

УДК 552.3:550.4:550.42:550.93

**ЗОЛОТОНОСНЫЕ ЩЕЛОЧНЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ****Гусев А.И.**

*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина,  
Бийск, e-mail: anzerg@mail.ru*

В статье приведены сведения о золотоносности щелочных и ультрабазит-базитовых щелочных комплексов. Впервые обращено внимание на золотоносность карбонатитовых комплексов. Приведены данные о золотоносности шошонитовых и щелочных лампрофировых комплексов. Основными геолого-промышленными типами оруденения указанных комплексов являются жильные, жильно-штокверковые, порфиро-вые мезотермальные, скарновые, а также эпимермальные золото-серебряно-теллуридные месторождения. Золото выявлено в комплексных месторождениях кобальт-медно-никелевых (типа Блэкбёд), ортомагматических платиноидных в «аласкинском» типе ультрабазитов, в железо-оксидном медно-золоторудном классе месторождений типа Олимпик Дам и других.

**Ключевые слова:** щелочные ультрабазитовые комплексы, карбонатиты, жильные мезотермальные месторождения, эпимермальные месторождения, скарны, золото

**AURIFEROUS ALKALIC MAGMATIC COMPLEXES****Gusev A.I.**

*The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Information about auriferous alkalic and ultrabasic-basic alkalic complexes lead in paper. Auriferous of carbonatites complexes direct attention for the first time. Data about auriferous of shoshonitic and alkalic lampfires complexes lead in paper. The basic geology-industrial types of gold mineralization are lodes, lode-stockwork, porphyritic mezothermal, skarns and epithermal gold-silver-tellurides deposits so. Gold discovered in the complexes deposits of cobalt-copper-nickel (Blackbird type), orthomagmatic platinum in the «alaskin» type ultrabasic,in the iron-oxide copper-gold class deposits type of Olympic Dam and other.

**Keywords:** alkalic ultrabasic complexes, carbonatites, lode mezothermal deposits, epithermal deposits, skarns, gold

Обычно золото связано с известково-щелочными магматитами нормальной щёлочности. Однако, в силу многообразных свойств золота выявлены и различные типы золотого оруденения, связанные с щелоч-

ными и ультрабазит-базитовыми щелочными магматическими комплексами. Краткая характеристика этих комплексов и связанные с ними типы золотого оруденения приведены в таблице.

**Характеристика щелочных комплексов, с которыми связано золотое оруденение**

Ассоциации породных типов щелочных комплексов	Описание	Ассоциированные месторождения золота	Примеры	Литературные источники
1	2	3	4	5
Сиенит-пироксенит-ийолит-карbonатитовая ассоциация	Типично кольцевой зональный комплекс с сиенитовой внешней зоной, сменяющей внутрь пироксенитами, ийолитами и карбонатитами	Карбонатитовые вмещающие порфировые Au-Ag-PGE-Au (Zr, Ti, Fe, U, Th, Nb, REE < апатит, вермикулит)	Люлекоп (Африка)	Verwoerd, 1986; Eriksson, 1989; Groves, Vielreicher, 2001
Сиенит-карбонатитовые дайки	Линейные малые тела и дайки сиенит-карбонатитов и карбонатитов	Карбонатитовые жильные тела Au-Fe-REE	Вэллэби (Австралия)	Stoltze, 2004
Оливинит-ийолит-мелтьейгит-нефелиново-сиенит-карбонатитовая ассоциация	Многофазный зональный интрузив центрального типа с малинитами и нефелиновыми сиенитами по периферии, сменяемые внутрь турьятами, ийолитами и пироксенитами, оливинатами и карбонатитами в центральной части	Апатит-форстерит-магнетитовые, пирохлоровые, поздние сульфидные с Au и платиноидами	Ковдор (Россия)	Рудашевский и др, 1995

## Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Щёлочно-карбонатитовые комплексы	Мелкие тела габброидов и щёлочных габброидов и сиенитов; предполагается скрытый pluton щёлочных габброидов, сиенитов:	Магнетит-гематитовые брекчевые руды с бастнезитом, флогопитом, Fe-Ti-Cr-Nb, Au- с сульфидами, флюоритом, монацитом	Баян Обо (Китай)	Drew et al., 1990; Smith, Chengyu, 2000
Шошонитовые лампрофиры (минетты, вогезиты, керсантиты, спессартиты, апиниты, кенталлениты)	Встречаются в виде дайковых поясов	Эптермальные (?) Au-Ag теллуридные в брекчевых трубках и жилах; Золото-теллуридно-скарновые залежи  Кварц-Ау жилы в архейских сдвиговых зонах	Уайтхолл (Голден Санлайт) (США); Чойское (Горный Алтай)  Кирклэнд Лэйк (Канада)	Porter, Ripley, 1985;  Гусев, 2012;  Wyman, Kerrich, 1988; 1989
Щёлочные лампрофиры (камптониты, мончикиты, санниты)	Серии лампрофировых даек	Эптермальные Au-Ag теллуридные кварцевые жилы	Крипл Крик (США)	Loughlin, 1927
Ультрамафитовые лампрофиры	Серии даек, секущих зональные карбонатитовые комплексы	Co-Cu-Ni-Au типа Блэкбёд	Кобальтовый пояс Айдахо (США)	Hughes, 1983
Аляскинский тип ультрамафитовых комплексов	Зональные слоистые комплексы и неслоистые ультрамафит-мафитовые комплексы; могут включать от ядра к периферии: дунит-перидотит-пироксениты (горнблендиты) – габбро; поздние габбро-сиенитовые пегматиты с периферическими ореолами гидротермальных изменений	Ортомагматические PGE ( $\pm$ Au, Ag) месторождения, ассоциированные с хромитами и (или) Ti-V-магнетитовые залежи; аналоги PGE зональным месторождениям ультрамафит-мафитовых комплексов уральского типа в России; Ортомагматические хромитовые слоистые сегрегационные и подиморфные залежи в ультрамафитовых породах	Туламин (Канада) и многочисленные проявления на юго-востоке Аляски и в Британской Колумбии;	Nixon, 1988;
Ультрамафито-фельзнические зональные комплексы	Зональные комплексы расслоенных и неслоистых ультрамафитов, мафитов и фельзнических пород, которые могут включать от ядерной части к периферии: дунит-перидотит-пироксенит-шошканиты-габброиды-сиениты; поздние стадии представлены щёлочными пегматитами и альбититами	Магматически-гидротермальные Cu-PGE (Ni, Au) рассеянные сульфидные образования	Юнион Бэй (США)	Taylor, Noble, 1969
Фонолит-щёлочносиенитовые, шонкинит-щёлочно-никритовые и трахит-сиенитовые комплексы	Многофазные кольцевые щёлочные вулканические и субвулканические массивы фонолитов, щёлочных трахитов, интрузивных тел малиньитов, шонкинитов, нефелиновых и эгириновых сиенитов и пуласкитов;	Гидротермальные комплексные кварц-Ау-редкометалльно-сульфидные штокверки с Mo, Cu, PGE	Рябиновое (Центральный Алдан, Россия)	Кочетков, 1993; Коваленкер и др., 1996; Кочетков и др., 1998

## Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
	сложные дайковые комплексы тингуитов, сиенит-порфиров, бостонитов, сельвсбергитов, грорудитов, пикритов, шонкинит-пикритов, минетт, лимбургитов.			
Ультрафито-вые щелочные пироксенит-шонкинитовые комплексы в ассоциации с комагматическими вулканическими вулканическими трахибазальтовой формации	Кольцевые массивы пироксенитов-шонкинитов от ранних пироксен-биотит-ортоклазовых до поздних ортоклазовых шонкинитов	Порфировые прожилково-вкрашенные Au-Cu-PGE месторождения	Кирганикское (Камчатка, Россия)	Звездов, 1997
Мафические до фельзических фельдшпатоид-содержащие сиенит-фонолитовые ассоциации	Плутонические до вулканических ассоциации мафических до фельзических фоидид-содержащие (нефелин, нормативный лейцит) сиениты или фонолиты; фельзические члены могут быть пералкалиновыми; средне- до высоких концентраций $\text{CO}_2$ и (или) F; обычны лампрофиры; мафические и фельзические члены этих ассоциаций обогащены Ba, Nb, Rb, LREE, Sr, Th, U, Zr относительно среднего щелочного базальта	Эптермальные теллуридные Au-Ag кварцевые жилы в субвулканических комплексах	Крипл Крик (США)	Loughlin, Koschmann, 1935; Fears et al., 1986
Щелочные ультрамафит-габроидные комплексы	Кольцевые интрузивы с габбро-пироксенитами, тералитами, мельтейгитами, ийолитами, уртитами, нефелиновыми сиенитами, ювитами, берешитами	Восстановленное порфировое вкрашенное Au-PGE оруденение	Кия-Шалтырское	Сazonov и dr., 1996; Сazonov и dr., 1999
Шошонитовые ассоциации	Ассоциации щелочных пород мафических до средних; базальтовые члены близки к насыщению (нормативные кварц или нефелин менее 5 вес. %) и высокие содержания $\text{Al}_2\text{O}_3$ (14-19 вес. %); высокие суммарные содержания щелочей ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 5\%$ ); Высокое отношение $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O} > 1$ ; низкое содержание $\text{TiO}_2$ (< 1%); обогащенность Ba, Sr, Rb, LREE, Cu, PGE; часто высокие содержания $\text{CO}_2$ и F	Порфировые комплексные Cu-Ag-PGE-Au месторождения  Порфировые золотые месторождения  Эптермальные кварцевые теллуридные Au-Ag месторождения  Эптермальные Au-Ag	Аллард Шток (США) Симилкамин (Канада) Матачеван (Канада) Бэсси Голд Майн (США) Эмперор Майн (Фиджи) Поргера, Ладолан (Папуа Новая Гвинея)	Werle et al., 1984; Fahrni et al., 1976; Sinclair, 1982; Saunders, May, 1988; Ahmad et al., 1987; Solomon, 1990

## Окончание таблицы

1	2	3	4	5
Пералкалиновые гранит-сиенит-габбровые ассоциации (эквиваленты габбро-анортозит-сиенит-калиевым гранитам по Barker et al., 1975)	Плутонические комплексы, характеризующиеся пералаалиновым (часто фаялит-содержащим) гранитам-сиенитам-монцонитам – щелочным габброрадам – ( $\pm$ анортозитам) – известково-щелочным гранитам Вулканические комплексы, характеризующиеся пералкалиновыми риолитами-трахитами-трахибазальтами-исландинтами	Железо-оксидный медно-золоторудный класс месторождений типа Олимпик Дам. Комплексные руды $Fe\pm(Cu, Au, Co, Ni, U, REE$ в гематитовых и магнетитовых брекчиях. Эптермальные Au (Ag-Hg) месторождения	Олимпик Дам (Южная Австралия) Пи Ридж (США) Хог Рэнч (США)	Reeve et al., 1990; Nuelle et al., 1991; Harvey et al., 1986
Бостониты	Гипабиссальные фельзитические кремний пересыщенные щелочные калиево-полевошпатовые породы с трахитовыми структурами; на ТАСС диаграмме ( $SiO_2 - Na_2O + K_2O$ ) локализуются между 60 и 72 мас. % $SiO_2$ ; характерны высокие концентрации несовместимых элементов (Mo, Nb, Th, U, W, Zr и другие), F, $CO_2$ и структурированная вода ( $H_2O^+$ ); высокие отношения $Fe_2O_3/FeO$ ; встречаются в ассоциации с широким спектром щелочных пород, включая шошонитовую ассоциацию, пералкалиновые гранит-сиенит-габбровые ассоциации и ультрамафические фойдит-содержащие сиенит-фонолитовые ассоциации; возможны продукты высоко фракционированных, летучими насыщенными щелочными магматическими флюидаами, которые ассимилированы коровыми вмещающими породами	Эптермальные Au-Ag (теллуридные) жилы и брекчевые месторождения Порфировые Mo штокверки в кварцевых сиенитах с Au	Рудное поле Боулдер Каунти, США Джемстоун и Централ Сити, Колорадо, США	Saunders, 1991 Gable, 1984

**Ортомагматические комплексные золотоносные месторождения** образуют согласные и дискордантные месторождения платиноидов и золота, как несмешивающиеся сульфиды и глобулы металлических сплавов, обычно ассоциирующие с хромитом, магнетитом. Он встречаются в следующих комплексах:

1. В Аляскинском типе ультрабазитов и в других зональных или расслоенных ультрамафит-мафитовых комплексах.

2. В Инаглинском типе и других зональных или расслоенных ультрамафит-фельзических комплексах.

Дискордантные и слоистые ортомагматические месторождения рассеянных до массивных медно-никелевых сульфидных тела с кобальтом, PGE, золотом в слоистых или зональных щелочных комплексах.

**Магматически-гидротермальные месторождения** представлены благородными металлами с медью и железом ( $\pm$  никель,  $\pm$  мышьяковистые сульфиды) (IOCG класс месторождений и другие типы) формировались в процессе становления щелочных plutонов из высокотемпературных и высоко солёных флюидов.

Магматически-гидротермальные месторождения включают подтипы:

1 – Медно-золото-порфировые месторождения, связанные с шошонитовыми сиенит-монцонит-диоритовыми плутонами (например, Симилкамин в Британской Колумбии; Аллард Шток в Колорадо), или с зональными пироксенит-сиенит-карбонатовыми комплексами (например, Люлекоп, Палабора, Африка; Вэллэби Австралия; Баянь-Обо, Китай). В этой группе образуются медные месторождения с благородными металлами в штокверках, рассеянной вкрапленности, кварцевых жилах, пегматитах, эндоскарнах и экзоскарнах; для них характерны относительно высокие содержания сульфидов в рудах и преобладание меди над серебром и золотом и  $\pm$  PGE.

2 – Золото-порфировые месторождения в связи с окисленными и карбонатизированными относительно фельзическихими сиенитовыми плутонами. Для них характерны микровключения золота в пиритах, рассеянная вкрапленность, штокверки и жилы; золото  $\geq$  серебро; рассеянные количества халькопирита  $\pm$  молибденита  $\pm$  шеелита  $\pm$  галенита  $\pm$  гематита. Примеры: Янг-Дэвидсон и Матачеван Консолидейтид месторождения в Онтарио.

3 – Платиноидные  $\pm$  золото  $\pm$  серебро в рассеянной и сегрегированной формах в медно-никелевых сульфидных концентрациях в краевых зонах щелочных плутонов. Примеры: Комплекс Голдвэлл, Онтарио; Сапфо, Британская Колумбия; Комплекс Аверил (рудное поле Франклайн), Британская Колумбия.

4 – Золото-серебро-содержащие массивные метасоматические и рассеянные вкрапленные железо-, мышьяк- и медно-сульфидные рудные тела в карбонатных породах по периферии щелочных плутонов; такие месторождения подразделяются на чисто золотые экзоскарны (месторождения Юдит и Литл Бэлт Маунтин, Монтана) и на массивные золото-серебро-содержащие пирит-замещённые тела (месторождения Дойль Групп, Ла Плата Маунтин, Колорадо и другие).

5 – Смешанные (комплексные) благороднометалльные месторождения в дайках, жилах штокверках и плутоно-связанных брекчийных трубках взрыва; они могут быть чисто благородно-металльными или благородно-металльными в ассоциации с медными и полиметаллическими сульфидами; многие месторождения имеют при-

знаки переходных от магматически-гидротермальных к эпигермальным системам.

Изучению генезиса карбонатитов уделяется большое внимание в связи с тем, что они сами по себе относятся к флюидным магмам мантийного происхождения, способным концентрировать в себе большое число рудных металлов и формировать различные по составу, часто комплексные месторождения. Для них характерна различная степень мантийно-корового взаимодействия. Уникальность карбонатитовых расплавов состоит в том, что они обладают большой ёмкостью на многие рудные металлы – уран, торий, редкоземельные элементы, стронций, барий, цирконий, гафний, железо, титан, ванадий, медь, золото, фосфор. При этом не все карбонатитовые массивы формируют месторождения полезных ископаемых. Мало того, нередко рудоносные массивы располагаются рядом с массивами, содержащими не промышленные концентрации металлов. Причина этого, как правило, не обсуждается. Нами проанализированы петрологические особенности и флюидный режим некоторых карбонатитовых массивов, в которых наблюдаются различные типы оруденения и массивы, не содержащие промышленного оруденения. Особое внимание удалено карбонатитам, продуктивным на золотое оруденение. В настоящее время золотое оруденение выявлено на 4 карбонатитовых месторождениях (Ковдор, Люлекоп, Вэллэби, Баян-Обо) (см. таблицу).

За рубежом выделяют также своеобразные карбонатиты типа Палабора (Африка), с которыми связаны комплексные железо-оксидные медно-золоторудные месторождения [Groves, Vielreilor, 2001; Porter, 2000] с промышленными концентрациями меди и золота. Формирование ийолит-карбонатитовых массивов типа Палабора (Люлекоп, Палабора, Шпитцкоп в ЮАР, Карджил в Канаде) являются древнейшими на Земле с радиологическим возрастом  $1800 \pm 100$  млн лет в пределах Южно-Африканской и Северо-Американской протоплатформ с возрастом фундамента 3000–2600 млн лет.

Таким образом, золотое оруденение обнаруживает связь и с многочисленными щелочными комплексами базитового, базит-ультрабазитового состава, щелочными лампрофирами, шошонитами, карбонатитами. Вероятно, это связано с различными свойствами золота, проявляющимися

в широком диапазоне меняющейся физико-химической обстановки и сложностью его поведения в силикатных расплавах различной кремнекислотности и щёлочности. Месторождения золота, связанные с такими комплексами, обнаруживают признаки различной глубинности рудогенерирующих магматитов и разной степени мантийно-корового взаимодействия и контаминации корового материала. Многие месторождения имеют признаки переходных от магматически-гидротермальных, мезотермальных к эпимермальным системам

### Список литературы

1. Гусев А. Постколлизионные гранитоиды: петрология, геохимия, флюидный режим и оруденение. – Gamburg: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 217 с.
2. Звездов В.С. //Отечественная геология, 1997. – № 5. – С. 13-17.
3. Коваленкер В.А., Мызников И.К., Кочетков А.Я., Наумов В.Б. // Геология рудных месторождений, 1996. – Т. 38. – № 4. – С. 345–356.
4. Кочетков А.Я. // Отечественная геология, 1993. – № 7. – С. 50–58.
5. Рудашевский Н.С., Кнауф В.В., Краснов Н.И., Рудашевский В.Н. // Зап. ВМО, 1995. – Ч. 74. – № 5. – С. 1–15.
6. Сazonov A.M., Grinё O.M., Shvedov G.I. и др. // Руды и металлы, 1996. – № 1. – С. 17–24.
7. Drew L.I., Quiggin M., Weijun S. // Alkaline igneous rocks and carbonatites. Lithos, 1990. – Vol. 26. – P. 43–65.
8. Eriksson S.C. Phalaborwa: A saga of magmatism, metasomatism and miscibility / Carbonatites: Genesis and Evolution. – London, 1989. – P. 221–254.
9. Gable D.J. // US Geol. Survey, Professional Paper 1280, 1984. – 127 p.
10. Groves D.I., Vielreicher F. P. // Econ. Geol., 2010. – Vol. 105. – P. 641–654.
11. Porter E.W., Ripley E. // Econ. Geol., 1985. – Vol.80. – P. 1689–1706.
12. Saunders J.A. // United States Geological Survey, Bulletin 1857–1, 1991. – P. 137–148.
13. Smith M., Chengyu W. // Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold and Related Deposits: a Global Perspective. – Adelaide: PGC Publishing, 2000. – Vol. 1. – P. 271–281.
14. Stoltze A.M. A genetic link between carbonatite magmatism and gold mineralization at the Wallaby gold deposit, Eastern Goldfields, Western Australia //32 International Geologic Congress. – Florence, 2004. – Abstracts. – P. 512.
15. Verwoerd W.J. // Geological Society of South Africa, 1986. – Vol.2. – P. 2173–2191.
16. Wyman D., Kerrich R. // Nature, 1988. – Vol. 332. – P. 209–210.