

*Геология*

УДК 553.462'43

Р. С. МОВСЕСЯН, А. И. МОВСИСЯН

### МОДЕЛЬ ТЕХУТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

В статье рассматривается рудное поле с профильным молибден-медно-порфировым промышленным оруденением. Разработана его комбинированная геолого-структурная, геофизическая и рудно-геохимическая модель, выраженная в графической форме. Она позволила определить расположение разнотипного оруденения в гравиметрической аномалии, горизонтальную и вертикальную зональность минерализации, перспективные участки с медным и золоторудным оруденениями, сопутствующими молибден-медно-порфировому, дать их прогноз на глубину.

**Введение.** Важной частью геологоразведочного процесса на всех его стадиях является моделирование объектов по принципу аналогии. Разработка моделей рудных объектов разных рангов имеет целью создание обобщенных образов, содержащих главные характеристики реальных объектов в непротиворечивом и доступном для наблюдений сочетании. С помощью моделирования можно получить объективное представление о закономерностях размещения оруденений, реализовать прогноз с обнаружением месторождений предполагавшихся рудных формаций [1]. В соответствии с детальностью проводимых работ выявляется определенный комплекс признаков, позволяющий создавать модели, учитывающие все основные свойства реальных объектов. Такие модели помогают в решении прогнозно-поисковых задач, способствуют повышению эффективности поисков и оценки промышленных перспектив выявленных месторождений.

В данной работе мы представляем комбинированную геолого-структурную, геофизическую и рудно-геохимическую модель Техутского рудного поля с молибден-медно-порфировым оруденением.

Расположение и строение Техутского рудного поля подробно описаны в [2, 3].

Для наших построений необходимо коснуться времени становления массива. В отношении его возраста нет единого подхода. Существующие мнения подробно рассмотрены в статье Мелконяна Р.Л. и Гукасяна Р.Х. [4]. Это верхний эоцен, нижний и верхний мел, верхняя юра. Исходя из геологической позиции и нахождения галек кварцевых диоритов в верхнеконьякских

конгломератах они приходят к заключению о послеоксфордском-доверхнеконьякском возрасте массива, суживая интервал по результатам Rb-Sr-анализа до верхнеюрского (предверхнемелового). Учитывая то, что интрузив на ЮВ рудного узла прорывает образования келловея-оксфорда и дополняет разрез верхней юры [5], и принимая во внимание гипабиссальный облик пород и неучтенную эрозию, можно высказать предположение, что его становление происходило на глубинах не более 1700–2000 м.

Эрозионные процессы, произошедшие в нижнем мелу, обнажили массив, о чем свидетельствуют его обломки в верхнемеловых отложениях; последние знаменуют начало нового этапа осадконакопления. Разрез верхнемеловых отложений составляет примерно 1500 м [5, 6]. Именно в это время внедрились малые интрузии тоналит-порфиров, габбро-диоритов, диорит-порфиринов, гранодиорит-порфиров, гранитов и др., нижние уровни которых на современном срезе располагаются в интрузии и образованиях юры. Все они являются дорудными, т.к. метасоматически преобразованы и пересекаются развитым здесь оруденением. Возраст их определяется также неоднозначно, их считают третичными, верхнемеловыми, палеоценовыми [4]. Облик их отличается от гипабиссальных кварцевых диоритов Шнох-Кохбского массива. Становление даек происходило на небольших глубинах, о чем свидетельствуют их порфировая структура с мелкозернистой, микролитовой основной массой и суммарная мощность верхнемеловых образований. До внедрения малых интрузий были подновлены и приоткрыты практически все системы разрывных нарушений рудного узла, т.к. штоки и пояса даек контролируются всеми вышеперечисленными системами разломов. Активной была и зона Туманян-Кохбского разлома, контролирующая на Техутском месторождении как штоки и дайки тоналит-порфиров, гранодиорит-порфиров и др., так и само оруденение, развитое в них.

Техутское рудное поле расположено в ЮЗ и З эндо- и экзоконтактных частях Шнох-Кохбского массива и представляет собой очень сложный тектонический узел, образованный пересечением Туманян-Кохбского и полукольцевых дугообразных разломов, а также СЗ-близмеридиональными и СВ крупными разрывными нарушениями (рис. 1). Поле фиксируется значительной локальной отрицательной гравитационной аномалией, обусловленной наличием разуплотненных пород, имеющей в целом дугообразную вытянутость. Такого рода аномалии очень характерны для медно-порфировых месторождений, приуроченных к участкам повышенной тектонической активности. Разрежение напряжений приводит здесь к разуплотнению пород и увеличению их объема за счет образования мельчайших трещин и пор, в которых локализуются зоны прожилково-вкрапленного оруденения [7]. Это явление неупругого расширения вещества – дилатансия, способствует миграции растворов из окружающей среды. Что касается магнитных полей, то ввиду незакономерных изменений их значений на объектах рассматриваемого типа и, в частности, на Техутском рудном поле, их использование не дало желаемых результатов.

Для построения искомой модели Техутского рудного поля в целом необходимо было восстановить общую гравиметрическую аномалию.

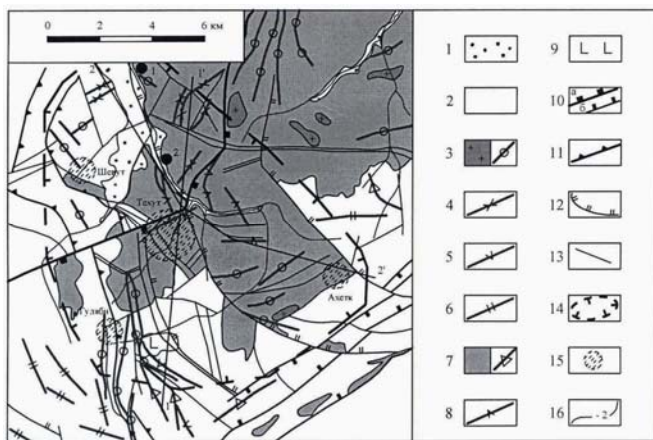


Рис. 1. Геологическая схема Техутского рудного поля по [2].  
Поселки: 1. Шнох, 2. Техут.

Условные обозначения  
к рис. 1 и 2.

1. Современные отложения.
2. Юрские осадочные, вулканогенно-осадочные и вулканогенные образования.
3. Граниты, гранодиорит-порфиры.
4. Диориты, диорит-порфиры, тоналит-порфиры.
5. Плагиограниты, тронджемиты.
6. Дациит-риодациты, трахидацит-трахириодациты, трахириолиты.
7. Шнох-Кохбский массив: кварцевые диориты, гранодиориты.
8. Андезиты, андезито-дациты.
9. Базальты, диабазы.
- 10–13. Системы разломов.
14. Верхнемантийно-коровые СВ простираения: а) Туманян-Техут-Кохб-Храмский; б) Егит-Геог-Ноемберянский.
11. Брдадзор-Ахтала-Каракетук-Атанский коровый СЗ простираения.
12. Дугообразные (полукольцевые).
13. Прочие разломы.
14. Контур Техутского рудного поля.
15. Месторождение и рудопроявления.
16. Изолинии гравиметрической аномалии (только на рис. 2).

11. Брдадзор-Ахтала-Каракетук-Атанский коровый СЗ простираения. 12. Дугообразные (полукольцевые). 13. Прочие разломы. 14. Контур Техутского рудного поля. 15. Месторождение и рудопроявления. 16. Изолинии гравиметрической аномалии (только на рис. 2).

Рассматривая поведение изолиний аномалий Буге на исследуемом участке (наличие высоких горизонтальных градиентов практически по всем направлениям), образующий аномалию объект можно с большим приближением отождествить с гравитационной ступенью. Для такой модели по карте аномалии силы тяжести можно определить как глубину ее верхней кромки от поверхности Земли ( $Z_1$ ), так и полную амплитуду ( $H$ ) и, следовательно, нижнюю границу ( $Z_2$ ). Для определения этих элементов можно применить метод предельных глубин Фишера-Люстиха и пользоваться следующими формулами [8]:

$$\Delta g_{\max} \geq 2\pi f \Delta \sigma H, \quad Z_1 \leq \frac{\Delta g_{\max}}{\pi (W_{XZ})_{\max} \left( 1 + \frac{(W_{XZ})_{\max}}{2f \Delta \sigma} \right)}$$

С этой целью были построены два расчетных профиля 1–1' и 2–2', пересекающих предполагаемый аномальный объект (см. рис. 1). Максимальные перепады  $\Delta g$  по обоим профилям  $\Delta g_{\max} = 3,5 \text{ мГал}$ . Определив максимально резкие изменения  $\Delta g$  на коротких расстояниях, на профилях вычислены значения максимальных горизонтальных градиентов  $(W_{XZ})_{\max}$ : для 1–1' – 36,4  $\text{Эт}$ , для 2–2' – 33,3  $\text{Эт}$ . Для разности плотностей выбрано значение  $\Delta \sigma = 0,3 \text{ г/см}^3$ , что в принципе соответствует данной геологической ситуации с учетом плотности вмещающей среды аномального объекта. Вычисления элементов гравитационной ступени дали следующие значения ( $\text{м}$ ):  $Z_1 = 210$ ,  $H = 279$ ,  $Z_2 = Z_1 + H = 489$  по профилю 1–1';  $Z_1 = 236$ ,  $H = 280$ ,  $Z_2 = 516$  по профилю 2–2'.

Полученные данные позволяют как возможную глубину аномального объекта взять среднее значение, равное  $\sim 500 \text{ м}$ .

Для построения разреза гравиметрической аномалии мы использовали программу Surfer. Были заданы глубина расположения минимального значения гравиметрической аномалии и все ее значения на современной поверхности.

На рис. 2 представлена комбинированная геолого-структурная, геофизическая и рудно-геохимическая модель Техутского рудного поля. На ней отображено геологическое строение, восстановленный разрез гравиметрической аномалии, распределение различных типов оруденения и поверхность Земли на время образования оруденения без учета небольшой эрозии.

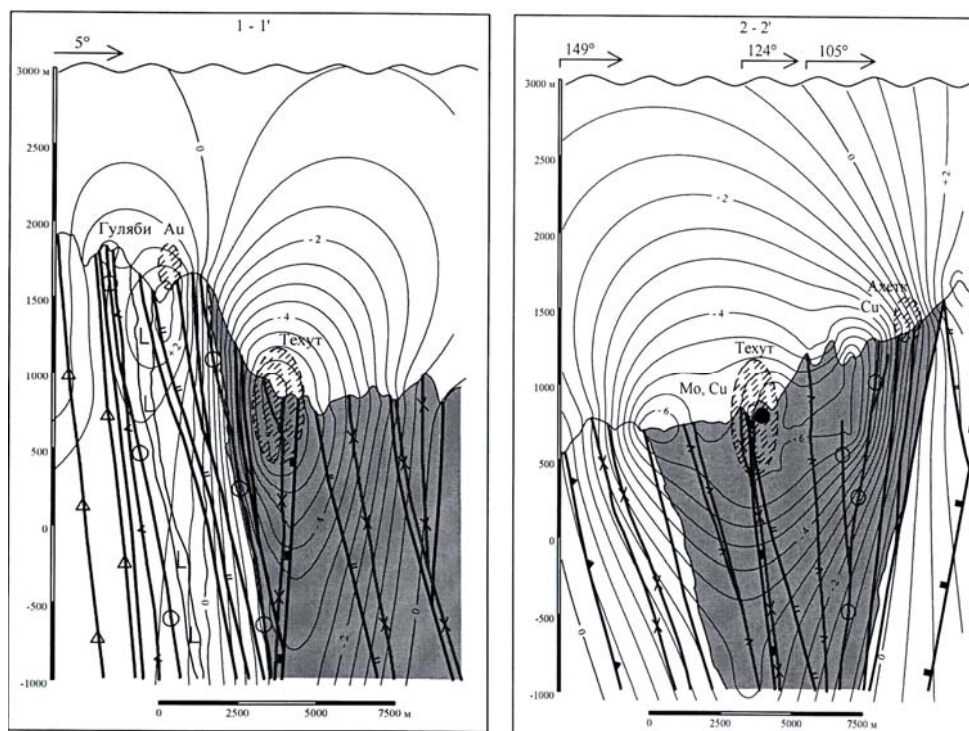


Рис. 2. Модель Техутского рудного поля.

Структурными границами рудного поля служат верхнемантийные, коровые и крупные дугообразные, полукольцевые разломы. Благодаря последним рудное поле приобрело слегка дугообразную конфигурацию. На разрезах отчетливо проявлена продольная конусовидная форма оруденелой территории и склонение ее на СВ. На модели представлена часть штоков и даек малых интрузий рудного поля.

Техутское месторождение со своими участками расположено в центральной части рудного поля в узле пересечения Туманян-Кохбского и дугообразного Геок-Техут-Шнохского разломов. Интенсивный участок аномалии, фиксирующий наиболее разуплотненные породы, дугообразно вытянут в СЗ направлении соответственно простиранию полукольцевого нарушения. В нем отмечены три участка с минимальными значениями гравиметрической аномалии ( $-6 \text{ мГал}$ ). В центральном, расположенном на пересечении вышеука-

занных нарушений, и находится месторождение. Два других участка расположены на СЗ и ЮВ месторождения (рис. 2), однако они, по нашему мнению, не представляют практического интереса на предмет обнаружения медно-порфирового оруденения, т.к. там нет главного рудоконтролирующего элемента – узла пересечения крупных разломов. В рудном поле находится интенсивная геохимическая аномалия субширотной направленности, центральная часть которой также накладывается на участок максимальной гравиметрической аномалии.

С целью выявления зональности развития оруденения были обработаны результаты анализов более чем 30 тыс. проб. Подавляющая их часть взята на Техутском месторождении и его участках, сравнительно небольшое количество проб характеризует многочисленные проявления, расположенные в рудном поле.

По данным геологоразведочных работ, молибденово-медное оруденение с промышленным содержанием имеет размах 800 м на глубине от 1200 до 400 м (учтены данные по всем участкам месторождения). Оно располагается в отрезках гравиметрической аномалии со значениями  $-5$  мГал и ниже, склоняясь на глубину по зоне Туманян-Кохбского разлома, и в виде более маломощных орудененных зон, возможно, опускается еще на 300 м до изолинии со значением  $-5$  мГал.

По обе стороны от нулевого значения гравиметрической аномалии расположены минерализации, сопутствующие молибден-медному оруденению. Они развиты зонально по периферии основного месторождения и представлены медными, железорудными и золоторудным проявлениями, последнее находится исключительно в положительных участках аномалии. Первые два типа развиты на уровнях, расположенных выше медно-порфирового, а золоторудное – на самых верхних. Проявления железа, в которых основными минералами являются магнетит и гематит, не представляют практического интереса; нет сведений об обособленных железорудных промышленных скоплениях в подобных типах рудных полей. Согласно Кривцову А.И. и др. [9], гематит наряду с магнетитом характерен многим медно-порфировым месторождениям, развиваясь преимущественно в халькопиритовой зоне – на средних уровнях рудной колонки. Что касается магнетита, то он присутствует и на нижних горизонтах. Подобная картина наблюдается и в обсуждаемом рудном поле: проявления и точки минерализации с магнетитом и гематитом приурочены в основном к высотным отрезкам развития медных проявлений и на нижних уровнях золоторудного.

В Техутском рудном поле молибден-медное оруденение, расположенное в его центральной части, сменяется и окаймляется медными (с Au, Pb, Zn) рудопоявлениями, а далее к югу – золоторудным (с Cu, Pb, Zn) и крупной широтного простирания шлиховой аномалией самородного золота (верховья р. Гуляби). Данная зональность отчетливо выражена в южной наименее эродированной половине рудного поля, а в северной, вследствие эрозии, проявлены отдельные ее фрагменты [2, 3]. В том же направлении происходит смена морфологического типа оруденения: на Техутском месторождении оно представлено штокверком с прожилково-вкрапленным оруденением, в мед-

ных проявлениях – оруденелыми зонами и жилами, а на золоторудном – в основном жилами.

По нашей оценке, наиболее перспективными объектами рудного поля являются Шевутская и Ахетская группы медных проявлений и золоторудное Гуляби. Они локализованы в узлах пересечения верхнемантийно-коровых, коровых и крупных полукольцевых разломов с нарушениями более мелкого масштаба. Здесь проявлены различные по составу многочисленные дайки и штоки малых интрузий. Медное оруденение расположено на отрезке высот 1300–1500 м в участках гравиметрической аномалии с нулевым значением, охватывая соседние положительные и отрицательные, а золоторудное – в положительном отрезке со значением  $+1,5 \div +2,5$  мГал на 1500–1800 м. Ввиду того, что профили не проходят по рудопроявлению Гуляби, оно без искажения общей ситуации проецируется на поперечный профиль, а для Шевутского такая возможность отсутствует.

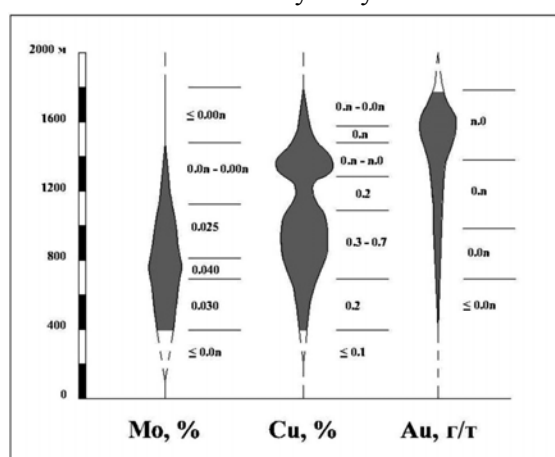


Рис. 3. Вертикальное распределение главных рудных элементов Техутского рудного поля.

горизонте 1070 м, охватывая отрезок с размахом 720 м. Далее по вертикали Мо присутствует в медных проявлениях в количестве от сотых до (в основном) тысячных процента (1200–1500 м), а в золоторудных – в тысячных % (1500–1800 м). Шаг изменений содержаний Мо на порядок соответствует 300 м. В некоторых медных объектах он представлен единичными маломощными молибденовыми жилами. Медь в промышленных содержаниях проявляется на двух уровнях: от 700 до 1200 м (0,3–0,7%) с размахом 500 м и от 1300 до 1500 м (0,н–н,0%). На нижних горизонтах золоторудного проявления она присутствует в количестве от десятых до целых значений процента, а на верхних – до десятых. Наибольшие содержания золота (единицы г/т) отмечены в золоторудном проявлении, а также в верхних горизонтах медных проявлений, охватывая высоты 1400–1800 м, низкие содержания (сотые г/т) характерны для молибден-медного промышленного скопления. Шаг возрастания содержаний золота на порядок составляет 300–400 м (рис. 3).

Исходя из выявленной зональности можно дать оценку вертикального размаха возможной промышленной части медных и золоторудного проявле-

В рудном поле зональное развитие оруденения проявляется и по вертикали. На рис. 3 обобщены данные опробования по всем рудным объектам, а также представлено распространение по вертикали Мо, Cu и Au. Что касается Pb и Zn, то они не являются характерными для данного рудного таксона и проявлены слабо.

Промышленные содержания молибдена начинаются с глубины 400 м, достигая наибольших значений на отрезке 700–820 м, и завершаются на

ний рудного поля, обрамляющих молибден-медное. Он может составить 300–400 м.

Обобщая данные по зональности, можно придти к следующему выводу. Подтвержденный размах молибден-медного оруденения составляет 800 м, а с прогнозом на глубину он может достигнуть 1100 м. Вертикальный размах всей рудной колонки Техутского поля, включающей и сопутствующие оруденения (учитывая небольшую верхнюю эродированную часть и прогноз на глубину), можно оценить в 1900–2000 м.

Согласно А.И. Кривцову [10], рудно-магматическая система с медно-порфировым оруденением имеет вертикальный размах от 2–3 до 5–7 км. По Р. Силлитоу [11], размах собственно медно-молибденового оруденения, формирующегося на глубинах 1,5–3 км от вершины стратовулкана на границе субинтрузивной и интрузивной фаций, составляет примерно 5 км.

**Заключение.** Разработанная модель Техутского рудного поля поможет определить направление дальнейших геологоразведочных работ. Профильное для рудного поля молибден-медное оруденение расположено в его центре в узле пересечения верхнемантийно-корового и крупного дугообразного разломов, в одном из минимумов гравиметрической аномалии. Сопутствующие медное и золотое оруденения развиты по периферии и окаймляют основное (Мо-Сu), располагаясь на более высоких гипсометрических уровнях. Медные проявления расположены в участках с нулевыми значениями аномалии, охватывая прилегающие отрицательные и, частично, положительные, а золоторудное – исключительно в положительных участках. Особенности модели указывают на то, что обособленные участки сопутствующих Сu- и Аu-минерализаций развивались по периферии основного оруденения и отсутствовали непосредственно над ним. Выявленный шаг изменения промышленных содержаний Мо, Сu и Аu на порядок по вертикали может составлять 300–400 м.

Авторы выражают признательность доценту Л.К. Тадевосян за оказанную помощь в процессе работы.

*Кафедра поисков и разведки  
месторождений полезных ископаемых*

*Поступила 22.01.2010*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Кривцов А.И.** Прикладная металлогения. М.: Недра, 1989, 288 с.
2. **Туманян Г.А., Мовсисян Р.С., Мовсисян А.И.** Ученые записки ЕГУ. Геология и география, 2009, № 2, с. 13–21.
3. **Մովսիսյան Հ.Բ.** Շրջանային և Գլխային Մրցատուն, 2009, № 3–4, էջ 81–86:
4. **Мелконян Р.Л., Гукасян Р.Х.** Изв. НАН РА. Науки о Земле, 2004, № 1, с. 29–35.
5. **Туманян Г.А.** Изв. НАН РА. Науки о Земле, 2008, т. 61, № 2, с. 10–20.
6. **Մարգարյան Հ.Հ.** Հայկական ՄԱՀ նեֆինայի երկրաբանություն: Եր.: ԵՊՀ հրատ., 1989, 275 էջ:
7. **Сотников В.И., Калинин А.С., Берзина А.П.** Генетическая модель медно-молибденовой формации. В кн.: Генетические модели эндогенных рудных формаций. Т. 1. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1983, с. 112–127.
8. **Թադևոսյան Լ.Չ.** Գրավիտացիոնաբանական դասակարգում: Եր.: ԵՊՀ հրատ., 1980, 270 էջ:

9. **Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С.** Медно-порфировые месторождения мира. М.: Недра, 1986, 236 с.
10. **Кривцов А.И.** Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. М.: Недра, 1983, 256 с.
11. **Sillitoe R.H.** Econ. Geol., 1973, v. 68, № 6, p. 794–815.

Ռ. Ս. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ, Հ. Ի. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ

ԹԵՂՈՒՏԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ՄՈԴԵԼԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում քննարկվում է առանցքային մոլիբդեն-պղինձ-պորֆիրային արդյունաբերական հանքայնացում պարունակող հանքային դաշտը: Մշակված երկրաբանականառուցվածքային, երկրաֆիզիկական և հանքաերկրաքիմիական կոմբինացված մոդելը, որն արտահայտված է գրաֆիկի տեսքով, թույլ է տվել պարզաբանել մի շարք հարցեր. որոշել ծանրության ուժի անոմալիայում տարբեր տիպի հանքայնացումների դիրքը, հանքայնացման հորիզոնական և ուղղաձիգ զոնայականությունը, պղինձի և ոսկու հանքայնացումների հեռանկարային տեղամասերը, տալ հանքայնացման տարածման հեռանկարներն ըստ խորության:

R. S. MOVSESYAN, H. I. MOVSISYAN

MODEL OF THE TEGHOUT ORE FIELD

Summary

The present article considers the ore field with profile porphyry-molybdenum-copper industrial mineralization. Its developed combined geological-structural, geophysical and ore-geochemical model expressed in the graphic form has allowed to clarify a number of questions: to define the position of polytypic mineralization in gravimetric anomalies, the horizontal and vertical zonality of the mineralization, the perspective sites with copper and gold mineralization, accompanying porphyry molybdenum-copper and to predict data on its depth.