

УДК 550.84

ПЕТРОГРАФО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД
И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ЯКОУТСКОГО МАССИВА
(ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН)

И.Н.КРИЦУК, Е.Е.ПЛЮШЕВ

Генетическая связь магматизма с эндогенным оруденением всегда являлась одной из важнейших проблем геологии и геохимии. Связь золоторудной минерализации Центрального Алдана с мезозойским щелочным магматизмом не раз обсуждалась в работах Ю.А.Билибина [1, 2], Т.В.Билибиной [3], Е.П.Максимова [6], Г.К.Шнай, М.П.Орловой [10] и др. В статье дается оценка специализации Якоутского массива на основе изучения его петрографических и геохимических особенностей.

Якоутский вулканоплутон расположен на участке пересечения Якоутской и Джекондинской систем разрывных нарушений. Он имеет эллипсоидальную форму и вытянут согласно Якоутской системе разломов и общему простиранию пород докембрийского фундамента. В геологическом строении массива принимают участие магматические породы следующих возрастных групп^х:

Интрузивные субвулканические щелочноземельные сиенит-порфиры - лампрофиры (кварцевые порфиры) $J_1 - J_2$.

Щелочные сиениты и их вулканические аналоги - псевдо- и эпидейцитовые порфиры $J_2 - J_3$.

Вулканогенные щелочные породы (щелочные трахиты) $J_3 - K_1$.

Щелочноземельные сиениты и сиенит-порфиры $K_1 - K_2(?)$.

Кварцевые порфиры отличаются резкопорфировой структурой с обилием выделений полевого шпата, кварца и мелкозернистой основной массой. Изредка в порфировых выделениях встречается роговая обманка. Основная масса состоит из каликатрового полевого шпата, частью альбита и кварца, ее структура микропиклитовая или микролитовая. Из акцессорных минералов можно отметить магнетит, пирит, иногда сфен, циркон.

Псевдолейцитовые порфиры - это породы порфирового облика, содержащие в тонкозернистой основной массе порфировые выделения изометричных или округлых кристаллов псевдолейцита до 1,5-2 см в диаметре. По данным Т.В.Билибиной порфировые выделения составляют от 25 до 40 % объема породы. Для порфиров Якоутского массива содержание псевдолейцита не превышает 30 %. Кроме него, в порфировых включениях присутствуют также авгит и биотит.

^х Здесь и в дальнейшем деление пород на группы осуществляется на основании схемы Т.В.Билибиной [3].



Основная масса породы состоит преимущественно из калинатрового полевого шпата, а также альбита и карбоната. Структура основной массы чаще всего аллотриоморфнозернистая. Акцессорные минералы представлены апатитом, рудным минералом, сфеном.

Эпидейцитовые порфиры по макроскопическому облику близки к псевдолейцитовым, но отличаются от них развитием тонкочешуйчатой бесцветной слюды. Кроме порфировых выделений эпидейцита, в некоторых разностях присутствует ортоклаз в правильных таблитчатых кристаллах. Структура основной массы - микролитовая.

Щелочные эгирин-авгитовые сиениты - средне- и крупнозернистые породы с массивной и реже трахитоидной текстурой. Структура преимущественно порфировидная, равномернозернистая, пойкилитовая и пегматоидная. Минеральный состав этих пород для Центрального Алдана в целом, по данным Т.В.Билибиной [3], следующий: калинатровый полевой шпат - до 80 %, эгирин или эгирин-авгит - до 20 % и в меньших количествах альбит и биотит. Для Якокутского массива характерен несколько другой минеральный состав эгирин-авгитовых сиенитов: калиевый полевой шпат - до 85 %, эгирин-авгит - 5-10 %, альбит - до 5 %.

Щелочные трахиты - это породы порфирового облика с крупными порфировыми выделениями, состоящими преимущественно из калиевого полевого шпата, и мелкозернистой основной массой. Изредка в порфировых выделениях встречаются эгирин-авгит и биотит. Основная масса состоит из калинатрового полевого шпата и в очень небольших количествах из эгирин-авгита (авгита), биотита, плагиоклаза и кварца. Структура основной массы псевдопойкилитовая или псевдоофитовая.

Щелочноземельные авгит-роговообманковые сиениты представляют собой массивные средне- и крупнозернистые породы с гипидиоморфнозернистой, пойкилитовой, реже порфировидной или пегматитовой структурой. Для Якокутского массива характерен следующий минеральный состав этих пород: калиевого полевого шпата - до 65 %, плагиоклаза - до 15-20 %, щелочной роговой обманки - 10-12 %, авгита и биотита - 5-10 %, кварца - до 5 %. Из акцессорных минералов можно отметить магнетит, сфен, иногда гранат, циркон, апатит, флюорит. Акцессорные минералы совместно с мафическими могут образовывать гломеропорфировые скопления.

Таковы основные черты петрографии неизмененных магматических пород. Они несколько отличаются от аналогичных пород Шлымахского, Томмотского и ряда других массивов Центрального Алдана, описанных Е.А.Гиблиным [1, 2] С.М.Кравченко, Е.В.Власовой [5], М.П.Орловой [9] и имеют сходство с породами массива Рябиновый. Это выражается в более лейкократовом облике пород, повышенном содержании калиевого полевого шпата и общем дефиците в них нефелина.

Для процесса формирования Якокутского вулканоплутона, как и многих других массивов Центрального Алдана, характерна интенсивная гидротермальная деятельность. Она проявилась в развитии крупных зон гидротермально-метасоматических изменений как в породах самого массива, так и во вмеща-

щих, и образовании в пределах этих зон полнопроявленных метасоматитов: калишпат-серицитовых, амфибол-альбитовых и магнезиальных скарнов. Наиболее распространены первые из них.

Калишпат-серицитовые метасоматиты образуются по щелочным сиенитам, псевдо- и эпидейцитовым порфирам и, отчасти, щелочным трахитам. Наиболее сильно этот процесс проявлен в щелочных сиенитах. В калишпат-серицитовом метасоматозе можно выделить две стадии: щелочную и кислотного выщелачивания (Б.И.Омельяненко [8]).

На первой активно идет процесс калишпатизации, при этом образуются породы, называемые далее измененными щелочными сиенитами (калишпатитами). Отличить эти породы от неизмененных бывает довольно трудно, так как для последних характерно также довольно высокое содержание калишпата. В целом это щелочные сиениты с той же структурой, но отличающиеся от неизмененных разностей по минеральному составу. Так, калиевого полевого шпата в них содержится до 90-95 %, почти полностью отсутствуют мафические минералы и несколько повышено содержание акцессорных минералов.

В ходе процесса кислотного выщелачивания этих пород образуются калишпат-серицитовые метасоматиты. Для них характерна гипидиоморфнозернистая, реже мозаичная структура. Содержание калиевого полевого шпата уменьшается до 45-50 %, содержание серицита достигает 35-40 %, появляется до 15-25 % кварца. Состав и количество акцессорных минералов те же, что и в измененных щелочных сиенитах. Здесь следует отметить, что ранее не производилось какого-либо разделения этого процесса на стадии, и данные породы назывались обычно мусковитизированными (серицитизированными) сиенитами и ортоклаз-серицитовыми метасоматитами. При этом стадия калишпатизации (не обязательно образования ортоклаза, но и других калинатовых полевых шпатов) выпадала из поля зрения исследователей.

Геохимическая характеристика пород дается на основе приближенно-количественного спектрального анализа, проведенного в спектральной лаборатории кафедры геохимических и радиоактивных методов поисков ЛГИ (аналитик Н.А.Асташкина). Полученные данные обрабатывались по программе „*R*-фактор“ на ЭВМ „Минск-32“ в ЦИ ВСЕГЕИ.

Из неизмененных магматических пород наиболее бедны микроэлементами кварцевые порфиры. Содержание в них Zn , Cu , Ti , Ni и Mn существенно ниже, а содержание Pb сопоставимо с кларковыми для средних пород [4]. Содержания Ge , Co , Sn , V близки к кларку. Кварцевые порфиры несколько обогащены лишь Mo и существенно обогащены Bi , причем дисперсия их содержаний крайне незначительная.

Отмечается четкая корреляция (с 5-процентным уровнем значимости) между Ti - Ag - V - Sn - Ge , с этой же группой коррелируют (с 10-процентным уровнем значимости) Pb , Ni , Co .

Псевдо- и эпидейцитовые порфиры обогащены почти всеми микроэлементами, исключая Ti , Ge , Mn , содержания которых в 2-3 раза ниже кларковых, а также Zn и Ni . Если сравнивать эти цифры с данными по щелочным породам массива Рябиновый, то видно, что последние превосходят псевдо- и эпи-

лейцитовые порфиры только по содержаниям Ti и Mn . В сильно повышенных концентрациях находятся Bi , Pb , Sn , Cu , Mo и V , в меньшей степени породы обогащены Ag и Au . Для псевдо- и эпилейцитовых порфиров характерно наличие трех групп микроэлементов, внутри которых существует сильная корреляция; это $Bi-Zn-Pb$, $Cu-Co$, $Mn-V$. Эти связи установлены с уровнем значимости 10 %. С элементами этих трех групп более слабо (с уровнем значимости 5 %) коррелируют Ni , Ge , Ag .

Щелочные сиениты также характеризуются повышенными концентрациями микроэлементов. Так, содержания Bi , Mo , Ag , Au и Pb значительно превышают кларковые, а Cu , Sn и V несколько выше или сопоставимы с ними. Следует отметить, что содержания этих элементов в щелочных сиенитах массива Рябиновый почти такие же. Группу дефицитных микроэлементов составляют Ti , Mn , Ge , Co , Ni и Zn . В этих породах коррелируют между собой $Co-Ni-Mo$, $Mn-Pb-Ti$, $Cu-Sn$. Между элементами этих трех групп отмечается более слабая положительная корреляция с уровнем значимости 10 %.

Щелочные трахиты более бедны микроэлементами по сравнению с другими щелочными породами. Тем не менее, содержания в них Bi , Cu , Pb , Mo значительно выше кларковых, а Ag , Au , Sn и V сопоставимы, но несколько выше последних. В пониженных концентрациях находятся Zn , Ni , Co , Ge , Ti и Mn . Между элементами в целом наблюдается довольно слабая корреляционная связь. Единственная сильная положительная корреляция (коэффициент 0,92) неожиданно обнаруживается между Ni и Bi , которые входят в большую группу взаимно положительно коррелирующих (уровень значимости 10 %) элементов: $Ag-Cu-Ge-V-Ni-Bi-Mo-Ti-Mn-Co$. С этой группой отрицательно коррелируют с уровнем значимости 10 % Zn и Sn .

Щелочноземельные сиениты по содержанию микроэлементов близки к щелочным трахитам. Концентрации Bi , Mo , Sn и Ag превышают кларковые довольно значительно, а Au , Cu и Pb близки к ним, хотя и несколько выше. Породы обеднены Zn , Ni , Co , Ge , Ti и Mn . Отмечается довольно сложный характер корреляции между элементами. Выделяются две группы сильно положительно коррелирующих элементов: $Ge-Ti-Mn$ и $Pb-Ag-Bi$ и более слабо связанные с последними $Zn-Mo-Cu$. Между этими группами существует сильная отрицательная корреляция. Особое место занимает Ni , который отрицательно коррелирует с элементами той и другой групп.

Таким образом, можно отметить следующие характерные черты первичного (сингенетического) распределения элементов в рамках Якокутского массива.

1. Отмечается общая специализация пород массива на следующие элементы: Bi , Mo , Pb , Ag , Au , которыми в той или иной степени обогащены все породы массива.

2. По геохимическим особенностям, также как и по элементам геологического строения, Якокутский массив обнаруживает большое сходство с хорошо изученным массивом Рябиновый.

3. Наиболее богаты микроэлементами щелочные сиениты и их вулканические аналоги - псевдо- и эпилейцитовые порфиры, принадлежащие к одной лейцит-щелочносиенитовой субформации [7].

4. Полученные результаты по рудной специализации именно щелочных пород полностью согласуются с данными Г.К.Шнай и М.П.Орловой [10] по Илльмахскому массиву и расходятся с мнением других исследователей (С.М.Кравченко, Е.В.Власова [5]), которые золотое оруденение в алданской провинции связывают с формацией щелочноземельных пород.

Рассмотрим теперь поведение микроэлементов в ходе калишпат-серицитового метасоматоза. Как было сказано выше, он является самым распространенным в пределах Якокутского массива гидротермально-метасоматическим процессом и, следовательно, во многом определяющим эпигенетическое перераспределение элементов.

При калишпатизации (на первой стадии процесса) накапливаются Pb, Bi, Cu, Ag, Au , в меньшей степени Mo , ведут себя инертно (очень слабо накапливаются или выносятся) $V, Ni, Ge, Ti, Mn, Sn, Zn, Co$. При этом корреляция между элементами приобретает совершенно другой характер, чем в неизмененных породах: между выделенными группами элементов существует слабая отрицательная корреляция, а внутри них - четкая положительная.

Вышеизложенное иллюстрируется диаграммой факторных нагрузок (рис.1, а). Первый фактор определен как степень калишпатизации. Группы элементов образовали "диполь", вытянутый по направлению оси первого фактора, причем соответственно элементы первой группы имеют большие значения нагрузок на первый фактор, а второй - располагаются в области нулевых значений.

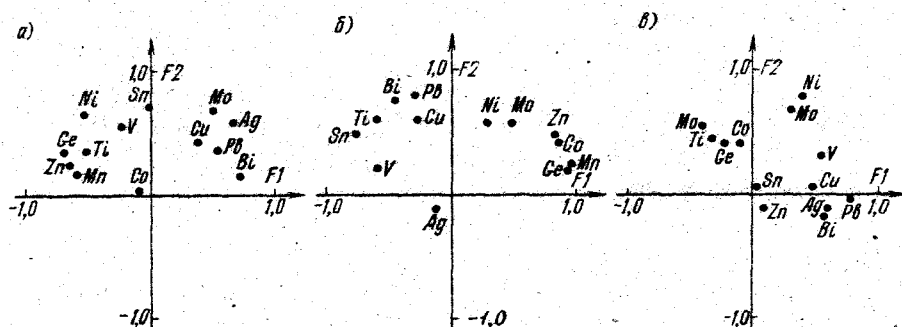


Рис.1. Диаграммы факторных нагрузок: а - для неизмененных щелочных сиенитов (вес первого фактора $\omega F1 = 26,2$; вес второго фактора $\omega F2 = 21,0$); б - для калишпат-серицитовых метасоматитов ($\omega F1 = 39,5$; $\omega F2 = 26,2$); в - для щелочных сиенитов разной степени изменения ($\omega F1 = 19,1$; $\omega F2 = 15,8$)

В процессе серицитизации в поведении элементов прослеживаются другие тенденции. Для сравнения на рис.1, б приведена факторная диаграмма для калишпат-серицитовых метасоматитов. Здесь первый фактор определен как степень серицитизации, и можно видеть, что группы элементов практически поменялись местами по сравнению с положением на рис.1, а.

При серицитизации группу привноса составляют Zn, Co, Mn, Ge, V , а группу инертных элементов $Sn, Ti, Pb, Ag, Au, Cu, Bi, Mo$. Следует отме-

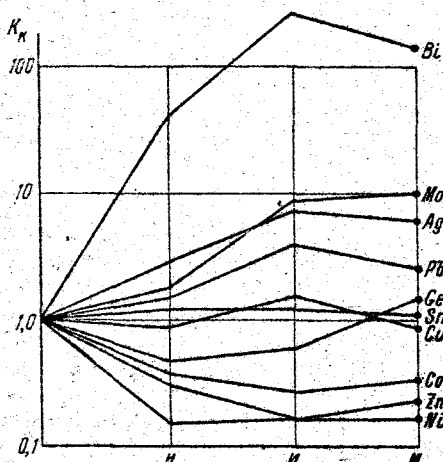


Рис. 2. Тенденции поведения микроэлементов в ходе калишпат-серпентитового метасоматоза.

По оси абсцисс указана степень изменения:
 n - до 20 % новообразования; и - 40-60 %;
 м - более 60 %

тять, что среди последних есть элементы, содержание которых как возрастает, так и убывает в ходе процесса кислотного выщелачивания, но эти различия в концентрациях являются незначительными. Внутри вышеупомянутых групп (привноса и инертных) существует устойчивая корреляция между элементами, а между группами - отрицательная. Теперь приведем факторную диаграмму для группы пород, включающей все щелочные сиениты разных степеней изменения (рис. 1, в). Можно утверждать, что горизонтальная ось на ней соответствует степени калишпатизации пород, а вертикальная - серпентитизации. Эта диаграмма наиболее наглядно иллюстрирует наличие двух групп элементов, каждая из которых активна на одной из ста-

дий процесса и пассивна на другой. Причем представляющая интерес группа элементов-спутников золота (для данного массива): Bi, Ag, Pb, Cu и, отчасти, Mo, определенно связана с процессом калишпатизации.

Подводя итог можно сказать, что изучение геохимических особенностей сингенетического распределения и эпигенетического перераспределения элементов в породах Якоутского массива позволяет сделать некоторые выводы о перспективности данного района. Ввиду того, что процесс калиевого метасоматоза ведет к дальнейшей концентрации тех же элементов, которыми обогащены неизмененные щелочные породы (рис. 2), создаются предпосылки для образования промышленного оруденения. Наибольший интерес при поисковых работах должны представлять площади развития щелочных сиенитов, псевдо- и эпидейцитовых порфиров. Среди них самыми перспективными представляются зоны измененных щелочных сиенитов (калишпатитов), так как именно они могут вмещать рудную минерализацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Билябин Ю.А. Петрология Ылыммахского интрузива. М., Гостеолтехиздат, 1947.
2. Билябин Ю.А. Петрография Алдана. Посленюрские интрузии Алданского района. В кн.: Избранные труды, М., изд. АН СССР, 1958. Т. 1.
3. Билябина Т.В., Дашкова А.В., Доников В.И. и др. Петрология щелочного вулканогенно-интрузивного комплекса Алданского щита. Л., Недра, 1967.

4. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. - Геохимия, 1962, № 7.
5. Кравченко С.М., Власова Е.В. Щелочные породы Центрального Алдана. М., изд. АН СССР, 1962.
6. Максимов Е.П. Естественные ассоциации мезозойских изверженных пород Алданского щита. Автореферат кандидатской диссертации. Новосибирск, ин-т геологии и геофизики, СО АН СССР, 1973.
7. Максимов Е.П., Угрюмов А.Н. Мезозойские магматические формации Алданского щита. - Советская геология, 1971, № 7.
8. Омеляненко Б.И. Околорудные гидротермальные изменения пород. М., Недра, 1978.
9. Орлова М.П. Формация щелочных базальтоидов и лейцитифиров, щелочных габроидов, псевдолейцит-нефелиновых сиенитов. - В кн.: Магматические формации СССР. Л., Недра, 1979. Т. 1.
10. Шнай Г.К., Орлова М.П. Новые данные по геологии и золотоносности Ыллымахского массива (Центральный Алдан), - Геология и геофизика, 1977, № 12.