

## ГЕОЛОГИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ЗОЛОТОНОСНЫХ ДЖАСПЕРОИДОВ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА (на примере рудного поля Байбура)

О.Н. Кузьмина<sup>1,2</sup>, Б.А. Дьячков<sup>1,3</sup>, А.Г. Владимиров<sup>2,4,5</sup>, М.В. Кириллов<sup>2</sup>, Ю.О. Редин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
070004, Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19, Казахстан

<sup>2</sup> Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

<sup>3</sup> ТОО «Алтайский геолого-экологический институт»,  
070000, Усть-Каменогорск, ул. К. Либкнехта, 21, Казахстан

<sup>4</sup> Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

<sup>5</sup> Томский государственный университет, 634005, Томск, ул. Ленина, 36, Россия

Золотоносные рудопроявления и месторождения в джаспероидах являются новым нетрадиционным типом, широко развитым в Западно-Калбинском золотоносном поясе Восточного Казахстана. Приводятся оригинальные материалы по структурно-геологической позиции и минералогии золотоносных джаспероидов рудного поля Байбура, являющегося эталоном этого типа в Восточном Казахстане. Золотоносные джаспероиды локализованы здесь в сланцево-карбонатных толщах островодужного типа (C<sub>1</sub>), испытавших метасоматическое изменение в надынтрузивных зонах плагиогранитов куношского комплекса (C<sub>3</sub>). Свободное тонкодисперсное золото несет характерные черты экзогенного изменения. Содержание золота варьирует от 0.1 до 33.5 г/т, серебра от 0.05 до 2.5 г/т. На основе полученных данных предложена геолого-генетическая модель формирования золотоносных джаспероидов Восточного Казахстана. Процесс рудоотложения связан с воздействием ювенильных флюидов плагиогранитной магмы. Ведущими факторами, определяющими развитие золотоносных метасоматитов, являются приуроченность их к зонам высокой тектонической активности и резкое изменение режима кислотности—щелочности растворов в карбонатной среде. Самородное золото относится к крайне мелкому и тонкому, в нем обнаруживается постоянная примесь ртути в количестве 0.2—0.7 мас. %. По минералого-геохимическим характеристикам золотое оруденение рудного поля Байбура максимально приближено к таковому Суздальского месторождения и может быть отнесено к карлинскому типу.

*Джаспероиды, карбонатно-терригенные формации, плагиограниты, золото, Восточный Казахстан.*

### GEOLOGY AND MINERALOGY OF EAST KAZAKHSTAN GOLD-BEARING JASPEROIDS (by the example of the Baybura ore field)

O.N. Kuz'mina, B.A. D'yachkov, A.G. Vladimirov, M.V. Kirillov, and Yu.O. Redin

Gold-bearing ore occurrences and deposits in jasperoids are objects of a new unconventional type widespread in the West Kalba auriferous belt in eastern Kazakhstan. We present original data on the structural and geologic position and mineralogy of gold-bearing jasperoids of the Baybura ore field, which is a standard object of this type in eastern Kazakhstan. Gold-bearing jasperoids are localized here in shale-carbonate strata of island-arc type (C<sub>1</sub>) that underwent metasomatism in superintrusive zones of the Kunush complex plagiogranites (C<sub>3</sub>). Free finely dispersed gold shows typical signs of hypogenous changes. The content of Au varies from 0.1 to 33.5 ppm, and that of Ag, from 0.05 to 2.5 ppm. Based on the data obtained, a geologo-genetic model of the formation of the Baybura gold-bearing jasperoids is proposed. According to the model, the ore deposition is related to the impact of juvenile fluids of plagiogranitic magma on carbonate substrate. The main factors determining the evolution of gold-bearing metasomatites are their localization in zones of high tectonic activity and a drastic change in the acidity-alkalinity regime of solutions in the carbonate environment. Native gold grains are extremely fine and thin and contain a permanent impurity of Hg (0.2–0.7 wt.%). In mineralogical and geochemical features the gold mineralization of the Baybura ore field is similar to that of the Suzdal' deposit and can be assigned to the Carlin type.

*Jasperoids, carbonate terrigenous associations, plagiogranites, gold, eastern Kazakhstan*

### ВВЕДЕНИЕ

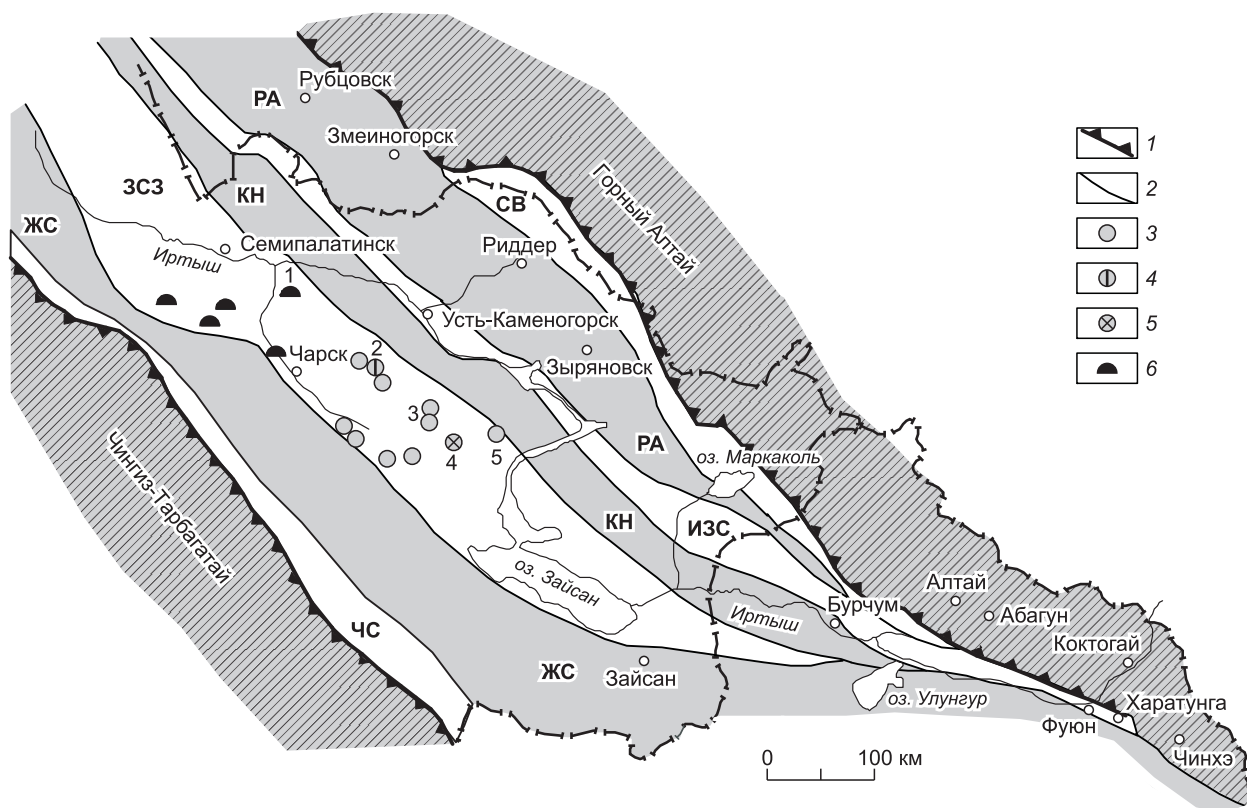
Восточный Казахстан относится к классическим золоторудным провинциям [Нарсеев и др., 2001; Нарсеев, 2002]. В последние годы здесь проводятся исследования, связанные с разработкой геолого-генетических моделей и прогнозно-поисковых критериев нетрадиционных месторождений золота в вул-

каногенно-осадочных и карбонатно-терригенных формациях островодужного типа [Дьячков и др., 2011; Дьячков, Кузьмина, 2012]. Эталонным является Суздальское золоторудное месторождение, развернутая геолого-геохимическая характеристика которого приведена в работе К.Р. Ковалева с соавторами [2012]. Это месторождение по ряду признаков сопоставимо с известным в литературе карлинским типом [Radtke, 1985; Рафаилович и др., 2004], однако его специфической особенностью является многостадийность формирования, связанная с перераспределением золота в результате коллизионного тектогенеза и многократной тектономагматической активизацией (от позднего карбона до позднего триаса). Остается неясной минералого-геохимическая характеристика исходной (родоначальной) рудно-магматической системы, время ее заложения, длительность формирования, диагностические признаки и геодинамическая природа. Эти вопросы сейчас становятся особенно актуальными для золотодобывающей промышленности Казахстана, где развернуты широкомасштабные поисково-оценочные работы на золото и сопутствующие ценные компоненты, а также начата промышленная разработка крупных месторождений (Бакырчик, Суздальское) [Щерба и др., 2000; Нарсеев и др., 2001; Ковалев и др., 2012]. Вместе с тем отмечается все возрастающий интерес к мелким месторождениям и рудопроявлениям, в том числе золотоносных джаспероидов, которые широко развиты в регионе и экономически привлекательны для одновременной разведки и промышленного извлечения золота. Запасы таких месторождений нетрадиционного типа, как правило, ограничиваются первыми сотнями тонн золота и легко обогатимы с использованием способов гравитационного сепарирования и кучного выщелачивания. Однако рудогенерирующий потенциал этого типа рудопроявлений остается неоцененным для всей территории Восточного Казахстана из-за отсутствия четких структурно-геологических и минералого-геохимических критериев прогноза, поисков и моделирования рудных объектов [Лось и др., 2008]. Настоящая статья посвящена геологической, петрографической и минералого-геохимической характеристике рудного поля Байбура, в пределах которого отсутствуют наложенные тектономагматические процессы, что позволяет рассматривать его в качестве эталона для джаспероидного типа золото-сульфидных рудопроявлений и месторождений Восточного Казахстана. Особое внимание уделено сравнительному анализу с Суздальским промышленным месторождением золота («карлинский» тип).

#### **ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

В рамках традиционного тектонического районирования рассматриваемая территория отвечает Зайсанской складчатой области (Большой Алтай), представляющей собой фрагмент герцинского орогенного пояса, перекрытого на севере мезозойско-кайнозойскими отложениями чехла Западно-Сибирской плиты, а на юге прослеживающегося в Китай и монгольскую часть Гоби [Щерба и др., 2000]. Геодинамическая эволюция алтайских герцинид сейчас интерпретируется с позиций постепенного сближения Казахстанской и Сибирской плит при их проворачивании относительно друг друга по часовой стрелке и одновременном сокращении Обь-Зайсанского палеоокеанического бассейна ( $D_{1-2}-C_1$ ). Обь-Зайсанский бассейн в этот период взаимодействовал с Казахстанским и Сибирским континентами в виде двух косых субдукционных зон (Жарма-Саурская и Рудно-Алтайская палеоостровные дуги). К позднему карбону палеоокеан полностью закрылся, и дальнейшая эволюция орогена протекала на фоне генеральных левосдвиговых деформаций [Буслов и др., 2003; Владимиров и др., 2003, 2005]. Степень и интенсивность сдвиговых деформаций предопределили тектоническое районирование региона с выделением террейнов, слабозатронутых коллизионными деформациями, и сутурных зон, где повсеместно фиксируются признаки хрупко- и вязкопластичного течения горных масс [Дьячков и др., 2009, 2011].

Тектоническая схема и месторасположение промышленно значимых золоторудных объектов Большого Алтая приведены на рис. 1. Обращает на себя внимание, что большинство золотоносных месторождений и рудопроявлений, в том числе джаспероидного типа, сосредоточены в пределах Зайсанской сутурной зоны, представляющей собой осевую часть Алтайской аккреционно-коллизионной системы [Дьячков и др., 2005]. Золотоносный металлогенический профиль Зайсанской сутурной зоны, очевидно, определялся повышенными содержаниями золотосодержащих сульфидов в вулканогенно-осадочных толщах островодужного типа [Щерба и др., 2000; Ковалев и др., 2012]. Ремобилизация золота и его появление в тонкодисперсном самородном виде, в первую очередь, связаны с коллизионным этапом тектогенеза и внедрением кремнекислых расплавов натриевой специализации (кунушский плагиогранитный комплекс,  $C_3$ ). Абсолютный возраст плагиогранитов определен в Калба-Нарымском террейне (310—300 млн лет, циркон, U-Pb изотопный метод, SHRIMP-II [Кубийда и др., 2009]). Аналогичные по структурно-петрографическим особенностям и вещественному составу риодацит-риолитовые дайки и мелкие интрузивные штоки плагиогранитов широко распространены в Зайсанской сутурной зоне и постоянно ассоциируют с рудопроявлениями золотоносных джаспероидов (Мираж, Жерек, Байбура, Жайма и др.).



**Рис. 1. Тектоническая схема и месторасположение промышленно значимых золоторудных объектов Восточного Казахстана.**

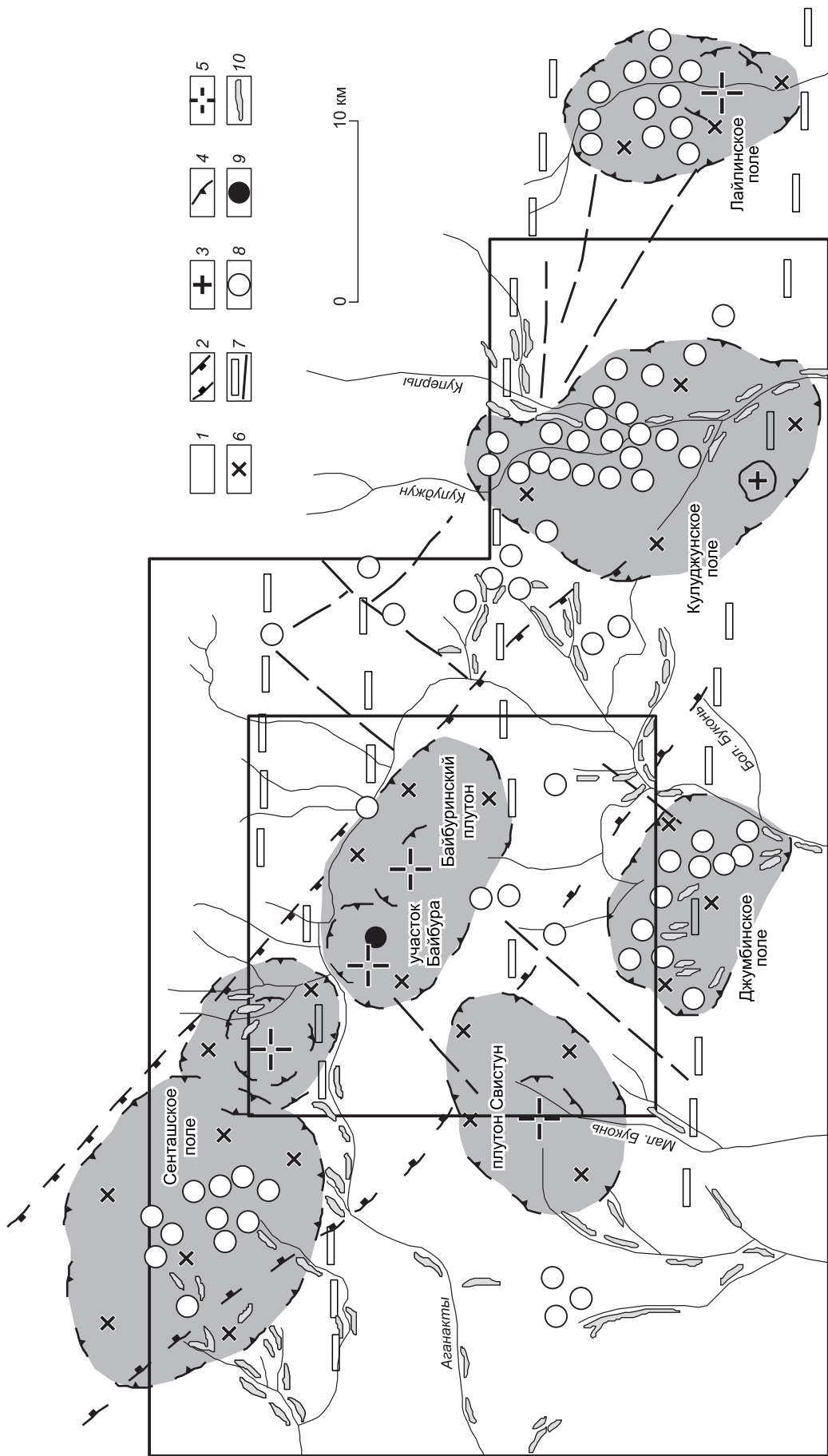
1 — тектонические границы Зайсанской складчатой области; 2 — границы сутурных зон и террейнов; 3—6 — рудные формации: 3 — золото-кварцево-жильная, 4 — золото-мышьяковая углеродистая, 5 — золотоносных джаспероидов, 6 — золотоносных кор выветривания. Сутурные зоны: ЧС — Чингиз-Саурская, ЗСЗ — Зайсанская, ИСЗ — Иртышская, СВ — Северо-Восточная, террейны: ЖС — Жарма-Саурский, КН — Калба-Нарымский, РА — Рудно-Алтайский. Месторождения и рудопроявления золота в Зайсанской сутурной зоне: 1 — Суздальское, 2 — Бакырчик, 3 — Сенташ, 4 — Байбура, 5 — Кулуджун.

В Восточно-Казахстанском регионе отчетливо устанавливается пространственная приуроченность золотоносных месторождений к отложениям повышенной карбонатности, которые по условиям образования близки к промышленным месторождениям карлинского типа. Рассматриваемый тип золотого оруденения пространственно связан с породами островодужных терригенно-карбонатных формаций, обрамляющих вулканические дуги базальт-андезитового состава и подверженных контактово-метасоматическим и динамометаморфическим преобразованиям в зонах меланжирования, покровно-надвиговых структурах и ореолах скрытых золотоносных гипабиссальных массивов и даек среднеосновного состава ( $C_{2-3}$ ), а также плагиигранитоидов ( $C_3$ ). Карбонатные отложения, вероятнее всего, представляли благоприятную тектонически подготовленную среду (в виде структурно-литологических и геохимических ловушек) для осаждения и концентрации золота. Ведущей рудной формацией является золото-сульфидная прожилково-вкрапленная.

Рассмотрим обоснование этого тезиса на примере рудного поля Байбура, расположенного в верховьях р. Бол. Буконь, в Кокпектинском районе Восточно-Казахстанской области в 37 км от с. Бозанбай (рис. 2).

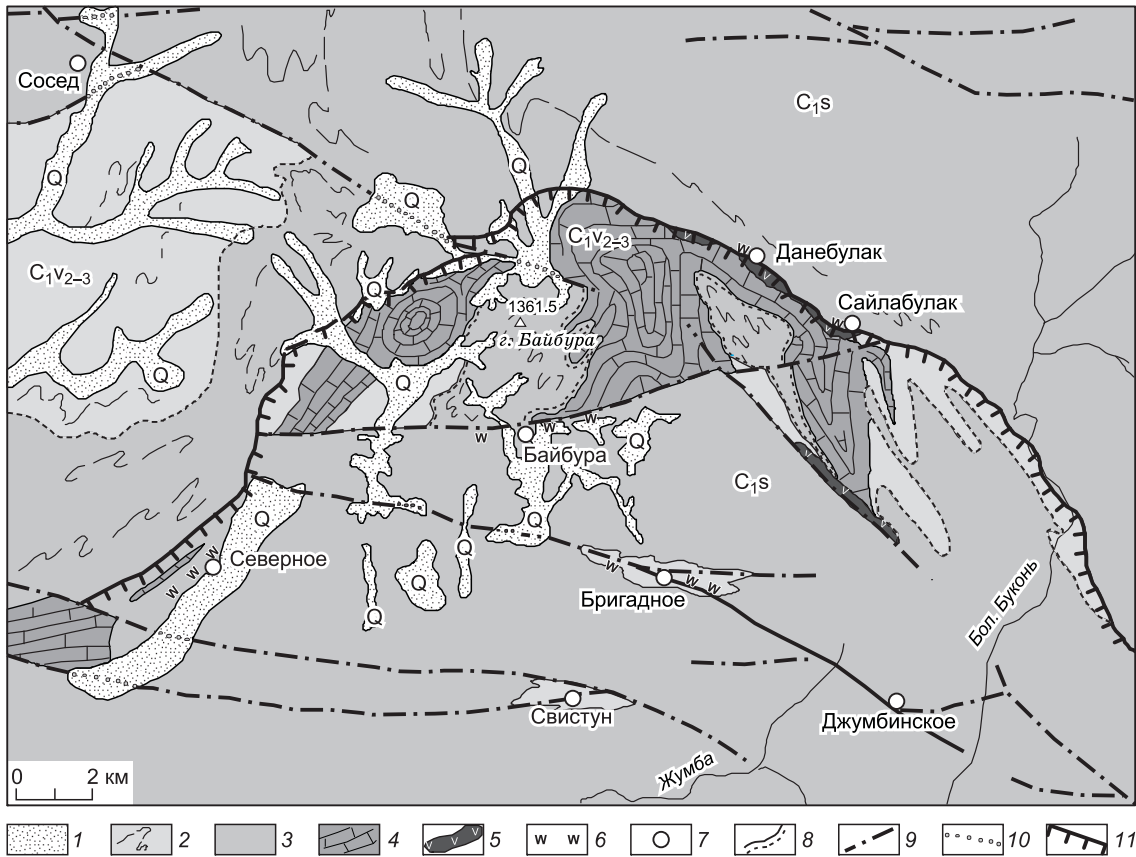
### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА

**Тектоника, стратиграфия и магматизм.** Рудное поле Байбура входит в состав Западно-Калбинского золоторудного металлогенического пояса (см. рис. 1). В тектоническом плане главным структурным элементом района является Сенташ-Курчумское островодужное поднятие, примыкающее к Теректинскому разлому [Дьячков и др., 2011]. Это поднятие подчеркивается скрытыми (на глубине 1—2 км) интрузиями среднекислого состава. На поверхности над ними располагаются рудные узлы Сенташ,



**Рис. 2. Структурная позиция рудного поля Байбура, расположенного в пределах Сенташ-Байбуринского гранитоидного пояса (по геолого-геофизическим данным [Дьячков и др., 2011]).**

В квадратной рамке — рудное поле Байбура (золотоносные джаспероиды). 1 — карбонатно-терригенные и терригенные отложения раннего карбона; 2 — границы Сенташ-Байбуринского гранитоидного пояса; 3 — плагиогранитоидные интрузии кулджунского комплекса, выходящие на поверхность; 4 — контуры нескрытых гранитных массивов, по геофизическим данным; 5, 6 — скрытые гранитоидные интрузии; 5 — кислото, 6 — умеренно кислото состава; 7 — разломы; 8, 9 — эндогенные рудопроявления золота; 8 — золото-кварцево-жильные, 9 — золото-сульфидные; 10 — россыпи золота.



**Рис. 3. Структурно-геологическая схема рудного поля Байбура, составлена В.Н. Майоровым, Б.А. Дьячковым.**

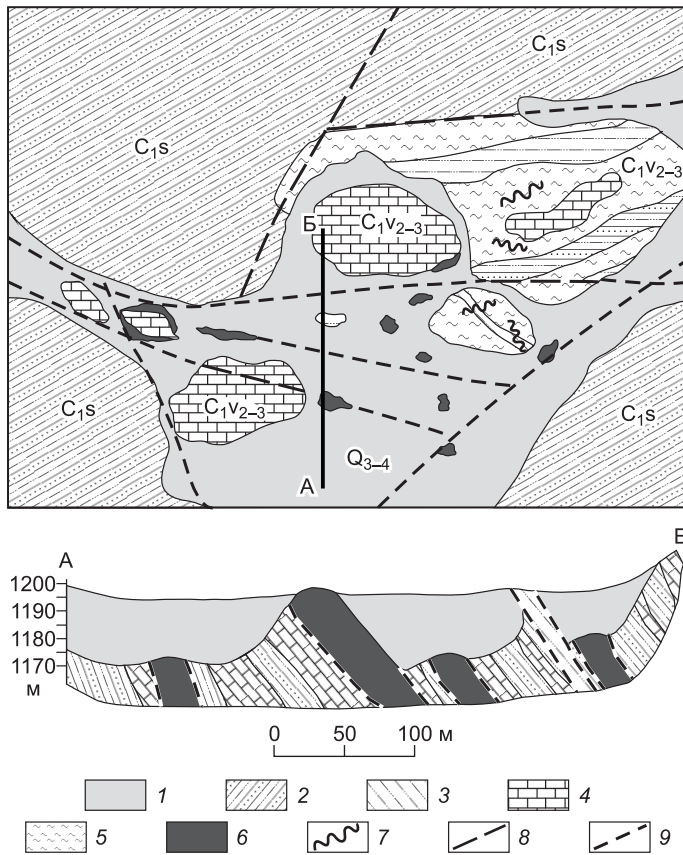
1 — четвертичные отложения (Q); 2 — граувакковая алевролитопесчаниковая формация (аганактинская свита,  $C_1s$ ); 3, 4 — флишеидная углеродисто-известковисто-терригенная формации (аркалыкская свита,  $C_1V_{2-3}$ ); 3 — углеродисто-терригенная, 4 — известняки; 5 — дайки габбро-диабазов; 6 — зоны минерализации; 7 — рудопроявления золота; 8 — граница несогласного залегания; 9, 10 — разрывные нарушения: 9 — разломы установленные, 10 — скрытые под рыхлыми отложениями; 11 — зона надвига.

Джумба, Байбура и Кулуджун (см. рис. 2). Обращает на себя внимание отчетливая пространственная приуроченность к надынтрузивным зонам золото-сульфидных и золото-кварцевожильных рудопроявлений (см. рис. 2, эти рудопроявления показаны нерасчлененными). С последними связаны многочисленные россыпи в верховьях рек Мал. Буконь и Бол. Буконь. На современном эрозионном срезе интрузивные породы практически не обнажены, за исключением единичных выходов в надынтрузивной кровле Кулуджунского массива (см. рис. 2). По внешнему облику и петрографическому составу они отвечают типичным плагиогранитоидам кунушского комплекса ( $C_3$ ) [Дьячков и др., 2011].

Главными стратиграфическими единицами в районе являются аркалыкская свита,  $C_1V_{2-3}$  (песчаники, алевролиты, кремнистые сланцы, пелитоморфные и криноидные известняки) и аганактинская свита,  $C_1s$  (массивные полимиктовые и вулканомиктовые песчаники с редкими прослоями известняков). В пределах рассматриваемого района карбонатно-терригенные породы этих свит совмещены по Байбуринскому надвигу (рис. 3), который в существенной мере контролировал рудопроявления золотоносных джаспероидов. Зона надвига фиксируется брекчированными кремнистыми сланцами, в которых плавают отторженцы рифовых известняков и отдельные тела железистых кварцитов и кварцитоподобных метасоматитов. Фрагментарно обнажаются также известковистые глинистые алевролиты, кремнистые сланцы и известняки. По существу, рудное поле Байбура представляет собой фрагмент олистостромы, формирование которой связано с позднекаменноугольными покровными и сдвиговыми коллизионными деформациями в Зайсанской сутурной зоне [Щерба и др., 2000; Дьячков и др., 2011].

**Структурно-петрографические особенности, вещественный состав субстрата и золотоносных джаспероидов.** В основу представленной характеристики положены детали геолого-геофизические данные и поисково-разведочные работы Восточно-Казахстанского геологического управления,





**Рис. 4. Геологическая схема рудопроявления Байбура, составлена Б.А. Дьячковым, О.Н. Кузьминой.**

1 — делювиально-пролювиальные отложения ( $Q_{3-4}$ ); 2, 3 — аганактинская свита ( $C_1s$ ): 2 — углисто-глинистые алевролиты, 3 — полимиктовые песчаники; 4, 5 — аркалыкская свита ( $C_1V_{2-3}$ ): 4 — известковистые алевролиты, песчаники и известняки, 5 — кремнистые сланцы; 6 — фрагменты золотоносных джаспероидов в зонах минерализации; 7 — кварцевые жилы; 8, 9 — разрывные нарушения: 8 — предполагаемые, 9 — скрытые под рыхлыми отложениями.

выполненные на рудном поле Байбура под руководством Г.П. Нахтигалья, а также результаты тематических исследований, выполненных в ВКТГУ, г. Усть-Каменогорск [Дьячков и др., 2011; Kuzmina et al., 2013] и ИГМ СО РАН, г. Новосибирск (настоящая статья).

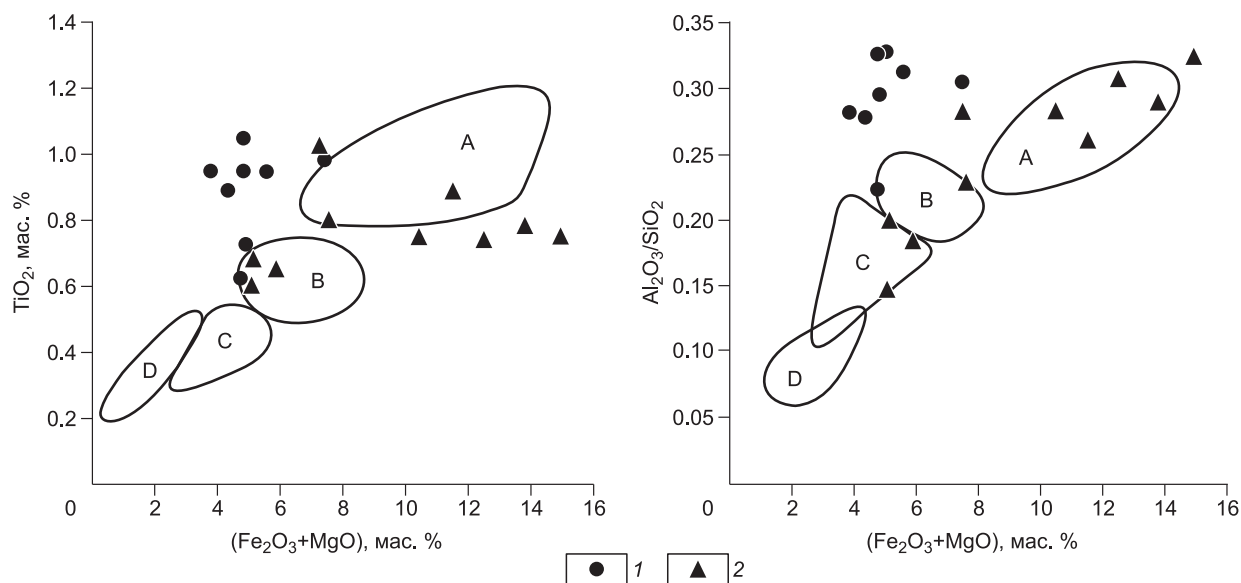
Геологическая схема участка Байбура приведена на рис. 4. Характерными особенностями участка являются плохая обнаженность и, как следствие, присутствие на дневной поверхности лишь редких изолированных фрагментов бурых железняков, маркирующих наблюдаемые и предполагаемые разрывные нарушения. Эти тектонические

нарушения (рудоконцентрирующие зоны) северо-восточного и субширотного простирания фиксируются в магнитном поле аномалиями с интенсивностью 775—2025 нТл (магниторазведка с разрешением  $100 \times 20$  м) и косвенно подтверждаются металлотрическим опробованием, выявившим

**Таблица 1. Петрохимический состав вмещающих пород рудного поля Байбура, по данным РФА (мас. %)**

№ п/п	№ образца	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	П.п.п.	Сумма
<b>Алевролиты и песчаники</b>													
1	2127	53.74	1.20	23	7.50	0.28	1.93	0.45	4.40	0.09	0.33	3.91	99.26
2	762	58.14	0.94	18.19	1.90	0.12	3.70	4.03	4.40	1.44	0.27	2.51	100.43
3	2159	58.16	1.04	17.19	0.95	0.10	3.86	4.48	4.40	1.34	0.29	2.05	99.62
4	2105	58.80	0.72	19.27	2.67	0.07	2.25	5.81	2.80	1.44	0.16	3.02	99.85
5	2057	59.58	0.94	19.44	1.77	0.03	3.05	0.45	3.54	2.16	0.25	4.05	99.82
6	2091-2	59.58	0.98	18.17	5.35	0.19	2.09	1.34	2.85	2.78	0.20	3.96	100.79
7	763-2	61.14	0.88	16.97	1.13	0.09	3.22	4.48	3.55	2.44	0.27	21.90	100.91
8	38-П	67.16	0.62	14.94	2.63	0.09	2.09	1.74	3.54	1.48	0.20	3.00	100.53
9	759	61.28	0.94	17.25	0.79	0.08	3.05	3.42	3.88	1.82	0.21	1.91	99.46
10	2164	87.66	0.26	5.63	Не обн.	0.06	1.77	0.45	1.02	0.29	0.06	0.97	100.68
<b>Известняки</b>													
11	Б-10	0.32	0.01	0.18	0.10	< 0.005	0.44	56.79	< 0.15	0.025	0.02	41.39	99.22
12	Б-8	0.51	0.02	0.23	0.18	< 0.005	0.22	56.20	< 0.15	0.028	0.01	42.82	100.18
13	Б-9	0.57	0.02	0.20	0.24	< 0.005	0.44	56.21	< 0.15	0.021	0.02	42.67	100.38

Примечание. 1, 5, 8, 10—13 — породы аркалыкской свиты: 1 — алевролиты лимонитизированные (по пириту), 5 — алевролит, 8 — обохренные песчаники с пиритом, 10 — кремнистый алевролит, 11—13 — известняки; 2—4, 6, 7, 9 — породы аганактинской свиты: 2, 3, 7, 9 — мелкозернистые полимиктовые песчаники, 4 — алевролиты массивные черного цвета, 6 — алевролиты с пиритом. Не обн. — не обнаружено. Анализы выполнены в ИГМ СО РАН, г. Новосибирск, аналитик Н.Г. Карманова.



**Рис. 5. Химический состав осадочных пород рудного поля Байбура и Суздальского месторождения на дискриминационных диаграммах М.Р. Бхатия для терригенных пород из различных тектонических обстановок [Bhatia, 1983].**

A — океанические островные дуги, B — континентальные островные дуги, C — активная континентальная окраина, D — пассивная континентальная окраина. 1 — песчаники и алевролиты аркалыкской и аганактинской свит (нерасчлененные) в пределах рудного поля Байбура; 2 — песчаники и алевропелиты аркалыкской свиты на Суздальском месторождении.

геохимические аномалии Zn (0.03—0.04 %), Cu (0.008—0.02 %), Pb (0.003 %), Ba (0.03—0.05 %), Mn (0.03—0.08 %) и Ag (0.03—0.08 %), а также элементов редкометалльной и редкоземельной групп (Se, Be, Mo, B, Y, Yb), образующих комплексные ореолы вблизи максимумов магнитного поля.

При прослеживании разрывных нарушений в коренных выходах осадочных пород наблюдается повышенная трещиноватость, окварцевание и метасоматическое изменение песчаников и алевролитов аркалыкской и аганактинской свит (пиритизация, березитизация, ожелезнение). В карбонатных толщах повсеместно наблюдаются признаки хрупко- и вязкопластичного течения горных масс с контрастными переходами к линейным пластообразным телам и линзам золотоносных джаспероидов.

Петрохимические составы карбонатно-терригенных пород аркалыкской и аганактинской свит приведены в табл. 1. Для определения тектонических обстановок формирования подготовлена петрогеохимическая выборка, из которой исключены пиритизированные и лимонитизированные разности (см. табл. 1, обр. 2127, 2164). Эта выборка отвечает петрохимическому ряду фракционирования терригенных осадочных пород (от граувакк через песчаники до алевролитов). На дискриминационных диаграммах М.Р. Бхатия [Bhatia, 1983] аналитические фигуративные точки отвечают обстановкам островных дуг (рис. 5).

### МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА

Золотое оруденение впервые было обнаружено в элювиальных развалах бурых железняков, представляющих собой зону гипергенного окисления золото-сульфидных руд (джаспероидов). Макроскопически бурые железняки имеют пеструю окраску (бурые, черные и осветленные в участках окварцевания), содержат гнезда и прожилки окисленных сульфидов, иногда — тонкие прожилки с гнездами лимонита. В образцах присутствуют: лимонит, гетит, гематит, пирит, магнетит, игольчатый арсенопирит, халькопирит, «медная зелень», серицит, шеелит и хлорит.

Рудная минерализация в бурых железняках представлена преимущественно лимонитом с прожилками гетита колломорфной структуры. Лимонит образует сплошные выделения по пириту, по периферии зерен содержит включения лепидокрокита. Магнетит представлен в виде идиоморфных зерен размером от 0.03 до 0.1 мм. Ильменит отмечен в зернах магнетита как продукт распада твердого раствора. Пирит отмечается в виде редкой вкрапленности, размер зерен не превышает 0.04 мм. Среди окисленных сульфидов обнаружено свободное золото в виде тонких пластинок и зерен уплощенно-комковатой формы.

Таблица 2. Петрохимический состав золотоносных джаспероидов рудного поля Байбура, по данным РФА (мас. %), и содержание Au и Ag, по данным атомно-абсорбционного анализа (г/т)

№ образца	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	П.п.п.	Сумма	Au	Ag
Б-1	81.09	0.03	0.25	15.31	0.04	0.09	0.26	< 0.15	0.025	0.18	2.59	99.82	0.10	0.072
Б-2	76.45	0.03	0.42	19.57	1.11	0.10	0.49	< 0.15	0.049	0.06	2.33	100.58	0.35	0.047
Б-3	57.69	0.03	1.53	35.86	0.62	0.17	0.35	< 0.15	0.094	0.06	4.16	100.56	2.8	0.31
Б-4	61.98	0.03	1.53	31.34	1.01	0.18	0.37	< 0.15	0.117	0.03	3.71	100.28	33.5	2.66
Б-5	53.59	0.03	1.01	38.10	0.53	0.15	1.76	< 0.15	0.071	0.03	5.21	100.53	0.13	0.10
Б-7	45.36	0.05	4.43	42.29	0.35	0.50	0.86	< 0.15	0.178	0.22	6.02	100.28	33.5	2.2
20-ИСХ	68.84	0.02	0.74	34.31	0.21	0.10	0.69	< 0.15	0.059	0.12	4.45	100.52	8.3	0.65
21-СФР	63.12	0.02	0.53	32.10	0.29	0.08	0.36	< 0.15	0.049	0.14	3.42	100.11	2.2	0.61
21-ИСХ	52.95	0.02	0.54	43.31	0.14	0.08	0.20	< 0.15	0.046	0.14	3.04	100.48	3.2	0.38
22-СФР	70.85	0.02	0.51	24.81	0.19	0.08	0.71	< 0.15	0.040	0.11	3.12	100.43	3.3	0.38
Б-200	80.45	0.02	0.87	16.16	0.09	0.08	0.69	< 0.15	0.091	0.04	1.74	100.18	0.37	0.06

Примечание. Анализы выполнены в ИГМ СО РАН, аналитики Н.Г. Карманова, В.Г. Цимбалест.

Вещественный состав золотоносных джаспероидов, приведенный в табл. 2, свидетельствует о промышленно значимых содержаниях золота (2.2—33.5 г/т) за исключением вторичных кварцитов. Бурые железняки (джаспероиды) характеризуются аномально высокими содержаниями As, Cu, Zn и Sn. По данным пробирного анализа содержание золота составляет 2.6—27.2 г/т, среднее содержание золота по 14 борздовым пробам — 5.5 г/т.

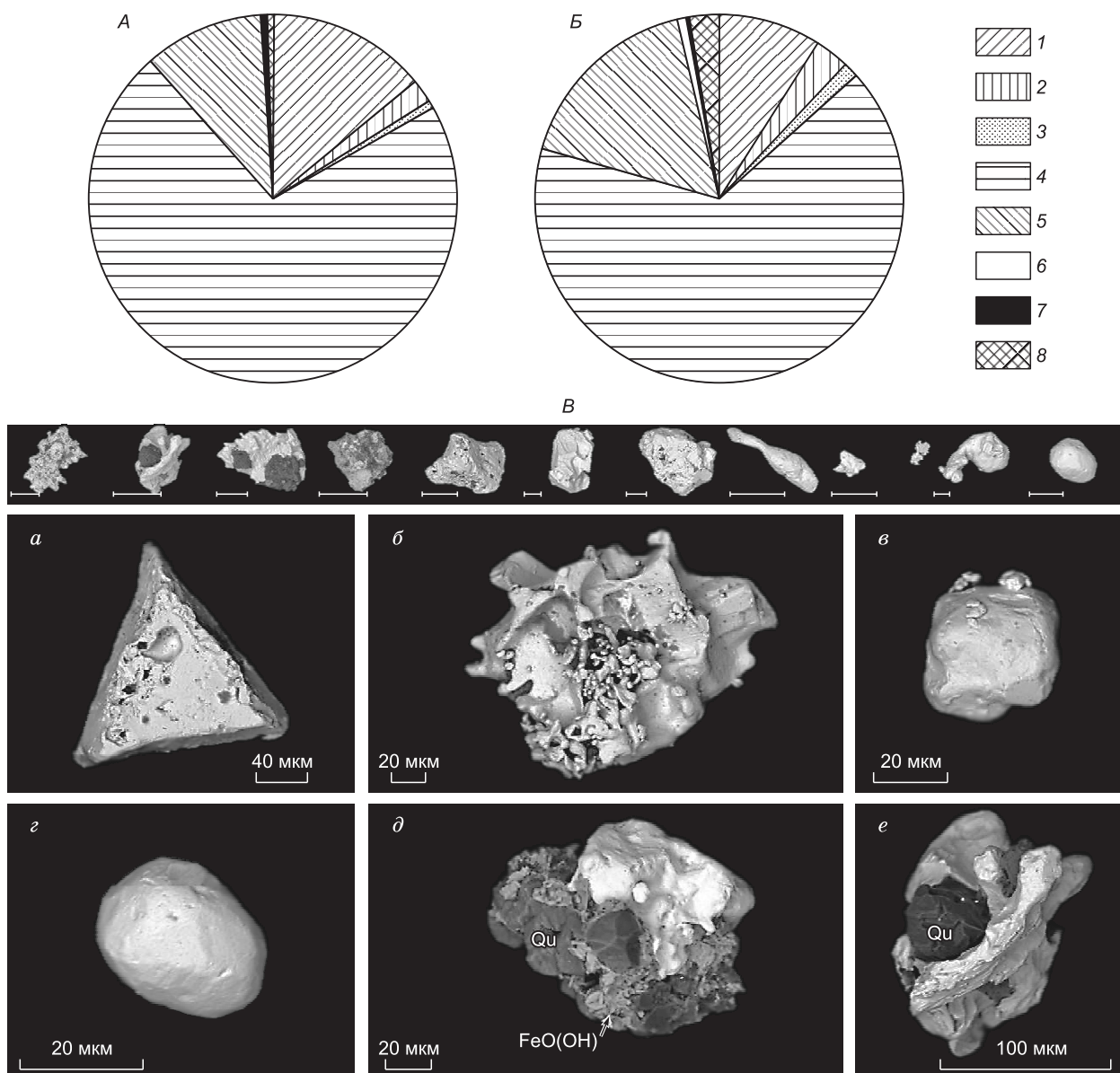
Монофракции самородного золота рудопроявления Байбура получены путем гравитационного обогащения материала усредненных протолок 21 и 22 (борздовое опробование), прошедших предварительную обработку на концентрационном столе. Всего выделено около 900 знаков самородного золота. Для описания его морфологии и гранулометрического состава использовались представительные выборки зерен ( $n = 50$ ) из каждой пробы, которые впоследствии были описаны по схеме Н.В. Петровской [1973], включающей характеристику размера, формы и цвета частиц самородного золота. Гранулометрический состав самородного золота определялся на основании замеров золотин по их максимальному размеру. За редким исключением самородное золото представлено весьма мелкой и тонкой фракциями, по Л.А. Николаевой и С.В. Яблоковой [2007]. По гранулометрии выделяются три основные группы: < 0.05 мм, 0.05—0.1 мм, 0.1—0.25 мм. Превалирующими морфологическими разновидностями являются: интерстиционные (жилковидно-пластинчатая и комковидная, от 60 до 90 %) и кристаллическая (от 5 до 25 %) (рис. 6, А, Б). Степень окатанности (механической измененности) золота крайне низкая. Скульптура поверхности кавернозная. По характеру преобладает шероховатая (50 %) и гладкая (30—40 %) поверхность, реже встречается шагреневая.

Ввиду низкой степени гипергенного изменения золота отпечатки других минералов встречаются практически на всех изученных золотилах, часто видны ступени индукционной поверхности; исключения составляют редкие хорошо ограненные кристаллы и очень мелкие зерна чешуйчатой морфологии (см. рис. 6, А, Б).

При изучении зерен золота на сканирующем электронном микроскопе Jeol-100С с энергодисперсионной приставкой Kevex-Ray, позволяющей качественно оценить состав минералов, были обнаружены ажурные, губчатые, коралловидные и монокристаллические наросты гипергенного золота на массивных первичных зернах (см. рис. 6, В, б, в, д). Эти новообразования характеризуются более чистым составом, чем золотая подложка, на которую они нарастают. Около 30 % зерен золота представлено в виде сростков с другими минералами, среди них примерно в равных долях представлены кварц и гипергенные минералы (гидроксиды Fe) (см. рис. 6, В, д, е). По цвету золото всех проб подразделяется на светло-желтое (~ 30—40 %), красноватое (10—30 %), темно-желтое (грязно-желтое, 15—35 %) и зеленоватое (15—35 %). Красноватый оттенок золотин обусловлен пленочками гидроксидов железа.

Изучение состава самородного золота производилось в полированных шашках микрорентгеноспектральным анализом на микрозонде MS-46 Cameca. Состав золота анализировался на 4 элемента: Au, Ag, Cu и Hg. Пределы обнаружения (мас. %): Cu — 0.08, Au — 0.082, Hg — 0.138, Ag — 0.075. Для дальнейшего рассмотрения принимались результаты замеров состава, в которых сумма содержаний этих элементов составляла  $100 \pm 1.5$  %. Полученные значения пробыности проанализированных золотин ложатся в достаточно узкий интервал 920—950 ‰, при средних значениях 934—935 ‰ (рис. 7), что указывает на однотипность самородного золота в выборках, единство и монокронность его источника. Из



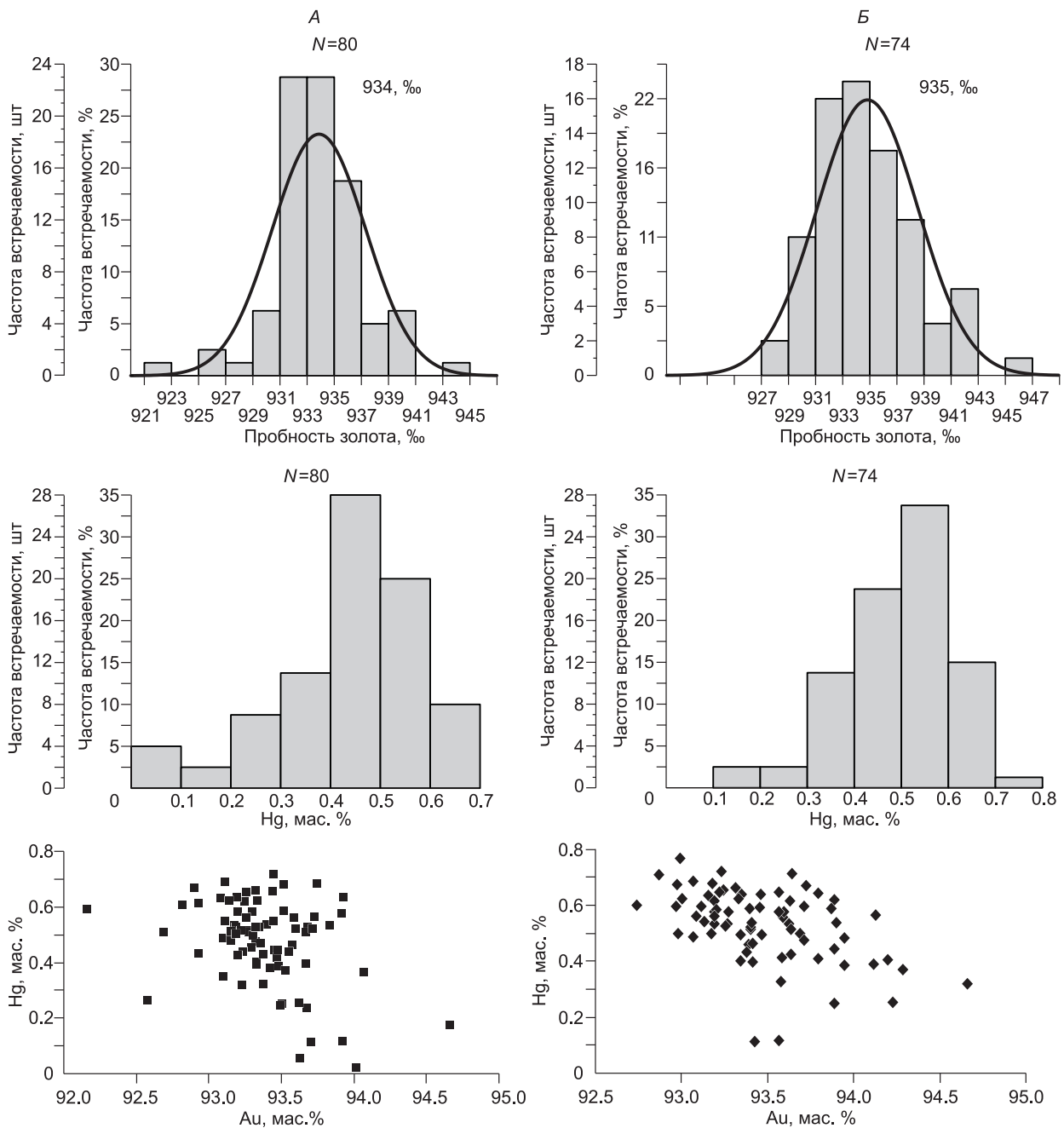


**Рис. 6.** Процентное соотношение морфологических разновидностей зерен самородного золота из усредненных проб 21 (А) и 22 (Б), полученных при бороздовом опробовании золотоносных джаспероидов рудного поля Байбура (участок Байбура); растровые изображения основных морфологических типов самородного золота, полученные на сканирующем электронном микроскопе Jeol-100С, авторы А.Т. Титов, М.В. Кириллов, О.Н. Кузьмина (В).

А, Б — 1 — кристаллы, 2 — угловатые, 3 — каплевидные, 4 — жилковидно-пластинчатые, 5 — комковидные, 6 — дендриты, 7 — удлиненные, 8 — чешуйчатые; В — а—е — описание см. в тексте.

элементов-примесей в золоте установлена ртуть в количествах от 0.2 до 0.7 мас. %. Сравнительно низкие для рассматриваемого типа оруденения содержания ртути обусловлены карбонатной средой. Содержания меди не превышают предела обнаружения. Какой-либо корреляции между содержаниями золота и ртути не выявлено, однако устанавливается четкая прямая корреляция между отношениями Au/Hg и Ag/Hg. По составу самородное золото рудопоявления Байбура максимально приближается к таковому Суздальского месторождения, для которого типичны пробность 930—980 % и содержания ртути, достигающие 0.3 мас. % [Ковалев и др., 2012].

Таким образом, по морфометрическим характеристикам золото из двух протолок (21, 22) практически идентично. Различие проб проявлено в том, что самородное золото из протолокки 22 сравни-



**Рис. 7. Гистограммы распределения пробности самородного золота, содержаний ртути и корреляционные соотношения содержаний золота и ртути в проанализированных зернах.**

Золотоносные джаспероиды рудного поля Байбура, протолочки 21 (А) и 22 (Б). Цифрами на гистограммах показаны средние значения пробности. Определения золота, серебра и ртути выполнены на микрозонде MS-46 Cameca, авторы О.С. Хмельникова, М.В. Кириллов, О.Н. Кузьмина.

тельно более тонкое (мелкое), чаще характеризуется грязным темно-желтым цветом и большим морфологическим разнообразием. Отмеченные выше свойства указывают на длительную историю пребывания самородного золота рудопоявления Байбура в гипергенных условиях зоны окисления. По размерности самородное золото попадает в классы весьма мелкого и тонкого; в его составе обнаруживается постоянная примесь ртути. В метасоматически измененных карбонатных породах (джаспероидах) при микроскопических исследованиях выявлены микровключения тонкого самородного золота и игольчатого ар-

сенопирита, также в них широко представлены карбонатные минералы (сидерит, кальцит, доломит, магнезит).

Вышеприведенные минералого-геохимические особенности самородного золота характерны для золотоносных объектов апокарбонатного (джаспероидного) типа, к которому авторы относят рудопроявления Байбура, Мираж, Жайма и др. [Дьячков и др., 2011; Дьячков, Кузьмина, 2012].

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

**Геолого-генетическая модель формирования золотоносных джаспероидов** в Восточном Казахстане ранее была определена как гидротермально-метасоматическая, обусловленная формированием минерализованных зон золотого оруденения в тектонически нарушенных карбонатно-терригенных породах аркалыкской свиты ( $C_1V_{2-3}$ ) в результате процессов кремнисто-железистого метасоматоза [Дьячков и др., 2009]. Новые геологические, минералогические и геохимические данные позволяют утверждать, что ведущим фактором, определяющим развитие золотоносных джаспероидов, являлась их приуроченность к зонам высокой тектонической активности и резкое изменение режима кислотности—щелочности в карбонатной среде, обусловившее подвижность элементов (Si, Ca, Na, K, Au, As и др.). При этом «базовой золотоматеринской» являлась вулканотерригенная формация  $D_3$ — $C_1V$ , а рудогенерирующей — плагиигранит-гранодиоритовая формация (кунушский комплекс,  $C_3$ ). Метасоматоз осуществлялся под влиянием поступающих газовых и газовой-жидких эксгаляций углекислотно-калиевого и сероуглекислотно-натриевого составов.

На золото-сульфидных проявлениях рудного поля Байбура химический состав газовой-жидких включений из кварца и бурых железняков зоны окисления соответствует калиево-натриево-гидрокарбонатному (с  $F^-$  и  $Cl^-$ ) типу растворов. Осаждение золота происходило, вероятно, на углеродисто-железооксидно-кварцевом геохимическом барьере. По результатам термовысвечивания, выполненного в Институте геологических наук, г. Алматы (аналитик В.А. Кормушин), рудоносный кварцевый прожилок из джаспероидов (более поздней генерации) образовался при  $T = 250—350$  °С и характеризуется высокими значениями интенсивности высвечивания (900—1500 усл. ед.), что существенно отличает его от безрудного жильного кварца (25—100 усл. ед.), развитого в осадочных породах.

Золото генетически связывается с гранитоидным магматизмом коллизионной стадии, т.е. имеет в основном ювенильное происхождение. Однако следует учитывать работу В.А. Нарсеева [2002] о двойственной природе золота (седиментного и ювенильного) в Западной Калбе на объектах золото-мышьяково-углеродистой формации (бакырчикский тип). Этим автором предполагается эволюционная модель формирования золото-сульфидных месторождений, включающая сингенетичное накопление золота в нелитифицированных осадках с последующими его преобразованиями в процессе диагенеза, динамометаморфизма и магматической деятельности. Такая модель рудообразования, вероятнее всего, применима и для месторождений золота, ассоциирующих с вулканогенно-карбонатно-терригенной формацией (аркалыкская свита), в составе которой широко развиты пачки алевролитов повышенной углеродистости.

**Сравнительная характеристика рудного поля Байбура и Суздальского золото-сульфидного месторождения.** Суздальское месторождение приурочено к Зайсанской сутурной зоне (см. рис. 1), а вмещающими толщами, как и на рудном поле Байбура, служат карбонатно-терригенные породы с прослоями повышенной углеродистости аркалыкской свиты,  $C_1V_{2-3}$  (см. рис. 2, 5). Согласно детальным исследованиям [Нарсеев и др., 2001; Ковалев и др., 2012], это месторождение, представляющее собой пример полигенных и полихронных образований, относится к генетическому типу минерализованных зон прожилково-вкрапленных руд в черносланцевых вулканогенно-карбонатно-терригенных толщах нижнего карбона. Оруденение контролируется Суздальским разломом северо-восточного простирания, на севере граничит с Семейтауской вулканоплутонической структурой раннетриасового возраста. На месторождении проявлен позднепалеозойский дайковый комплекс метадолеритов и риолитов (кварцевых пор-

Таблица 3. Петрохимический состав кремнекислых магматических пород, связанных с золото-сульфидным оруденением Восточного Казахстана, по данным РФА (мас. %)

№ образца	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	П.п.п.	Сумма
	<b>Плагииграниты кунушского комплекса (<math>C_{2-3}</math>), массив Жерек (авторские данные)</b>											
Ж-1	74.44	0.22	15.76	0.83	0.01	0.25	0.18	5.13	2.00	0.03	1.47	100.32
	<b>Риодацит-риолитовые субвулканические дайки на Суздальском месторождении [Ковалев и др., 2012]</b>											
Su-74	71.91	0.10	12.50	1.73	0.04	0.23	4.30	3.59	1.17	0.02	4.65	100.24
Su-59	75.92	0.07	12.71	1.70	0.03	0.16	0.49	4.03	3.17	0.03	1.93	100.24

Примечание. Анализы выполнены в ИГМ СО РАН, аналитик Н.Г. Карманова.

Таблица 4. Сравнительная структурно-геологическая и минералого-геохимическая характеристика Суздальского месторождения и рудного поля Байбура (Восточный Казахстан)

Характеристика	Суздальское месторождение	Рудное поле Байбура
Геодинамическая позиция рудовмещающих толщ	Островодужный этап тектогенеза — аркалыкская базальт-андезитовая, известняково-терригенная формация (C <sub>1</sub> V <sub>2-3</sub> ), предколлизийный этап — аганактинская граувакковая олистостромовая формация (C <sub>1</sub> S)	
Геодинамическая обстановка первичной рудно-магматической системы	Коллизийный этап тектогенеза — кунушский плагиигранитный комплекс (C <sub>3</sub> ); золотоносные джаспероиды	
Геодинамическая обстановка перераспределения золота	Внутриконтинентальный рифтогенез; семейтауский вулканоплутонический комплекс (T <sub>1</sub> )	—
Структурно-геологические особенности	Иртыш-Зайсанская сутурная зона; многократные тектонические подвижки, расланцевание и брекчирование минерализованных карбонатных пород с формированием золотоносных джаспероидов	
Рудовмещающие формации (протолиты)	Брекчированные, окварцованные, перекристаллизованные, иногда слабоглинистые известняки аркалыкской (C <sub>1</sub> V <sub>2-3</sub> ) свиты	
Длительность и этапы формирования золотого оруденения	345—242 млн лет	345—290 млн лет
	I — рудоподготовительный этап, C <sub>1</sub> (345—325 млн лет) (структурно-геологическая позиция)	
	II этап — 310—300 млн лет (по аналогии с плагиигранитами кунушского комплекса), C <sub>3</sub>	II этап — 310—300 млн лет (U-Pb, циркон из плагиигранитов кунушского комплекса) [Куйбида и др., 2009]
	III этап — 281 ± 3.3 млн лет ( <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar, серицит), IV этап — 248.3 ± 3.4 млн лет ( <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar, серицит), V этап — 241.9 ± 2.7 млн лет ( <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar, серицит) [Ковалев и др., 2012]	—
Минеральный состав руд золотоносных джаспероидов	Золото, арсенопирит, пирит, пирротин; киноварь, шеелит, блеклые руды, галенит, рутил	Золото, арсенопирит, пирит, ± галенит; шеелит, рутил
Содержания золота и серебра, г/т	Au — 1.5—23.0, среднее — 6.4 Ag — 0.5—3.0, среднее — 1.69	Au — 0.1—33.5 Ag — 0.05—2.5
Морфология самородного золота	Преимущественно кристаллические формы, интерстиционные жилковидно-пластинчатые и комковидные	Интерстиционные формы: жилковидно-пластинчатая, комковидная (от 60 до 90 %) и кристаллическая (от 5 до 25 %)
Состав зерен самородного золота	Пробность золота 930—980 %, содержание ртути 0.0—0.7 мас. %, меди — ниже предела обнаружения	Пробность золота 920—950 %, содержание ртути 0.2—0.7 мас. %, меди — ниже предела обнаружения

фигов), на который наложено богатое золото-сульфидное оруденение. Обращает на себя внимание близкий петрохимический состав кремнекислых дайковых пород на Суздальском месторождении и плагиигранитов кунушского комплекса (C<sub>3</sub>), тесно сопряженного в пространстве и времени с золото-сульфидными рудами байбуринаского формационного типа (табл. 3).

Принципиальным отличием Суздальского месторождения от золотоносных джаспероидов рудного поля Байбура является многократная тектономагматическая переработка золото-сульфидных руд с последовательным концентрированием золота (табл. 4). Процесс рудоотложения на Суздальском месторождении был длительным и подразделяется на пять этапов. *Первый этап* связан с накоплением слабозолотоносного пирита, сингенетичного рудовмещающим толщам. *Второй этап* должен отвечать золотоносным джаспероидам байбуринаского типа, однако их детальная характеристика отсутствует в опубликованных работах [Нарсеев и др., 2001; Ковалев и др., 2012]. *Третий этап* связан с образованием продуктивной высокозолотоносной тонкоигольчатой арсенопиритовой минерализацией в тектонической зоне, с так называемым невидимым золотом (invisible gold), сопровождаемый серицитизацией (по К.Р. Ковалеву). В *четвертый этап* были сформированы прокварцованные руды штокверкового типа с гнездово-вкрапленной полиметаллической минерализацией и свободным микроскопически видимым золотом. *Пятый этап* отвечает жильной кварц-антимонитовой минерализации, наложенной на все предыдущие типы руд (см. табл. 4).

Учитывая длительную и сложную историю формирования золото-сульфидных руд Суздальского месторождения, следует ожидать, что морфологические типы свободного золота здесь значительно бо-

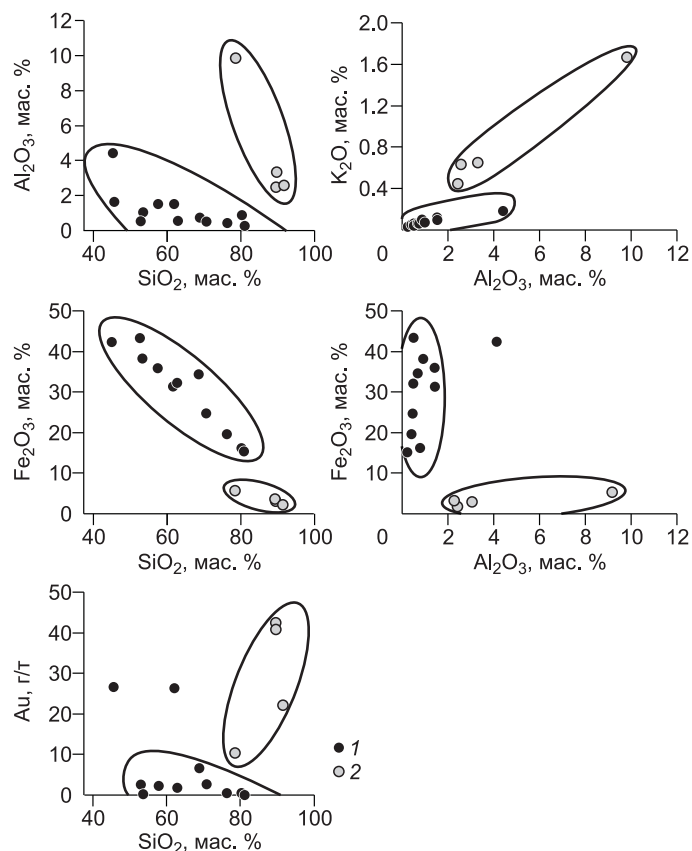
**Рис. 8. Вариационные диаграммы, отражающие главные петрохимические тренды в золото-сульфидных рудах рудного поля Байбура и месторождения Суздаль (Восточный Казахстан).**

1 — золотоносные джаспероиды рудного поля Байбура (обр. Б-7); 2 — окварцованные и минерализованные брекчии, месторождение Суздаль (обр. Су-40).

лее разнообразны. Это подтверждается морфометрическими характеристиками золота [Ковалев и др., 2012].

При сравнении установлено, что пробы золота практически идентичны (920—980 ‰, см. табл. 4). Сквозным геохимическим признаком, прямо указывающим на генетическое родство золото-сульфидных руд Суздальского месторождения и рудного поля Байбура, является отсутствие меди и повышенные содержания ртути в самородном золоте: суздальский тип — до 0.7 мас. ‰, байбуринский — 0.2—0.7 мас. ‰ (см. табл. 4). По этому признаку те и другие отвечают золото-сульфидным рудам карлинского типа, являющегося одним из наиболее перспективных в мировой золотодобывающей промышленности [Radtke, 1985; Kovalev et al., 2009; Kuzmina et al., 2013].

Вместе с тем петрогеохимические тренды в золотоносных джаспероидах байбуринского типа и рудных метосаматитах суздальского типа резко различаются (рис. 8), тем самым подчеркивая, что процессы рудообразования на Суздальском месторождении в существенной мере зависели от внешних наложенных тектономагматических факторов. В качестве последних предполагается влияние Таримского и Сибирского плюмов, воздействие которых на Алтайскую аккреционно-коллизийную систему, включая Зайсанскую сутурную зону, сейчас подтверждено детальными петролого-геохронологическими и структурно-геологическими исследованиями [Добрецов и др., 2005; Борисенко и др., 2006; Владимиров и др., 2008]. В генерализованном виде эволюционная направленность концентрирования золота в пределах Зайсанской сутурной зоны Восточного Казахстана показана на рис. 9. Анализ всех полученных геологических, геохимических и минералогических данных позволяет рассматривать золото-сульфидное оруденение как многостадийное и полигенное, при этом байбуринский формационный тип отвечает ранним стадиям рудообразующего процесса, создавая исходные предпосылки для промышленных месторождений. Изучение золотоносных джаспероидов и анализ их связи с разновозрастным магматизмом является, по мнению авторов, ключевым моментом при постановке поисково-разведочных геологических работ на золото в Восточном Казахстане.

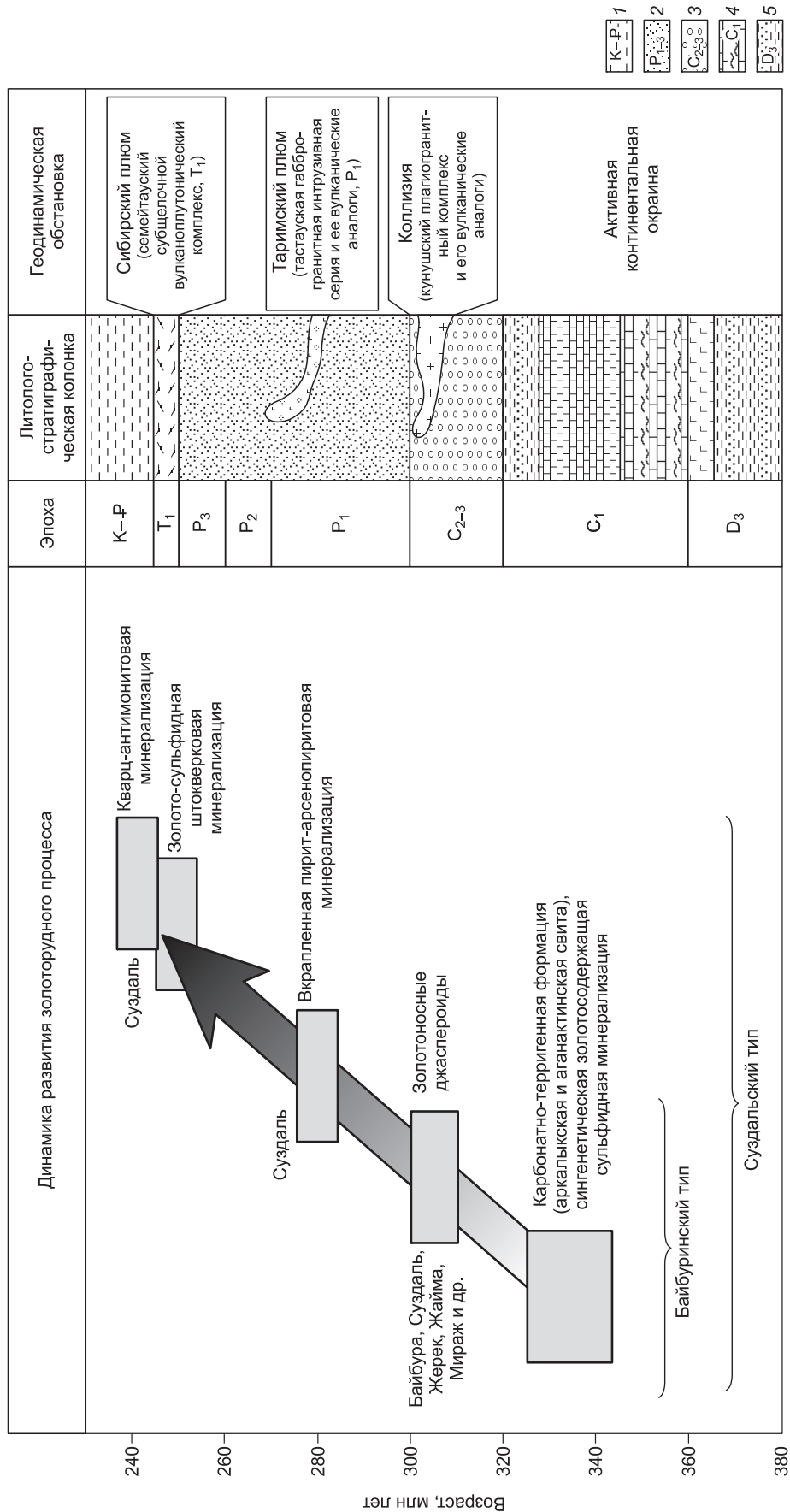


## ВЫВОДЫ

1. Разработана гидротермально-метасоматическая модель рудообразования золоторудных объектов джаспероидного типа, обусловленная формированием минерализованных зон золотого оруденения в тектонически нарушенных карбонатно-терригенных породах аркалыкской свиты ( $C_1V_{2-3}$ ) в результате процессов кремнисто-железистого и кремнисто-марганцевого метасоматоза. Карбонатные отложения, особенно обогащенные углеродистым веществом, развитые на известных рудных полях и объектах (Суздальское, Байбура, Мираж, Жайма и др.), рассматриваются как благоприятная рудовмещающая среда (структурно-литологические и геохимические ловушки) для осаждения и концентрации золота из поступающих ювенильных рудоносных растворов, генетически связанных с магматическими образованиями кунушского комплекса ( $C_3$ ).

2. На основе изучения вещественного состава рудного вещества на макро- и микроуровне с использованием электронной микроскопии и микрозонда установлены морфометрические характеристики самородного золота. Размеры золотин составляют от первых единиц микрометров до 0.1 мм, редко





**Рис. 9. Динамика концентрирования золога, геодинамические обстановки формирования золотоносных джаспероидов (байбуринский тип) и золото-сульфидных (суздальский тип) месторождений Восточного Казахстана.**

Пояснение см. в тексте. 1 — алевролитоглинистая формация; 2 — терригенная формация; 3 — молассовая базальт-андезитовая и лимническая угленосная формация; 4 — граувакковая олистостромовая (аганактинская свита) и базальт-андезитовая известняково-терригенная (аркальская свита) формации; 5 — базальтовая известняково-терригенно-кремнистая и алевролитовая аспидная формации.

больше. Зерна золота имеют преимущественно интерстиционные жилковидно-пластинчатые и идиоморфные кристаллические формы. На массивных первичных зернах установлены наросты гипергенного, более чистого по составу, золота. В метасоматически измененных карбонатных породах (джаспероидах) при микроскопических исследованиях выявлены микровключения тонкого (первые единицы микрометров) самородного золота и игольчатого арсенопирита.

3. Главными критериями поиска золотоносных джаспероидов являются: 1) развитие вулканогенно-терригенно-карбонатной толщи островодужного типа (аркалыкская свита,  $C_1v_{2-3}$ ); 2) присутствие малых интрузий и даек плагиогранит-гранодиоритового состава кунушского комплекса  $C_3$  и(или) отрицательные аномалии гравитационного поля и положительные аномалии магнитного поля, указывающие на нескрытые гранитоидные тела; 3) повышенная трещиноватость и брекчирование вмещающих пород, связанная с гидротермально-метасоматическими изменениями, иногда с березитизацией; 4) повышенное содержание золота в бурых железняках из зоны окисления (до 1—27 г/т); 5) морфология и специфический состав свободного золота высокой пробности (920—980 ‰), содержащего повышенные концентрации ртути (0.2—0.7 мас. %), что характерно для золото-сульфидных месторождений карлинского типа.

Авторы благодарят академика Н.Л. Добрецова за поддержку предпринятых исследований, а также А.С. Борисенко, И.В. Гаськова, Ю.А. Калинина, К.Р. Ковалева, Н.П. Майорову, М.А. Мизерную, З.И. Черненко, принимавших активное участие в обсуждении поднятых в статье проблем и высказавших ряд критических замечаний. Особо следует отметить аналитиков ИГМ СО РАН — Н.Г. Карманову (рентгенофлюоресцентный анализ), В.Г. Цимбалюк (атомно-абсорбционный анализ), А.Т. Титова (электронная сканирующая микроскопия) и О.С. Хмельникову (рентгеноспектральный микроанализ), без чьей тщательной и оперативной помощи выполнение данной работы было бы невозможно.

Статья подготовлена по гранту с Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан № 26-313-13, а также при поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 5.3143.2011) и Президиума СО РАН (партнерский интеграционный проект № 77).

#### ЛИТЕРАТУРА

**Борисенко А.С., Сотников В.И., Изох А.Э., Поляков Г.В., Оболенский А.А.** Пермотриасовое оруденение Азии и его связь с проявлением плюмового магматизма // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (1), с. 166—182.

**Буслов М.М., Ватанабе Т., Смирнова Л.В., Фудживара И., Ивата К., де Граве И., Семаков Н.Н., Травин А.В., Кирьянова А.Т., Кох Д.А.** Роль сдвигов в позднепалеозойско-раннемезозойской тектонике и геодинамике Алтае-Саянской и Восточно-Казахстанской складчатых областей // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (1—2), с. 49—75.

**Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Руднев С.Н., Хромых С.В.** Геодинамика и гранитоидный магматизм коллизионных орогенов // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (12), с. 1321—1338.

**Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Полянский О.П., Владимиров В.Г., Бабин Г.А., Руднев С.Н., Анникова И.Ю., Травин А.В., Савиных Я.В., Палесский С.В.** Корреляция герцинских деформаций, осадконакопления и магматизма Алтайской коллизионной системы как отражение плейт- и плюм-тектоники // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). М., ГИН РАН, 2005, с. 182—215.

**Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Хромых С.В., Полянский О.П., Червов В.В., Владимиров В.Г., Травин А.В., Бабин Г.А., Куйбыда М.Л., Хомяков В.Д.** Пермский магматизм и деформации литосферы Алтая как следствие термических процессов в земной коре и мантии // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (7), с. 621—636.

**Добрецов Н.Л., Владимиров А.Г., Крук Н.Н.** Пермско-триасовый магматизм Алтае-Саянской складчатой области как отражение Сибирского суперплюма // ДАН, 2005, т. 400, № 4, с. 505—509.

**Дьячков Б.А., Кузьмина О.Н.** Критерии прогнозирования и поиска золоторудных месторождений апокарбонатного типа (Восточный Казахстан) // Корреляция алтаид и уралид (магматизм, метаморфизм, стратиграфия, геохронология и металлогеническое прогнозирование): материалы Российско-Казахстанского совещания (Усть-Каменогорск, 13—20 июня 2012 г., Новосибирск, 27—28 августа 2012 г.). Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2012, с. 22—24.

**Дьячков Б.А., Мочалкина Л.Н., Кузьмина О.Н.** Рудные формации и минералогия Зайсанской сутурной зоны // Материалы конференции «Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых», Томск, Изд-во ТПУ, 2005, с. 44—45.

**Дьячков Б.А., Майорова Н.П., Черненко З.И., Кузьмина О.Н.** К проблеме поиска и оценки нового нетрадиционного типа золотого оруденения в карбонатных формациях Восточного Казахстана // Руды и металлы, 2009, № 3, с. 11—21.

**Дьячков Б.А., Черненко З.И., Майорова Н.П., Мизерная М.А., Кузьмина О.Н.** Геологические условия формирования и размещения золоторудных месторождений апокарбонатного типа Восточного Казахстана. Усть-Каменогорск, ВКГТУ, 2011, 136 с.

**Ковалев К.Р., Калинин Ю.А., Полынов В.И., Кыдырбеков Е.Л., Борисенко А.С., Наумов Е.А., Нетесов М.И., Клименко А.Г., Колесникова М.К.** Суздальское золото-сульфидное месторождение в черносланцевых толщах Восточного Казахстана // Геология рудных месторождений, 2012, № 4, с. 305—328.

**Коробейников А.Ф.** Научные основы прогнозно-минерагенических и поисковых исследований на благороднометалльное оруденение // Региональная геология, 2011, № 1, с. 14—22.

**Куйбида М.Л., Крук Н.Н., Владимиров А.Г., Полянский Н.В., Николаева И.В.** U-Pb-изотопный возраст, состав и источники плагиигранитов Калбинского хребта (Восточный Казахстан) // ДАН, 2009, т. 424, № 1, с. 84—88.

**Лось В.Л., Усманов Ф.А., Гольдберг И.С., Горяева В.С., Самохвалова О.В., Локтионов А.А., Аргынова А.Х., Абрамсон Г.Я., Назаров В.Н., Легонькин В.С.** Комплексная переработка минерального сырья Казахстана. Состояние, проблемы, решения. Т. 1а. Прогноз, поиски и моделирование рудных объектов. Алматы, 2008, 466 с.

**Мурзин В.В., Сазонов В.Н., Ронкин Ю.Л.** Модель формирования Воронцовского золоторудного месторождения на Урале (карлинский тип): новые данные и проблемы // Литосфера, 2010, № 6, с. 66—73.

**Нарсеев В.А.** К дискуссии о генезисе руд карлинского типа // Руды и металлы, 2002, № 1, с. 67—70.

**Нарсеев В.А., Гостев Ю.В., Захаров А.В.** Бакырчик (геология, геохимия, оруденение). М., ЦНИГРИ, 2001, 174 с.

**Николаева Л.А., Яблокова С.В.** Типоморфные особенности самородного золота и их использование при геолого-разведочных работах // Руды и металлы, 2007, № 6, с. 41—57.

**Петровская Н.В.** Самородное золото. М., Наука, 1973, 347 с.

**Рафаилович М.С.** Нетрадиционные месторождения золота Казахстана // Геонауки в Казахстане: доклады казахстанских геологов. Алматы, Казахстанское геологическое общество КазГЕО, 2004, с. 159—176.

**Щерба Г.Н., Беспяев Х.А., Дьячков Б.А.** Большой Алтай (геология и металлогения). Кн. 2. Металлогения. Алматы, РИО ВАК РК, 2000, 400 с.

**Bhatia M.R.** Plate tectonics and geochemical composition of sandstones // J. Geol., 1983, v. 91, № 6, p. 611—627.

**Kovalev K.R., Kalinin Yu.A., Naumov E.A., Pirajno F., Borisenko A.S.** Mineralogical study of the Suzdal sediment-hosted gold deposit, Eastern Kazakhstan: implications for ore genesis // Ore Geol. Rev., 2009, v. 35, p. 186—205.

**Kuzmina O.N., Dyachkov B.A., Vladimirov A.G., Kirillov M.V. et al.** Gold-sulfide jasperoids of East Kazakhstan // Special issue of Miner. Mag. Goldschmidt conference, 25—30 August, 2013, Italy, Firenze, abstracts, 2013, p. 1531.

**Radtke A.S.** Geology of the Carlin gold deposit, Nevada. Professional Paper 1267, U.S. Geol. Sur., 1985, 124 p.

*Рекомендована к печати 10 июля 2013 г.  
Н.Л. Добрецовым*

*Поступила в редакцию  
10 июня 2013 г.*