

УДК 550.4:553.411

© А.Д.Чернова, Н.Н.Шатагин, 2013

## НЕКОТОРЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЕКУРА, ЧУКОТСКИЙ АВТОНОМНОЙ ОКРУГ

А.Д.Чернова, Н.Н.Шатагин (МГУ им. М.В.Ломоносова)

*Обсуждаются геохимические особенности руд золоторудного месторождения Кекура. Приведены данные исследования геохимических спектров золоторудных жил, показано распределение химических элементов во вмещающих породах и рудах, а также по классам содержаний золота, выделены геохимические ассоциации элементов.*

*Ключевые слова: геохимические особенности, золото.*  
Чернова Александра Дмитриевна, [a.d.chernova@gmail.com](mailto:a.d.chernova@gmail.com), Шатагин Николай Николаевич, [shatagin@geol.msu.ru](mailto:shatagin@geol.msu.ru)

## GEOCHEMICAL FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF ELEMENTS IN GOLD DEPOSIT KEKURA, THE CHUKOTKA AUTONOMOUS DISTRICT

A.D.Chernova, N.N.Shatagin

*The geochemical features of ore in gold deposit Kekura are discussed. There are also presented the data of the geochemical spectra of gold veins. Moreover, the distribution of chemical elements are analyzed both in the host rocks and ores, and in the classes of gold contents. Finally, geochemical associations of the elements are highlighted.*

*Key words: geochemical features, gold mineralization.*

Месторождение Кекура находится в Билибинском районе Чукотского автономного округа Российской Федерации. Геологическое изучение района началось с проведения геолого-съёмочных работ в 60-х годах прошлого века. Наиболее результативными были работы С.П.Глотова (1995 г.), В.А.Шеховцева (2001 г.), в результате которых охарактеризовано с современных геодинамических позиций геологическое строение площади и выявлены рудопроявления кварцево-жильного типа на участках Кекура, Гонч, Бонд, Закол и Забытый. Установлена высокая перспективность Коральвеевского рудно-россыпного узла, рудных полей Кекура, Бонд и Гонч,

дана оценка прогнозных ресурсов категории  $P_2$  перечисленных рудопроявлений. В ранг месторождения Кекура переведено по данным поисково-оценочных работ 2004–2008 гг. (В.И.Уютов, С.В.Седенко, Б.А.Пятков и др., 2009 г.) в пределах Коральвеевского рудного узла, входящего в состав Стадухинского рудно-россыпного района.

Месторождение располагается в пределах линейно вытянутой в северо-западном направлении Южно-Ануйской структурно-фациальной зоны, приурочено к центральной части Кекурского интрузивного массива площадью ~13 км<sup>2</sup>. Интрузия имеет штокообразную форму с крутыми контактами

ми, падающими от центра. Наблюдаются признаки кольцевого строения массива. Его периферия сложена кварцевыми диоритами первой фазы внедрения, основной объем составляют кварцевые монцодиориты (и монцониты) и сменяющие их в центральной части гранодиориты соответственно второй и третьей фаз внедрения (С.П.Готов, 1995 г.). Массив вмещают интенсивно тектонизированные верхнетриасовые флишоиды устиевской толщи, а также верхнеюрские и нижнемеловые терригенные и вулканогенно-терригенные породы (В.И.Уютов, С.В.Седенко, Б.А.Пятков и др., 2009 г.).

Положение месторождения контролируется узлом пересечения разрывных структур ортогонального и диагонального направлений. Рудоносны зоны наиболее ранних разрывных нарушений северо-западного-субширотного направления, маркированные дайками лампрофинов. Последние формируют серию сближенных пологих ( $15-40^\circ$ ) тектонических пластин, группирующихся в полосе шириной до 200 м, названной «рудная зона Пологая» (В.И.Уютов, С.В.Седенко, Б.А.Пятков и др., 2009 г.).

Рудовмещающие породы интенсивно березитизированы и представлены метасоматитами карбонат-полевошпат-слюдисто-кварцевого состава с мелкой вкрапленностью сульфидов, образовавшимся за счет березитизации гранитоидов, а также в значительно меньшей степени лампрофирами диоритового ряда. Основные породообразующие минералы метасоматитов — кварц, полевые шпаты различного состава, карбонаты, слюды, среди которых преобладают мусковит и гидромусковит, в резко подчиненном количестве присутствуют биотит, хлорит, каолинит и амфиболы. Хлорит образовался при изменении биотита и амфиболов, серицит и каолинит — продукты разрушения полевых шпатов (по данным исследований ООО «НВП Центр-ЭСТАгео»). Среди рудных минералов преобладают арсенопирит и пирит, в редких случаях отмечаются халькопирит, пирротин, герсдорфит, гидроксиды железа и самородное золото. Акцессорные минералы — магнетит, эпидот, рутил, шеелит, апатит и фосфаты РЗЭ.

Известно, что оруденение в березитах относится к сопряженному типу, но локализация любых руд закономерно связана с горизонтальной и вертикальной метасоматической зональностью. Богатые руды, как правило, приурочены к внутренней зоне метасоматической колонки в участках максимальной ее мощности. Рудные тела могут находиться и вне пределов внутренней зоны, но всегда сосредоточены внутри зонального ореола березитизации [3]. Таким образом, рудная минерализация во всех случаях приурочена к центральной зоне полно проявленных березитов и является наиболее поздним чле-

ном метасоматической зональности, т.е. продуктом завершающих стадий эволюции метасоматической системы. В первом приближении контурами рудного тела можно считать геологическую границу зоны полно проявленных березитов (В.И.Уютов, С.В.Седенко, Б.А.Пятков и др., 2009 г.). По классификации из работы [2] месторождение Кекура — жильное золото-кварцевое малосульфидное.

По данным работы [1], температура гомогенизации включений изменяется от 270 до 230°C. Судя по небольшому содержанию  $\text{CO}_2$  во флюиде (не более 2 мол. %), давление при консервации включений не превышало 200 бар, что соответствует глубинам 1–2 км от палеоповерхности.

По материалам поисково-разведочных работ 2004–2008 гг. (В.И.Уютов, С.В.Седенко, Б.А.Пятков и др., 2009 г.) авторами сделана попытка проанализировать распределение химических элементов во вмещающих породах и рудах. Обработаны данные анализов ~1500 проб на содержание 18 элементов: Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Co, Mo, Sn, Mn, W, Bi, As, Sb, Be, Ba и Li. К сожалению, сведения о содержании перечисленных выше 18 химических элементов в литературных источниках оказались доступны только в сгруппированном виде — как средние значения, рассчитанные для восьми классов содержаний Au, г/т: <0,1 (512 проб), 0,1–0,5 (142), 0,5–1,0 (62), 1–2 (224), 2–4 (185), 4–16 (127), 16–64 (47), >64 (25). При имеющемся количестве проб средние содержания по классам (и другие описательные статистики) вызывают доверие, но выводы в отношении геохимических ассоциаций можно сделать лишь обобщенные. Тем не менее, набор данных позволил проанализировать распределение химических элементов как по вмещающим породам и рудам, так и по классам содержаний золота.

Геохимический спектр золоторудных жил месторождения относительно средних содержаний химических элементов в кислых породах [по 4] отражен в таблице. Видно, что для вмещающих пород и руд характерны высокие содержания Au, Ag, Sb, W, As, Cr. Превышают фоновые значения содержания Bi, Mo, Sn, Cu и Ni (рис. 1).

Обогащение некоторыми химическими элементами вмещающих пород по мере увеличения степени их метасоматической переработки проиллюстрировано на рис. 2. Содержания химических элементов в гранодиоритах (породах неизмененного субстрата) принимаются нами за фон. В ряду березитизированные гранодиориты → березиты → кварцевое ядро наблюдается резкое увеличение концентраций, в первую очередь, Au, As, W. Их количество равномерно возрастает по мере приближения к кварцевым жилам, что подтверждает вывод о приуроченности

богатых руд к внутренней зоне метасоматической колонки. Содержания Cr, Sb, Sn, Mo, Be увеличиваются, начиная с березитов, а Bi и Ag — только в кварцевом ядре. Содержания Ba и Co, напротив, обратно пропорциональны степени метасоматической переработки. По мере приближения к кварцевому ядру они уменьшаются.

Богатые руды по сравнению с рядовыми на 2–3 порядка обогащены Au, Sb, Pb, Ag, Cr, W, As, Bi. При переработке золотосодержащих руд необходимо будет учесть высокое содержание в них вредных примесей — As и Sb.

По материалам поисково-разведочных работ (В.И.Уютов, С.В.Седенко, Б.А.Пятков и др., 2009 г.) для проанализированных 18 элементов были построены линейные графики зависимости от классов содержаний Au в кварц-золоторудной зоне месторождения Кекура. Тесную положительную связь имеют Au, Ag и Pb (рис. 3, а). Таким образом, чем богаче кварцевая жила золотом, тем она одновременно богаче серебром и свинцом. Отношение содержаний Au и Ag (коэффициент Ag/Au) обнаруживает обратную зависимость, его величина уменьшается по мере увеличения содержания Au (см. рис. 3, б).

Анализ распределения содержаний других элементов показывает, что менее отчетливую

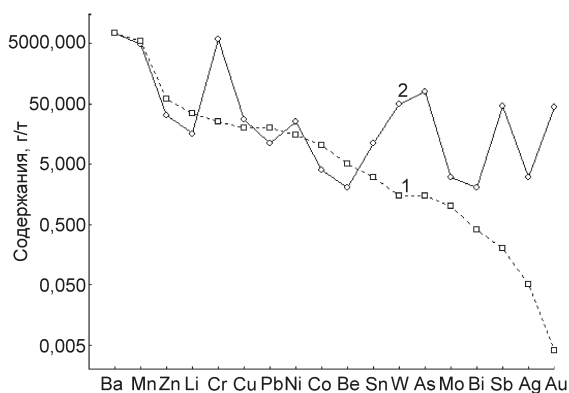


Рис. 1. Геохимический спектр распределения элементов в породах месторождения Кекура (в логарифмической шкале):

1 — среднее содержание, г/т; 2 — средние содержания элементов по результатам опробования, г/т

#### Основные описательные статистики содержаний химических элементов в кварцевых жилах месторождения Кекура, г/т

Элементы	Число значимых проб	Среднее	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение
Ba	1323	742,35	636,36	855,25	79,52
Cr		585,56	115,30	1076,56	383,92
Mn		472,79	336,00	545,59	66,37
As		78,31	21,67	127,36	33,19
W		49,72	20,44	97,36	28,48
Sb	1295	44,97	8,99	146,79	50,64
Au		43,42	0,03	303,74	105,70
Zn		32,30	23,12	40,49	7,21
Cu		26,94	15,40	36,26	7,75
Ni		24,70	15,56	35,50	7,40
Li		15,63	0,23	25,66	10,30
Pb		11,34	3,74	48,34	15,06
Sn		10,71	6,43	14,33	3,17
Co		3,93	2,16	7,83	2,03
Mo		3,23	1,29	4,80	1,20
Ag	1323	3,19	0,50	18,48	6,25
Bi		2,19	0,83	5,11	1,64
Be		1,85	1,04	2,65	0,67

положительную связь с Au имеют Cr, Sb и Bi (см. рис. 3, в). Аналогичную тенденцию к росту содержаний элемента по мере обогащения руды Au проявляют также Be, W, Sn и As. Для шести изученных элементов (Li, Ni, Cu, Mo, Zn и Mn) характерны большие разбросы содержаний в сравнении с изменениями концентраций Au. Обратные взаимоотношения с содержаниями Au проявляют Co и Ba. Их содержание заметно снижается при росте концентраций Au (рис. 3, г).

Содержания 18 элементов в 1337 пробах по материалам поисково-разведочных работ были обра-

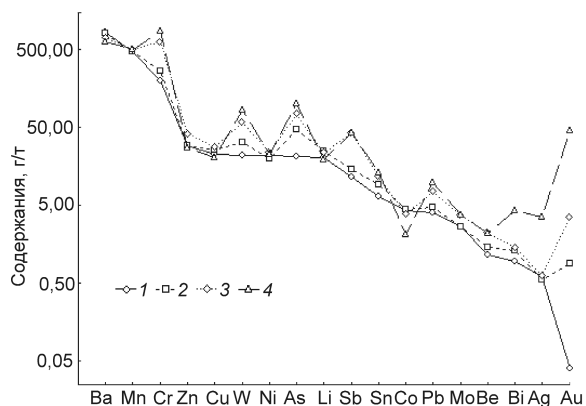


Рис. 2. Геохимические спектры содержаний химических элементов в породах (в логарифмической шкале):

1 — гранодиориты; 2 — березитизированные гранодиориты; 3 — березиты; 4 — кварцевое ядро

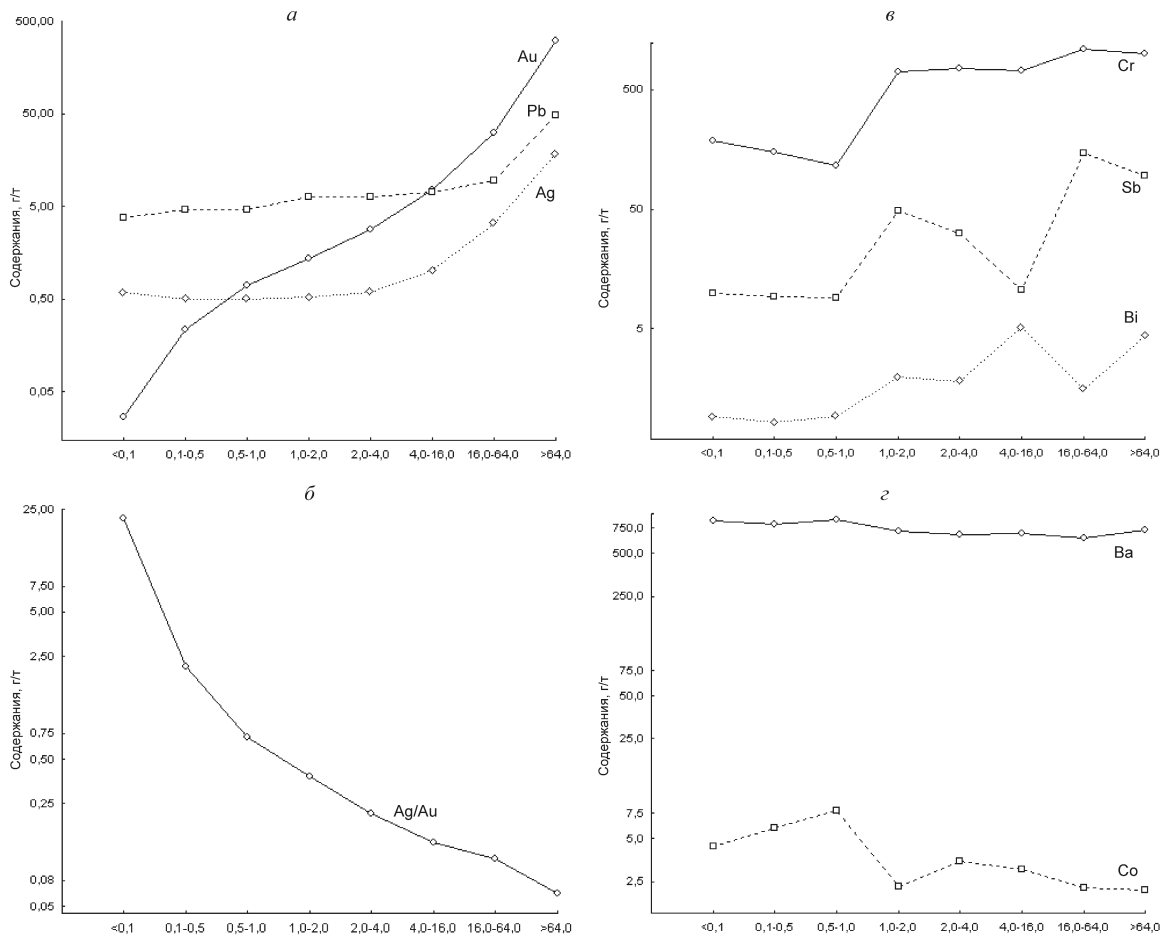


Рис. 3. Зависимость средних содержаний элементов от концентраций Au (в логарифмической шкале):

*a* — Au, Ag, Pb; *б* — отношение Au/Ag; *в* — Cr, Sb, Bi; *г* — Co, Ba

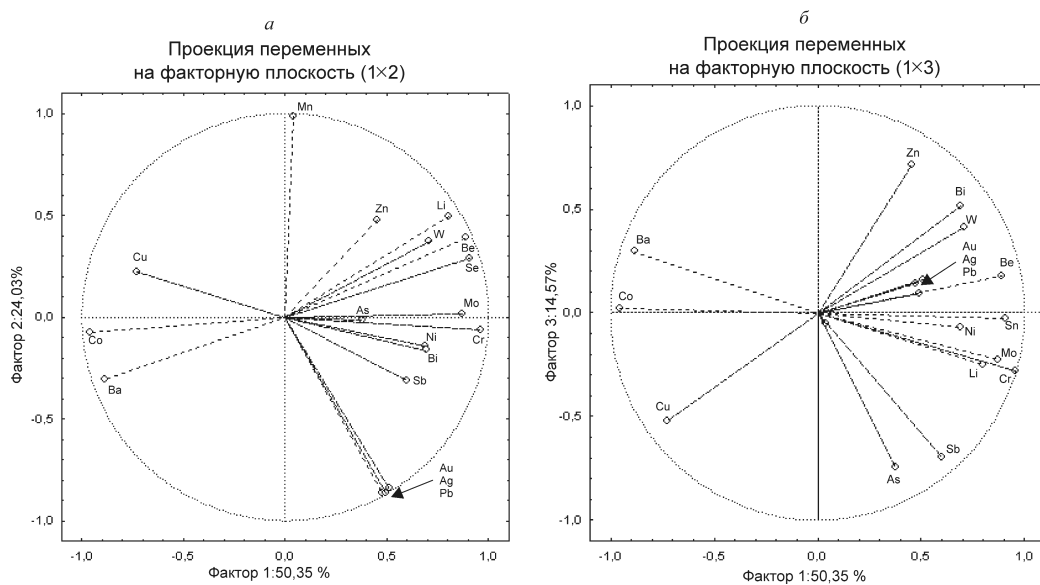


Рис. 4. Результаты факторного анализа:

*a* — плоскость факторов 1, 2; *б* — плоскость факторов 1, 3

ботаны с помощью модуля «метод главных компонент» пакета прикладных программ Statistica 6.0 с целью визуализации многомерной выборки. Четко выявились три основных фактора, на долю которых приходится 89% всей изменчивости многомерной совокупности (на 1-й фактор — 50,35, на 2-й — 24,03, на 3-й — 14,57% изменчивости). На 2-мерных проекциях в координатах 1–2, 1–3 и 2–3 факторов попарно были нанесены точки, соответствующие положению проанализированных химических элементов. С применением факторного анализа выполнена интерпретация основных взаимосвязей между переменными. Наиболее тесная связь проявилась у Au, Ag и Pb, образующих практически единую линию на графике с изображением плоскостей 1–2 и 1–3 факторов (рис. 4, а, б). Элементы Co, Ba и Cu на обоих графиках занимают отличные от остальных элементов позиции.

Можно сделать предварительные выводы о геохимических ассоциациях руд месторождения. В рудах месторождения Кекура намечаются три геохимических ассоциации: геохимическое ядро кварцево-жильных руд представлено Au, Ag и Pb; дополнительными по тесноте связи с золотом и геохимически значимыми являются Sb, Bi и Cr, а

также связанные с ними и с Au чуть менее тесно Be, W, Sn, Ni и As. Эта ассоциация может быть названа гранитоидной; отдельно стоит отметить ассоциацию Co и Ba, отрицательно коррелируемую с золотом. Для довольно большой группы элементов (Li, Cu, Mo, Zn, Mn) характерна сильная изменчивость содержаний и отсутствие заметных корреляций с содержаниями других элементов, в первую очередь, с Au.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Двуреченская С.С., Кряжев С.Г., Нургалиев Г.Н., Елманов А.А.* Минералогические особенности золоторудного месторождения Кекура (Чукотка) // Мат-лы Годичной сессии Российского минералогического общества. 2007. С. 23–26.
2. *Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф.* Золоторудные гиганты России и мира. – М.: Научный мир, 2000.
3. *Метасоматизм и метасоматические породы* / Под ред. В.А.Жарикова, В.Л.Русинова. – М.: Научный мир, 1998.
4. *Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200 000 (Приложения)* / А.А.Головин, Н.Н.Москаленко, А.И.Ачкасов и др. – М.: ИМГРЭ, 2002.