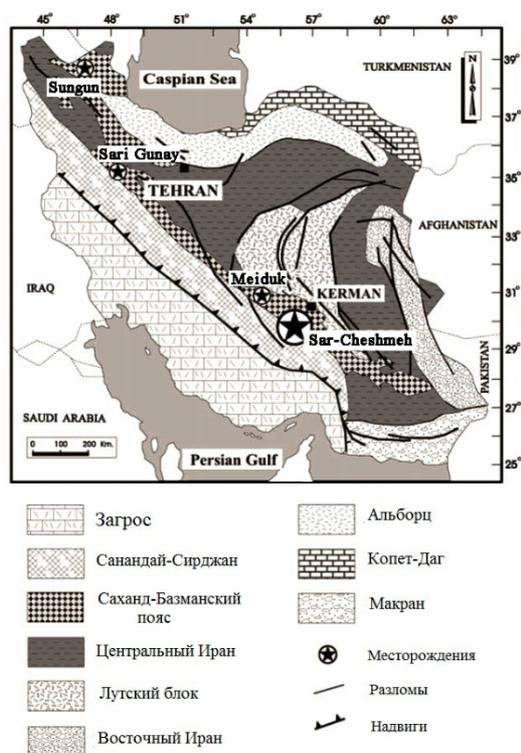


Рис. 3. Геологическая карта Ирана (Hezarkhani, 2006).

рой размещено подавляющее большинство известных к настоящему времени ММП месторождений Ирана (Hezarkhani, 2006). В частности в ее СЗ части, в пределах ЮВ окончания Мегринского плутона, находится месторождение Сунгун: запасы 650 млн т, 0.76% Cu, 0.01% Mo (Kirkham and Dunne, 2000). Эта зона сложена вулcano-интрузивным комплексом, представленным высококалийевыми известково-щелочными вулканитами и пор-

фировыми интрузивами кварцевых монцодиоритов, кварцевых монцонитов, реже гранодиоритов и гранитов.

Субвулканические порфировые интрузивы, с которыми ассоциируется месторождение, представлены штоками двух различных групп: I-кварцевые монцодиориты, II- кварцевые монцониты, гранодиориты, граниты и секущие их порфировые дайки четырех серий с преобладанием разностей кварцевых монцодиоритов, возраст которых датируется как олиго-миоцен (Calagari, 2003; Hezarkhani et al., 1999). Возраст месторождения, согласно изотопным датировкам – 20 Ма (Cooke et al., 2005). Далее, на ЮВ продолжении Саханд-Базманской зоны, в ассоциации с порфировыми интрузивами монцонит-гранодиоритового ряда, преимущественно миоценового возраста, находятся многочисленные ММП рудопроявления и месторождения, в том числе в ~65 км к ЮЗ от г. Керман гигантское месторождение Сар-Чешме – запасы 1.20 млрд т, 0.68% Cu, 0.03 % Mo, 0.27 г/т Au (Richards et al., 2012). Интрузивный комплекс, с которым ассоциируется месторождение состоит из нескольких порфировых штоков, состав которых варьирует от диоритов через гранодиориты до кварцевых монцонитов, при преобладании гранодиоритов (Hezarkhani, 2006). Изотопный возраст месторождения 12.2 Ма (Cooke et al., 2005).

Протяженность ММП месторождений Саханд-Базманской зоны составляет более 1700 км. В целом Саханд-Базманский пояс по возрасту, составу слагающих его вулканических и интрузивных комплексов, ассоциирующих с ними ММП месторождений однотипен с Цахкунк-Зангезурским поясом, что позволяет рассматривать их в качестве единого, прерывистого Цахкунк-Зангезур – Саханд-Базманского, или Армяно-Иранского линейного пояса верхнеэоцен-среднемиоценовых ММП месторождений, протягивающегося в СЗ-ЮВ направлении примерно на 2000 км. Формирование этого пояса охватывало временной интервал ~ 32 млн.лет (крайние датировки ~ 44 Ма Агарак, ~ 12 Ма Сар-Чешме).

В пределах Зангезурского рудного района, точнее Мегринского плутона, отчетливо выделяется цепочка ММП, золото-сульфидных (полиметаллических), скарновых (со слабой шеелитовой и медно-молибденовой минерализацией) месторождений и рудопроявлений, протяженностью более 80 км, приуроченная к субмеридиональной Центральной магмо-рудоконтролирующей зоне (Таян, 1998), в пределах которой размещены основные месторождения региона – Каджаран, Агарак, Дастакерт, Айгедзор, Тей-Личкваз, Тертерасар и др., в том числе и месторождение Сунгун. Становление этой цепочки месторождений и проявлений охватывало временной интервал ~ 24 млн.лет (~ 44 Ма Агарак, ~ 20 Ма Сунгун) и происходило в течение трех дискретных этапов – позднеэоценового (Агарак, Дастакерт, Айгедзор, Анкасар), раннеолигоценового (Калер) и раннемиоценового (Каджаран, Парагачай, Сунгун). Отметим, что обычно формирование цепочек или кластеров МП месторождений охватывает интервал ~ 5 млн.лет и редко ~ 18 млн.лет, напр. месторождение Кадия в Южной Австралии (Sillitow, 2010; Wilson et al., 2007).

Как выше было отмечено, Re-Os датировки молибденитов ММП месторождений и проявлений в целом соответствуют U-Pb и Rb-Sr датировкам интрузивных комплексов, с которыми они ассоциируются. Исключением являются Re-Os возрастные определения молибденитов Каджаранского месторождения. Датировки четырех различных проб молибденитов Каджаранского месторождения находятся в интервале $26.43 \div 27.2$ Ma, аналогичный возраст – 26.78 ± 0.11 Ma имеют и молибдениты Парагачайского месторождения (Moritz et al., 2013²). В то же время Rb-Sr изохронные и U-Pb датировки дорудного гранит-гранодиоритового порфирирового комплекса и секущих их дорудных даек аналогичного состава, с которым исследователи региона обычно связывают, в смысле общности глубинного магматического очага, Каджаранское месторождение характеризуются датировками ~ 22 Ma. Отметим также, что все исследователи Каджаранского месторождения (Мовсесян, 1953; Мкртчян, 1958; Пиджян, 1975; Карамян, 1978 и др.) подчеркивали дорудный возраст гранодиорит-порфирировых даек на основании их пересечения рудными прожилками и гидротермального изменения. Это несоответствие между результатами Re-Os изотопных датировок молибденитов Каджаранского месторождения и геологическими взаимоотношениями нуждается в объяснении.

Прежде всего отметим, что крайне низкое содержание Os в молибденитах (порядка $10^{-7} \div 10^{-8}$ г/г) приводит обычно к аналитическим затруднениям как при определении его концентраций, так и при измерении его изотопного состава. По-видимому, по этой причине большинство исследователей всему содержанию Os в молибденитах приписывают радиогенное происхождение. Содержания Re и Os в молибденитах, в нашем случае, определялись с высокой точностью (погрешности измерений Re и Os ~ 0.3 %), и полученные возрастные данные с точки зрения эксперимента безупречны (0.4-0.5%). В этой связи, основная причина несоответствия Re-Os датировок молибденитов с одной стороны, Rb-Sr и U-Pb датировок рудоносного порфирирового комплекса – с другой, возможно, обусловлена присутствием в молибденитах Каджаранского месторождения **обыкновенного Os**. Результаты ранее проведенного **спектрографического Re-Os** датирования Каджаранского месторождения – 23.5 ± 1.2 Ma (Фарамазян и др., 1974) находились в согласии с имеющимися в то время K-Ar датировками околорудно измененных метасоматитов и выделенных из них серицитов - 22 ± 2 Ma. Согласно предпринятой, отмеченными авторами, попытке оценки **изотопного состава Os** в исследованных молибденитах, примесь обыкновенного Os в них могла достигать до 10 %. В таком случае, полученные нами значения Re-Os возраста молибденитов Каджаранского месторождения могут измениться на 10% и будут равны 24.3 Ma, что более созвучно с возрастными датировками гранодиорит-порфириров, полученными K-Ar, Rb-Sr и U-Pb методами. Представляется, что для более однозначного решения вопроса, как и вообще при датировке молибденитов молодого (P-N) возраста, при котором присутствие обыкновенного

Os заметно увеличивает возрастные значения, крайне желательно определение изотопного состава Os.

В отличие от протяженного Армяно-Иранского пояса ММП месторождений, продолжение островодужного С-К пояса МП месторождений вне пределов Малого Кавказа четко не фиксируется, хотя проявления юрско-нижнемелового магматизма, в том числе гранитоидного, отмечены в Восточном Понте (Келькит, Синоп) и в Иране (зона Санандай-Сирджан).

Возрастная Re-Os датировка Техутского месторождения свидетельствует о его верхнеюрском возрасте ~ 146 Ма, а для Хархарского месторождения (Кедабекский рудный район С-К террейна), установлен его нижнемеловой возраст ~ 133 Ма. Иначе говоря, процесс формирования МП оруденения в пределах С-К пояса носил дискретный характер и охватывал интервал ~ 13 млн лет, что почти в 2 раза меньше аналогичного показателя для Ц-З ММП пояса (~ 24 млн лет). Следует в то же время учесть, что Re-Os датировки МП объектов С-К пояса проведены лишь для двух месторождений – Техутского и Хархарского, поэтому не исключено, что датировки других месторождений С-К пояса могут привести к уточнению имеющихся данных.

Таблица 3

Сравнительная характеристика Техутского и Каджаранского молибден-медно-порфириковых месторождений

Месторождение	Геодинамический режим формирования	Изотопный (Re-Os) возраст, Ма	$\delta^{18}\text{O}$ воды гидротерм. растворов	Источник воды гидротерм. растворов	Источник Cu, Mo, Fe	Источник S	Минеральный состав *
Техут	Островодужный	145.85 ± 0.59	5.0 ± 0‰	Магматический + морской	Магматический (верхнемантийный)	Морской	Пирит, халькопирит, молибденит, сфалерит, галенит, тетраэдрит, висмутин, пирротин, халькозин, ковеллин, борнит, магнетит, гематит, рутил, энаргит, люционит, виттихенит, самородное золото
Каджаран	Постколлизийный	27.2 ± 2 6.43 ± 0.11	8.1 ± <- 3.7‰	Магматический + метеорный	Магматический (верхнемантийный)	Магматический (верхнемантийный)	Халькопирит, пирит, молибденит, сфалерит, энаргит, люционит, висмутин, эмплектит, клапротолит, виттихенит, теннантит, тетраэдрит, галеновисмутит, алтаит, гессит, ильменит, пирротин, аргентит, бурнонит, петцит, теллуrowисмутит, станнин, шеелит, самородные – золото, теллур, висмут

* Минеральный состав Техутского месторождения по (Амирян и др., 1987), Каджаранского месторождения по (Фарамазян, 1974)

Сравнительная характеристика типовых ММП месторождений Ц-З и С-К террейнов (табл. 3), свидетельствует об их четких отличиях по возрасту, геодинамическому режиму формирования, составу рудоносных интрузивов, источнику воды и серы гидротермальных растворов, специфике минерального состава. Рудоносными и рудовмещающими породами Техутского месторождения являются, как правило, одни и те же породы – верхнеюрские тоналиты и кварцевые диориты Кохб-Шнохского интрузивного комплекса, в то время как для Каджаранского месторождения соответственно – нижнемиоценовые гранодиориты и нижнеолигоценые монцониты. Еще более существенные различия в возрасте рудоносных и рудовмещающих пород фиксируются для Анкаванского месторождения, где дорудный сиеногранит-гранодиорит порфировый (дайковый) комплекс

Таблица 4

Rb-Sr изохронный возраст и первичные $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношения некоторых интрузивных комплексов Армении

Интрузивный комплекс; главные типы пород	Террейн	Возраст, Ma	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Ахпатский; плагиограниты Кохб-Шнохский; тоналиты, кварц-диориты – I фаза, лейкограниты – II фаза	Сомхето- Карабахский	161±9 MSWD=0.08	0.70488±0.00012
		164±6 MSWD=0.22	0.70405±0.00040
		156±3 MSWD=0.47	0.70458±0.00027
Гехаротский; тоналиты, кварц-диориты Миракский; тоналиты кварц-диориты Анкаван-Артавазский; тоналиты, кварц-диориты Анкаванский; сиеногранит- порфиры (дайки) Меградзорский; монцониты, сиенограниты Мегринский плутон; монцониты (юж. часть плутона), сиенограниты, сиениты, щелочные сиениты, монцониты (север. часть плутона), гранит-, гранодиорит- порфиры	Цахкунк- Зангезурский	147±11 MSWD=0.29	0.70520±0.00021
		136±4.8 MSWD=0.53	0.70408±0.00040
		143±6.1 MSWD=2.4	0.70355±0.00014
		33.2±2.1 MSWD=0.67	0.70405±0.00033
		41.7±0.8 MSWD=0.04	0.70408±0.00010
		41.7±1.1 MSWD=0.48	0.70442±0.00008
		41.8±4.3 MSWD=0.11	0.70453±0.00008
		36.3±0.6 MSWD=0.54	0.70409±0.00007
		30.0±0.04 MSWD=0.6	0.70419±0.00007
		22.9±2.1 MSWD=0.04	0.70427±0.00009

и само месторождение имеют нижнеолигоценовый возраст (соответственно ~ 33 Ма и ~ 29 Ма), а рудовмещающие оруденение тоналиты Анкаван-Артавазского интрузивного комплекса – нижнемеловой возраст (~ 143 Ма). Существенные отличия в минеральном составе руд Каджаранской и Техутской ММП систем проявляются в бóльшем разнообразии на Каджаранском месторождении рудных минеральных видов, в частности, самородных элементов, различных теллуридов и тиосолей.

Все рассмотренные интрузивные комплексы, с которыми связаны МП месторождения и проявления, как и месторождения других формационных типов, в частности, золоторудные (Меградзор) характеризуются мантийными метками первичных отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (табл. 4). Это касается даже наиболее кислых разностей как Мегринского плутона (гранит-гранодиоритовый комплекс), так и лейкократовых гранитов Кохб-Шнохского интрузивного комплекса.

Основные выводы

1. В пределах Малого Кавказа выделено два пояса МП месторождений и проявлений – С-К островодужный тоналитовой модели, протяженностью ~ 230 км и Ц-З постколлизийный монцитит-гранодиоритовой модели, протяженностью ~ 280 км.
2. Формирование С-К пояса происходило в морских, мелководных условиях и согласно Re-Os датировкам молибденитов охватывало интервал ~ 12.5 млн лет (Техутское месторождение – 145.85±0.5 Ма, Хархарское месторождение – 133.27±0.53 Ма).
3. Формирование Ц-З пояса происходило в условиях сводово-глыбовых воздыманий и согласно Re-Os датировкам молибденитов охватывало более длительный временной интервал ~ 24 млн лет (Агаракское месторождение 44.2±0.2 Ма, Каджаранское месторождение – 27.02±0.11÷26.43±0.11 Ма, Айригетское проявление – 22.87±0.09 Ма).
4. TIMS U-Pb датировками цирконов из разнотипных пород Мегринского плутона подтверждено трехэтапное дискретное становление Мегринского плутона – верхнеоценовый, нижнеолигоценовый и нижнемиоценовый, каждый из которых сопровождался формированием соответствующих ММП месторождений и проявлений.
5. Выделен единый, Армяно-Иранский (Цахкунк-Зангезур-Саханд-Базманский) пояс ММП месторождений верхнеоцен-среднемиоценового возраста протяженностью ~2000 км, связанный с интрузивными комплексами монцитит-гранит-гранодиоритового ряда, формирование которого имело дискретный характер и охватывало интервал ~ 32 млн лет (Агаракское месторождение ~44 Ма, Сар-Чешме ~12 Ма).
6. Этот пояс МП месторождений, в составе которого находятся гигантские месторождения – Каджаран, Сар-Чешме, а также многочисленные, менее крупные месторождения выделяется в качестве специализированной Армяно-Иранской МП провинции.

7. МП месторождения С-К и Ц-З поясов четко отличаются друг от друга по возрасту и геодинамическому режиму формирования, составу рудоносных интрузивов, источнику воды и серы гидротермальных растворов, специфике минерального состава, моделям формирования.
8. Разновозрастные и разнотипные интрузивные комплексы, с которыми связаны рассмотренные МП месторождения тоналитовой и монцонит-гранодиоритовой модели характеризуются мантийными метками первичных отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

ЛИТЕРАТУРА

- Абдуллаев Р.Н.** Мезозойский вулканизм северо-восточной части Малого Кавказа. Баку: изд. АН Азерб.ССР, 1963, 228 с.
- Абдуллаев Р.Н., Мустафаев Г.В.** Магматизм и металлогения Азербайджана в свете новых данных. В кн.: "Очерки по геологии Азербайджана". Баку: 1984, с. 167-185.
- Акопян М.С., Мелконян Р.Л.** Соотношение между стадийностью рудообразования и парагенетическими ассоциациями минералов медно-молибденовых месторождений (по результатам изотопно-кислородных исследований месторождений Армении). Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1997, N 3, с. 3-11.
- Акопян М.С., Мелконян Р.Л.** Роль геологической среды в формировании эндогенных гидротермальных месторождений (по результатам изотопных исследований некоторых месторождений Армении). Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1998, N 3, с. 27-38.
- Акопян М.С., Мелконян Р.Л., Пароникян В.О.** К вопросу генезиса Техутского медно-молибденового месторождения. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, N 6, с. 38-43.
- Алоян П.Г.** Геология и металлоносность Вардадзорского вулcano-плутонического сооружения. Ереван: ГЕОИД, 2012, 163 с.
- Амирян Ш.О., Пиджян Г.О., Фарамазян А.С.** Стадии минерализации и минералы руд Техутского месторождения. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987¹, с. 31-44.
- Амирян Ш.О., Пиджян Г.О., Фарамазян А.С.** Геохимические и генетические особенности руд Техутского месторождения. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987², N 5, с. 28-37.
- Асланян А.Т.** Региональная геология Армении. Ереван: Айпетрат, 1958, 430 с.
- Асланян А.Т., Акопян М.С., Мелконян Р.Л., Пароникян В.О.** Кохб-Шнохская палеоостроводужная рудно-магматическая система и модель ее формирования. Геохимия, 1990, N 1, с. 91-105.
- Асланян А.Т., Гульян Э.Х., Пиджян Г.О., Амирян Ш.О., Фарамазян А.С., Овсепян Э.Ш., Арутюнян С.Г., Галстян Х.Г.** Техутское медно-молибденовое месторождение. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1980, N 5, с. 3-24.
- Бабазаде В.М., Махмудов А.И., Рамазанов В.Г.** Медно- и молибден-порфиоровые месторождения. Баку, Азерб.гос.изд., 1990, 376 с.
- Багдасарян Г.П., Гукасян Р.Х., Карамян К.А.** Итоги абсолютного датирования ряда рудных формаций Армянской ССР. Изв. АН СССР, сер. геол., 1968, N 5, с. 19-28.
- Багдасарян Г.П., Гукасян Р.Х.** Геохронология магматических, метаморфических и рудных формаций Армянской ССР. Ереван, изд. АН АрмССР, 1985, 219 с.
- Галоян К.Л., Мелконян Р.Л., Чунг С.-Л., Хоренян Р.А., Атаян Л.С., Юнг Ч.-Х., Амиряган С.В.** К петрологии и геохимии юрских островодужных магматитов Карабахского сегмента Сомхето-Карабахского террейна. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2013, N 1, с. 3-22.
- Геология Азербайджана**, т. 3, Магматизм, 2001, Баку, изд. "Nafta-Press", 434 с.
- Геология СССР**, т. 47, Азерб.ССР, 1972, М.: Недра, 520 с.
- Гукасян Р.Х., Меликсетян Б.М.** Об абсолютном возрасте и закономерностях формирования сложного Мегринского плутона. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1965, N 5, с. 19-38.
- Гукасян Р.Х., Таян Р.Н., Арутюнян М.А.** Rb-Sr исследования магматических образований Каджаранского рудного поля (Республика Армения). В кн. "Изотопное

- датирование процессов рудообразования, магматизма, осадконакопления и метаморфизма”. Матер. III Российской конференции по изотопной геохронологии. М., 2006, т. I, с. 213-216.
- Казарян Г.А.** К вопросу происхождения плагиогранитов (на примере Малого Кавказа). В кн.: ”Вопросы минералогии и петрографии Армянской ССР”, Ереван, изд. АН АрмССР, 1966, с. 5-20.
- Казарян Г.А.** Основные закономерности магматизма Алавердского рудного района. В кн.: Петрология интрузивных комплексов важнейших рудных районов Армянской ССР. Ереван, изд. АН АрмССР, 1971, с. 7-116.
- Карамян К.А.** Геологическое строение, структура и условия образования медно-молибденовых месторождений Зангезурского рудного района. Ереван: изд. АН АрмССР, 1978, 179 с.
- Керимов Г.И.** К возрасту Атабек-Славянской и Кедабекской интрузий. Изв. АН Азерб.ССР, 1955, N 7, с. 43-50.
- Керимов А.Д.** Петрография и рудоносность Мехманинского гранитоидного интрузива. Баку: изд. АН Азерб.ССР, 1965, 126 с.
- Купреишвили К.А.** Условия формирования Техутского меднопорфирового месторождения. Автореф. кандидат. дисс. Тбилиси, 1986, 21 с.
- Магакьян И.Г.** Металлогения Армении. Ереван: изд. АН АрмССР, 1954, 317 с.
- Магакьян И.Г.** Структурно-металлогенические зоны Малого Кавказа. В кн. “Закономерности размещения полезных ископаемых”. Т. III, М.: изд. АН СССР, 1960, с. 341-348.
- Магакьян И.Г.** Закономерности размещения и прогноз оруденения на территории Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1966, N 4, с. 18-36.
- Магакьян И.Г., Мкртчян С.С.** Взаимосвязь структуры, магматизма и металлогении на примере Малого Кавказа. Изв. АН АрмССР, сер. геол. и геогр. науки, 1957, N 4, с. 67-76.
- Магматические и метаморфические формации Армянской ССР.** Ереван, изд. АН АрмССР, 1981, 331 с.
- Мандалян Р.А.** Верхнеюрский-неокомский седименто- и литогенез Армении. Ереван: изд. АН АрмССР, 1990, 172 с.
- Меликсетян Б.М.** Петрология, геохимия и рудоносность палеоген-неогеновых вулкано-интрузивных формаций Малого Кавказа (магматизм зон коллизии). Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. доктора геол.-мин. наук. Тбилиси: Геол.инст.АН Груз.ССР, 1989, 49 с.
- Меликсетян Б.М., Архипов Б.К., Капралов Г.П., Мещерякова В.Б.** Особенности тектоно-магматического развития и закономерности размещения магматизма и оруденения южной части Малого Кавказа. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1976, N 1, с. 31-50.
- Меликсетян Б.М., Баста М.С., Гукасян Р.Х.** Изотопные рубидий-стронциевые исследования и возраст гранитоидов Аравийско-Нубийского щита и Армяно-Иранского мезоконтинента. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1993, N 1, с. 8-22.
- Мелконян Р.Л.** К вопросу о генезисе плагиогранитов и трондземитов (на примере Алавердского района). Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1965, N 6, с. 32-41.
- Мелконян Р.Л.** Петрология, минералогия и геохимия интрузивных комплексов Алавердского рудного района. В кн.: ”Петрология и геохимия интрузивных комплексов некоторых рудных районов Армянской ССР”. Ереван, изд. АН АрмССР, 1976, с. 137-279.
- Мелконян Р.Л.** Петрология и рудоносность мезозойских островодужных гранитоидных формаций Малого Кавказа. Дисс. на соиск. уч. ст. доктора геол.-мин. наук в форме научн. доклада. Москва: 1989, 52 с.
- Мелконян Р.Л., Акопян М.С.** Сравнительная характеристика рудно-магматических систем с медно-молибденовым оруденением различных геодинамических обстановок (на примере Малого Кавказа). В сб. статей научн. сесс., посвящ. 90-летию со дня рожд. докт. геол.-мин. наук С.А.Мовсисяна. Ереван, 2002, с. 23-32.
- Мелконян Р.Л., Акопян М.С.** Некоторые аспекты взаимосвязи магматизма и рудообразования в свете данных по изотопии кислорода (на примере Армении). Петрология, 2006, N 4, с. 439-448.
- Мелконян Р., Галоян К., Варданян А.** Мезо-кайнозойские гранитоидные формации. В кн.: ”Геология и минеральные ресурсы Нагорно-Карабахской республики”. Ереван-Степанакерт, изд. “Зангак-97”, 2011, с. 90-99.

- Мелконян Р.Л., Гукасян Р.Х.** К вопросу о возрасте Кохб-Шнохского интрузивного комплекса. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2004, N 1, с. 29-35.
- Мелконян Р.Л., Гукасян Р.Х., Таян Р.Н., Арутюнян М.А.** Геохронометрия мондонитов Мегринского плутона (Армения) – результаты и следствия. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2008, N 2, с. 3-9.
- Мелконян Р.Л., Гукасян Р.Н., Таян Р.Н., Хоренян Р.А., Овакимян С.Э.** Этапы медно-молибденового рудообразования Южной Армении (по результатам Rb-Sr изотопных датировок). Изв. НАН РА, Науки о земле, 2010, N 2, с. 21-32.
- Мелконян Р.Л., Хоренян Р.А., Чибухчян З.О.** К вопросу о мезозойском магматизме Цахкунк-Зангезурской зоны Малого Кавказа. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2000, N 3, с. 17-29.
- Мкртчян С.С.** Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Ереван: изд. АН АрмССР, 1958, 287 с.
- Мовсесян С.А.** Интрузии Центральной части Зангезурского (Конгур-Алангезского) хребта и связанные с ними полезные ископаемые. Ереван: изд. АН АрмССР, 1953, 155 с.
- Мовсесян С.А.** К вопросу об основных закономерностях размещения рудных месторождений Армении. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1969, N 5, с. 29-38.
- Мовсесян С.А.** Закономерности размещения рудных месторождений Армении. М.: Недра, 1979, 215 с.
- Мустафаев Г.В.** Мезозойские гранитоидные формации Азербайджана и особенности их металлогении. Баку, Элм, 1977, 234 с.
- Никольский Ю.И., Милай Т.А., Коган Л.З.** Геолого-геофизические исследования тектоники, магматизма и металлогении Кавказа. Л., Недра, 1975, 216 с.
- Омото Х., Рай Р.** Изотопы серы и углерода. В кн.: “Геохимия гидротермальных рудных месторождений”. М.: изд. Мир, 1982, с. 405-450.
- Пароникян В.О., Гукасян Р.Х.** Об абсолютном возрасте мусковита из Техутского рудопоявления. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1974, N 6, с. 57-58.
- Пиджян Г.О.** Медно-молибденовая формация руд Армянской ССР. Ереван: изд. АН АрмССР, 1975, 309 с.
- Рай Р., Омото Х.** Обзор исследований изотопов серы и углерода применительно к проблеме генезиса руд. В кн.: “Стабильные изотопы и проблемы рудообразования”. М., изд. Мир, 1977, с. 175-212.
- Саркисян О.А., Волчанская И.К.** О блоковом строении территории Армянской ССР и прилегающих районов Малого Кавказа. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1973, N 4, с. 6-19.
- Соловкин А.Н.** Интрузии и интрузивные циклы АзССР. Изд. Аз ФАН, Баку, 1939, 149 с.
- Таян Р.Н.** О Центральной магмо-рудоконтролирующей зоне Зангезурского рудного района. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1998, N 3, с. 20-26.
- Таян Р.Н., Амирян Ш.О., Фарамазян А.С., Арутюнян М.А., Саркисян С.П.** Рудные формации Зангезурского рудного района и общие закономерности размещения оруденения. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1999, N 2-3, с. 22-30.
- Тейлор Х.П.** Изотопы кислорода и водорода в гидротермальных рудных месторождениях. В кн.: “Геохимия гидротермальных рудных месторождений”. М.: изд. Мир, 1982, с. 200-237.
- Фарамазян А.С.** Каджаранское медно-молибденовое месторождение. В кн.: “Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР”. Ереван, изд. АН АрмССР, 1974, с. 145-253.
- Фарамазян А.С., Калинин С.К., Егизбаева К.Е., Файн Э.Е.** Об абсолютном возрасте медно-молибденового оруденения Зангезура. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1974, N 1, с. 43-53.
- Фор Г.** Основы изотопной геологии. М.: изд. Мир, 1989, 590 с.
- Шихалибейли Э.Ш.** Геологическое строение и история тектонического развития восточной части Малого Кавказа. Баку: изд. АН Азерб.ССР, т. 2, 1966, 262 с.
- Яковлев П.Д.** Структура Анкаванского (Мисханского) медно-молибденового штокверкового месторождения. “Советская геология”, 1960, N 12, с. 74-85.
- Ярошевич В.З., Аревадзе Д.В., Коростышевский И.Е., Купреишвили К.А., Ратман И.П.** Источник воды, серы и углерода минералообразующих флюидов Техутского меднопорфинового месторождения. Докл. АН СССР, 1986, т. 287, N 5, с. 1224-1229.

- Calagari, A.A.** Stable isotope (S, O, H and C) studies of the phyllic and potassic-phyllic alteration zones of the porphyry copper deposit at Sungun, East Azerbaidjan, Iran. *J. of Asian Earth Sciences*, 2003, 21, p. 767-780.
- Calagari, A.A., Hosseinzadeh, G.** The mineralogy of copper-bearing skarn to the east of the Sungun-Chay river, East-Azerbaidjan, Iran. *J. of Asian Earth Sciences*, 2006, 28, p. 423-438.
- Cooke, D.R., Hollings, and Walshe, J.L.** Giant Porphyry Deposits: Characteristics, Distribution, and Tectonic Controls. *Econ. Geol.*, 2005, v. 100, N 5, p. 801-818.
- Hezarkhani, A.** Hydrothermal evolution of the Sar-Cheshmeh porphyry Cu-Mo deposit, Iran: Evidence from fluid inclusions. *J. of Asian Earth Sciences*, 2006, 28, p. 409-422.
- Hezarkhani, A., Williams-Jones, A.E., Gommans, C.H.** Factors controlling copper solubility and chalcopyrite ceposition in the Sungun porphyry copper deposit, Iran. *Mineralum Deposita*, 1999, 34, p. 770-783.
- Hollister, V.F.** An appraisal of the nature and source of porphyry copper deposits. *Miner. Sci. Eng.*, 1975, v. 7, N 3, p. 225-233.
- Holser, W.T., Kaplan, I.R.** Isotope geochemistry of sedimentary sulfates. *Chem. Geol.*, 1966, p. 93-135.
- Hovakimyan, S., Moritz, R., Tayan, R., Melkonyan, R., & Harutyunyan, M.** Ore-forming conditions of the Tretary Kadjaran Mo-Cu porphyry deposit, Lesser Caucasus, Armenia: Evidence from fluid inclusions. In: Erik Jonsson et al. (eds), *Mineral deposit research for a high-tech world, 12th SGA Biennial Meeting, 12-15 August 2013, Sweden, Uppsala, 2013*, v. 2, p. 809-812.
- Kirkham, R.V. and Dunne, K. E.** World distribution of porphyry, porphyry-associated skarn, and bulk-tonnage epithermal deposits and occurrences. *Geol. Survey of Canada, Open File 3792a*, 2000, 26 p.
- Lowell, I.D., Guilbers, I.M.** Lateral and vertical alteration mineralization zoning in porphyry ore deposits. *Econ. Geol.*, 1970, v. 65, N 4, p. 373-409.
- Melkonyan, R.L., Moritz, R., Tayan, R., Selby, D., Hovakimyan, S.** Copper-molybdenum porphyry ore-magmatic systems in the Lesser Caucasus. In: "Conference on Recent Research Activities and New Results about the Regional Geology, the geodynamics and the Metallogeny of the Lesser Caucasus". A SCOPES meeting, Tbilisi, 2013, April, 16-18, p. 5.
- Moritz, R., Mederer, J., Ovtcharova, M., Gialli, S., Hemon, , Popkhadze, N., Beridze, T., Gugushvili, V., Melkonyan, R., Tayan, R., Hovakimyan, S., Ramazanov, V., Selby, D.** Geodynamic and Metallogenic Evolution of the Lesser Caucasus: New constraints and Open Questions. In: "Conference on Recent Research Activities and New Results about the Regional Geology, the Geodynamics and the Metallogeny of the Lesser Caucasus". A SCOPES meeting, Tbilisi, 2013¹, April 16-18, p. 16.
- Moritz, R., Mederer, J., Ovtcharova, M., Spikings, R., Selby, D., Melkonyan, R., Hovakimyan, S., Tayan, R., Ulianov, A., Ramazanov, V.** Jurassic to Tertiary Metallogenic and Geodynamic Evolution of the Southernmost Lesser Caucasus: New Constraints from the Kapan and the Zangezur-Ordubad zones. In: "Eastern Block Sea and Caucasus Workshop" Darius Programme, Abstract Volume, Tbilisi, 2013², June 24-25, p. 37-39.
- Richards, J.** Postsubduction porphyry Cu-Au and epithermal Au deposits: Products of remelting of subduction-modified lithosphere. *Geology*, 2009, v. 37, p. 247-250.
- Richards, J. , Spell, T., Rameh, E., Razique, A. and Fletcher, T.** High Sr/Y Magmas Reflect Arc Maturity, High Magmatic Water Content, and Porphyry Cu±Mo±Au Potential: Examples from the Tethyan Arcs of Central and Eastern Iran and Western Pakistan. *Econ. Geol.*, 2012, v. 107, p. 295-332.
- Sillitow, R.H.** Porphyry Copper Systems. *Econ. geol.*, 2010, v. 105, p. 3-41.
- Sosson, M., Rolland, Y., Müller, C., Danelian, T., Melkonyan, R., Kekelia, S., Adamia, S., Babazadeh, V., Kangarli, T., Avagyan, A., Galoyan, G. and Mosar, J.** Subduction, obduction and collision in the Lesser Caucasus (Armenia, Azerbaijan, Georgia) new insights. *Geological Society, London, Special Publication*, 2010, N 340, p. 329-352.
- Streckeisen, A.** To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*, 1976, 12, p. 1-33.
- Wilson, A.J., Cooke, D.R., Stein, H.J., Fanning, C.M., Holliday, J.R. and Tedder, I.J.** U-Pb and Re-Os geochronologic evidence for two alcalic porphyry ore-forming events in the Cadia district, New South Wales, Australia. *Econ. Geol.*, 2007, v. 102, p. 3-26.

**ՓՈՔՐ ԿՈՎԿԱՍԻ ԳԼԽԱՎՈՐ ՊՂԻՆԶ-ՊՈՐՖԻՐԱՅԻՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԸ**

**Ռ.Լ.Մելքոնյան, Ռ.Մորից, Ռ.Ն.Տայան, Դ.Սելբի,
Ռ.Խ.Դուկասյան, Ս.Է.Հովակիմյան**

Ամփոփում

Առանձնացվել են պղինձ-պորֆիրային հանքավայրերի և երևակումների երկու գոտիներ՝ վերին յուրա-ստորին կավճի հասակի (Ս-Ղ) Մոմխետո-Ղարաբաղի՝ կղզադեղային տոնալիտային մոդելի՝ ~230 կմ ձգվածությամբ, և ստորին միոցենի հասակի Ծաղկունք-Զանգեզուրի (Ծ-Զ)՝ հետկոլիզիոն, մոնցոնիտ-գրանոդիորիտային մոդելի՝ ~280 կմ ձգվածությամբ: Այդ գոտիների ձևավորումը ունեցել է պուլսացիոն բնույթ և, համաձայն գլխավոր հանքավայրերի մոլիբդենիտների Re-Os հասակային որոշումների, տեղի է ունեցել համապատասխանորեն ~12 մլն և ~24 մլն տարիների ընթացքում: Մեղրու պլուտոնի տարբեր տիպի ապարների Rb-Sr իզոքրոնային և ցիրկոնների TiMS U-Pb հասակային որոշումների համաձայն նրա ձևավորումը տեղի է ունեցել երեք փուլերի ընթացքում՝ ուշ էոցենի, վաղ օլիգոցենի և վաղ միոցենի, որոնք ուղեկցվել են համապատասխան հանքավայրերի և երևակումների առաջացմամբ: Ս-Կ և Ծ-Զ գոտիների հանքավայրերը հստակ տարբերվում են իրարից հասակով, առաջացման երկրադինամիկական ռեժիմով, հանքաքեր և հանք պարունակող ինտրուզիվների նյութական կազմով, միներալային կազմի առանձնահատկություններով, հիդրոթերմալ լուծույթների ջրի և ծծմբի աղբյուրներով, ձևավորման մոդելներով:

Առանձնացվել է միասնակ, դիսկրետ Հայ-Իրանական վերին էոցեն-միջին միոցեն հասակի Mo-Cu պորֆիրային գոտի ~2000 կմ ձգվածությամբ, որի ակտիվությունն արտահայտվել է ~32 մլն տարիների ընթացքում: Այդ գոտին, որի կազմում են այնպիսի խոշոր հանքավայրեր, ինչպիսին են Քաջարանը և Սար-Չեշմեն, առանձնացվել է որպես մասնագիտացված Հայ-Իրանական Mo-Cu պորֆիրային պրովինցիա:

MAIN COPPER-PORPHYRY SYSTEMS OF LESSER CAUCASUS

**R. L. Melkonyan, R. Moritz, R. N. Tayan, D. Selby,
R. Kh. Goukassyan, and S. E. Hovakimyan**

Abstract

Two belts of porphyry-copper systems were identified – the Late Jurassic-Early Cretaceous Somkheto-Karabakh (S-K) island-arc belt within the same-name terrain of the southern termination of the Eurasian Plate stretching for 230 km (the tonalitic model) and the Early Miocene Tsaghkounk-Zanghezur (Ts-Z) post-collision belt (Tz-Z) within the same name terrain of the northern margin of the Gondwana, stretching over 280 km (the monzonite-granodiorite

model). The formation of the S-K and Ts-Z belts had proceeded in pulses and spanned intervals of 12 million y. and 24 million y., respectively. The *Rb-Sr* isochrones and TIMS *U-Pb* estimations of the age of zircons from the Meghri pluton (1,500 km²), the largest one in the Lesser Caucasus, it appeared possible to establish the three stages of its formation: the Late Eocene, Early Oligocene, and Early Miocene, each accompanied by development of deposits having similar ages. The PC deposits of the S-K and Ts-Z belts have distinct differences of age, geodynamic regime of formation, specificity of mineral composition, sources of water and sulfur of hydrothermal solutions, and formation models.

The single, discrete Armenian-Iranian belt of PC deposits was identified; it has a Late Eocene-Middle Miocene age and a length of about 2,000 km, being related with intrusive complexes of the monzonite-granite-granodiorite series, the activity of which had been manifesting itself over 32 million y. This belt, including giant-deposits such as Kajaran and Sar-Cheshmeh, was identified as the special Armenian-Iranian PC province.