

553.411.071 (571.62)

© А.А.Гребенникова, 2013

## ТИПОМОРФИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ПРАВО-СООЛИЙСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО УЗЛА (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ) КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СВЯЗИ В СИСТЕМЕ РОССЫПЬ – КОРЕННОЙ ИСТОЧНИК

А.А.Гребенникова (ДВГИ ДВО РАН)

*Исследованы типоморфные особенности россыпного золота месторождения Болотистое, входящего в состав Право-Соолийского рудно-россыпного узла. Выявлены и изучены основные характеристики (гранулометрический состав, морфология, пробность, элементы-примеси, сростание золота с другими минералами) самородного золота от коренного источника до попадания в россыпь и его перемещение на протяжении нескольких километров в россыпях дальнего сноса. Основным источником питания россыпей послужил кварц-турмалин-золото-тетрадимит-теллуридовисмутитовый минеральный комплекс. На основе близких типоморфных и геологоструктурных признаков сделан прогноз о крупных запасах золота и теллуридов висмута на рудопоявлении Джулия (юго-восток Хабаровского края).*

*Ключевые слова: типоморфизм, золото, висмут-теллуриды, минерализация, химический состав, элементы-примеси, коренной источник.*

*Гребенникова Анна Александровна, [anvlotina@mail.ru](mailto:anvlotina@mail.ru)*

## NATIVE GOLD FROM PRAVO-SOOLIIY ORE PLACER AREA (KHABAROVSK TERRITORY): TYPO-MORPHIC FEATURES AS A BOND INDICATOR IN THE SOURCE – PLACER DEPOSIT SYSTEM

A.A.Grebennikova

*Typomorphic features of native gold from the Bolotistoe deposit within the Pravo-Sooliy ore placer area have been studied. The gold was traced from the ore source till its occurring as a placer and over several kilometers of its drifting further. During the study main characteristics of the native gold were investigated, such as granulometric composition, morphology, fineness, trace elements, intergrowth with other minerals. It has been determined that the placer basic mineral source was quartz-tourmaline-gold-tetradymite-tellurobismuthite mineral type. Close typomorphic and geological structure features made it possible to predict the probable existence of large gold and bismuth telluride reserves at the Julia ore manifestation in the southeast of Khabarovsk Territory.*

*Key words: typomorphism, gold, bismuth-tellurian mineralization, chemical composition, trace elements, root source.*

Типоморфные особенности самородного золота учитывают при определении рудно-формационного типа месторождения, особенностей рудообразования, выяснении физико-химических условий отложения золота, состава рудоносных растворов, генетической связи золотоносных россыпей и коренных источников металла. Изучению данной проблемы посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных исследователей [9–12, 14, 15, 21, 24 и др.]. К типоморфным признакам самородного золота относятся гранулометрический состав (размерность зерен), степень окатанности (для россыпей), морфология выделений, микрорельеф поверхности, состав (пробность, элементы-примеси) и минеральные ассоциации, с которыми самородное золото находится в сростании.

Один из перспективных районов Дальневосточного региона России на россыпные и коренные золоторудные месторождения — Право-Соолийский рудно-россыпной узел Лазовского района на юго-востоке Хабаровского края. Судя по вещественному составу россыпей, он характеризуется формационной однотипностью коренных источни-

ков. Установлены также сходство их геоморфологического положения и уровня среза, общность морфоструктурной позиции и режима неотектонического развития, обуславливающих распространение одного или ограниченного числа морфогенетических типов россыпей [16].

Право-Соолийский рудно-россыпной узел площадью ~600 км<sup>2</sup> расположен на юге Сооли-Тормасинского рудного района. Центральным Сихотэ-Алинским разломом его территория разделена на две части: западную, сложенную осадочными и вулканогенно-осадочными породами Журавлево-Амурского террейна, и восточную — осадочными и вулканическими породами Самаркинского. Журавлево-Амурский террейн является фрагментом турбидитовой формации, сформировавшейся в условиях окраинного синсдвигового бассейна, Самаркинский — фрагментом юрской аккреционной призмы [3].

В структурном плане рудно-россыпной узел приурочен к центральной части Западно-Сихотэ-Алинской вулканогенной зоны (В.А.Дымович, 1987 г.). Он расположен в пределах крупной, зо-

нально построенной положительной морфоструктуры центрального типа (вулканоплутонического поднятия), отчетливо выраженной в рельефе, строении гидросети, а также геофизических и геохимических полях [18]. Центральный Сихотэ-Алинский структурный шов — крупнейший глубинный разлом — в пределах площади представлен двумя субпараллельными разломами, прослеживающимися по обоим бортам рек Тормасу и Сооли (В.А.Дымович, 1987 г.). Вместе с сопровождающей их серией ветвящихся разрывов различной протяженности разломы образуют единую зону левостороннего сдвига с амплитудой смещения от 120 до 200 км.

Право-Соолийский узел включает несколько золоторудных объектов — рудопоявления Джулия и Кварцевое, месторождение Болотистое (В.А.Дымович, 1987 г.). Рудопоявление Джулия локализовано на левобережье нижнего течения р. Тормасу (левый приток р. Анюй), где развиты верхнемеловые андезиты, прорванные эоценовыми интрузиями габбро, габбро-диоритов, кварцевых диоритов и гранитов. Породы пиритизированы и эпидотизированы, отмечаются кварц-андалузит-альбитовые метасоматиты с густой вкрапленностью сульфидов. В метасоматитах установлены убогие содержания Au (0,01–0,05 г/т), Mo (до 30 г/т), Cu, Pb (до 100 г/т), Zn (до 300 г/т), Ag (до 10 г/т). К полям метасоматически измененных пород и выходам эоценовых интрузий кварцевых диоритов тяготеют малоcontrastные металлотрические аномалии с содержанием Au до нескольких граммов на 1 т. По данным В.А.Дымовича (1987 г.), золотая минерализация здесь связана с телами кварцевых диоритов. Тематические работы по обнаружению россыпей на рудопоявлении Джулия не проводились.

Рудопоявление Кварцевое расположено на левобережье среднего течения р. Тормасу. Золото (до 1 г/т) содержится в кварцевых прожилках мощностью до 20 см, распространенных среди валанжинских песчаников в тектонических ослабленных зонах преимущественно субширотного направления. В делювии бортов долины ручья, размывающего меловые андезиты самаргинской свиты, установлено до 21 мг Au на 0,02 м<sup>3</sup> промытой породы. Размер золотинок 0,1–0,5 мм, иногда до 1 мм. Коренные источники золота не определены (В.А.Дымович, 1987 г.). В повышенных концентрациях отмечаются (%) Pb до 0,4, Zn до 0,06, Mo до 0,01, иногда до 0,1, Sb и Sn до 0,01.

В 1977–1978 гг. при геологическом доизучении территории рудопоявления в верховье руч. Болотистый был установлен шлиховый ореол рассеяния золота, а затем и рудопоявление золота. Предпосылки и результаты изучения В.А.Дымовича

(1987 г.) о перспективах россыпной золотоносности тогда не оценили по достоинству. Только в 1997 г. старательской артелью «РОС-ДВ» на данной площади были найдены промышленные россыпи золота. Выявление крупной россыпи золота в бассейне руч. Болотистый стало весьма значимым геологическим открытием на юге Дальнего Востока за последние десятилетия.

Учитывая благоприятное географо-экономическое положение, степень изученности, наличие коренного оруденения и богатых промышленных россыпей золота, месторождение Болотистое — наиболее перспективный объект Право-Соолийского рудно-россыпного узла. На месторождении установлен источник питания россыпей и оно может служить эталоном для изучения генетической связи россыпь – коренной источник, а полученные данные могут быть применены при поисках новых объектов с рудным и россыпным золотом. Немаловажен также факт принадлежности золоторудных месторождений, содержащих висмут-теллуровую минерализацию, нередко к крупным и сверхкрупным объектам [2, 22, 23, 25]. Поэтому выявление типоморфных особенностей самородного золота и его минералов-спутников из россыпей позволит обобщить уже имеющиеся результаты научных исследований с вновь полученными данными и установить закономерности генетической связи золотоносных коренных и богатых россыпных объектов.

Сведения по геологии характеризуемой площади, минералогии руд и россыпей приведены по работам В.М.Степаненко и др. [17], В.В.Иванова и др. [1, 4, 13, 20], Л.Б.Сушкина [18], А.А.Лотиной [5–8].

*Методика исследования.* В основу статьи положен материал, собранный в процессе тематических работ (руководитель В.В.Иванов), проводившихся в данном районе в 2002–2011 гг. лабораторией анализа благородных металлов ДВГИ ДВО РАН, при содействии ООО «РОС-ДВ» (А.И.Замбрицкий, С.В.Леснов, В.М.Степаненко). Типоморфизм самородного золота изучался в зернах, отобранных из шлиховых проб.

Гранулометрический состав исследован путем разделения совокупности зерен на классы крупности и установления массы крупности каждого класса при помощи ситового анализа. Набор сит подбирался с размером ячеек, близких к классам гранулометрической шкалы для видимого золота. Поверхность зерен минералов изучалась с применением аналитической растровой электронной микроскопии. Использовался электронный микроскоп EVO 50XVP (Carl Zeiss) с приставкой INCA Energy 350 (Oxford Instruments). Морфология самородного золота и золотоносные минеральные ассо-

циации при первичной обработке образцов диагностировались с помощью бинокля Nikon EZ4D (Nikon, Япония).

Для определения состава самородного золота применялась атомно-абсорбционная спектроскопия с использованием спектрофотометра Hitachi 180-50. Набор элементов-примесей самородного золота изучался эмиссионным спектральным анализом на приборах PGS II или ДФС-8 и ДФС-13 с испарением пробы в дуге переменного тока. При подготовке монофракций для анализа учитывались однородность окраски зерен, наличие или отсутствие пленок и примазок других минералов.

*Краткая геологическая характеристика месторождения Болотистое.* Месторождение локализовано в «эрозионном окне» среди частично перекрытых андезитами кузнецовской свиты покровов миоценовых базальтов кизинской свиты, где обнажаются берриас-валанжинские терригенные отложения, прорванные эоценовым интрузивным телом сложного состава (габбро, габбро-диабазы, диабазы, габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты). Дайковый комплекс состоит из тел эоценовых габбро-диоритовых порфиринов, гранодиоритов.

Золоторудный штокверк расположен в габбро-диоритовом интрузиве и лишь на отдельных участках — во вмещающих нижнемеловых терригенно-осадочных породах. Он представлен сложной системой разноориентированных маломощных кварцевых или кварц-турмалиновых прожилков мощностью от нитевидных до 20 см, протяженностью 10–15 м. Прожилки неравномерно распределены во вмещающих породах, имеют северо-западное, субмеридиональное, реже северо-восточное или субширотное простирание (В.А.Дымович, 1979 г.). Выделены два продуктивных минеральных комплекса, различающихся по минеральному составу и пробности самородного золота, — кварц-турмалин-золото-тетрадимит-теллуровисмутитовый и кварц-арсенидно-сульфидный. В составе обоих комплексов содержатся теллуриды и сульфотеллуриды висмута [7, 8]. Минералами первого комплекса сложены турмалин-кварцевые прожилки, секущие дайки среднего и кислого составов и вмещающие меловые осадочные породы. Второй комплекс характерен для золотоносных кварцевых, карбонат-кварцевых и карбонатных прожилков штокверка, секущих эоценовые габбро-диориты, диабазы и кварцевые диориты в пределах многофазного интрузива габбро-диоритов.

Содержания золота в руде обычно не превышают первых граммов на 1 т, но в отдельных штучных пробах достигают нескольких десятков граммов на 1 т (В.А.Дымович, 1979 г.). Промышленные кон-

центрации золота установлены в коренном залегании в кварц-турмалиновых метасоматитах (1,4 г/т), в алевролитах, окварцованных кварцевых диоритах (от 1 г/т и более).

Разрывные нарушения северо-западного и субмеридионального направления выражены зонами интенсивной трещиноватости, гидротермально измененными породами и контролируют размещение даек (В.А.Дымович, 1979 г.). Наиболее широко во вмещающих породах проявлены процессы низкотемпературной аргиллизации. Другие изменения, такие как пропицитизация, серицитизация, альбитизация, окварцевание и турмалинизация, распространены локально.

Для площади данного объекта характерны раздробленность пород и широкое развитие кор выветривания. Геоморфологические условия Право-Солийского рудно-россыпного района и месторождения Болотистое благоприятны для образования россыпей. Гидросеть территории формировалась на фоне умеренных тектонических поднятий, вследствие чего долины водотоков имеют хорошо выработанный продольный и поперечный профили, а аллювиальные отложения отличаются значительной мощностью.

На месторождении выявлены крупные и средние по масштабу аллювиальные золотоносные россыпи в ручьях Средний и Ключевой — притоках руч. Болотистый. Это россыпи ближнего сноса, образовавшиеся в результате переработки золотоносного склонового материала и поступления металла из вскрытых в плотике рудных тел. Россыпь дальнего сноса расположена ниже по течению руч. Болотистый. Она не имеет непосредственной связи с коренным источником и сформировалась за счет транзитного металла. Общая протяженность россыпного узла по ручьям Средний и Болотистый >10 км. Наиболее богатая часть россыпи приурочена к долине руч. Средний, который размывает центральную часть месторождения. Менее значительны параметры россыпи по руч. Ключевой. Она образована за счет дренирования ручьем краевых частей рудного поля. Плотик россыпей сложен терригенными образованиями, которые прорываются дайками диабазов и габбро-диоритов. Рыхлые отложения представлены слабо окатанными галечно-гравийными отложениями с незначительной долей валунов в их верхних частях [17, 18].

Типоморфные особенности самородного золота изучались по выборкам проб из россыпей руч. Средний (верх — I, низ — II), руч. Ключевой (III), руч. Болотистый (верх — IV, низ — V).

*Гранулометрический состав россыпного золота.* В россыпях выявлено преобладание зерен золо-

**1. Гранулометрический состав россыпного золота, мас. %**

№№ п/п	Выборка	Фракция, мм			
		+2,0	-2,0+0,5	-0,5+0,25	-0,25
<i>Руч. Средний, верх.</i>					
1	I	56	20	17	7
<i>Руч. Средний, низ.</i>					
2	II	13	46	31	10
<i>Руч. Ключевой</i>					
3	III	4	47	14	35
<i>Руч. Болотистый, верх.</i>					
4	IV	1	8	55	36
<i>Руч. Болотистый, низ.</i>					
5	V	2	15	70	13

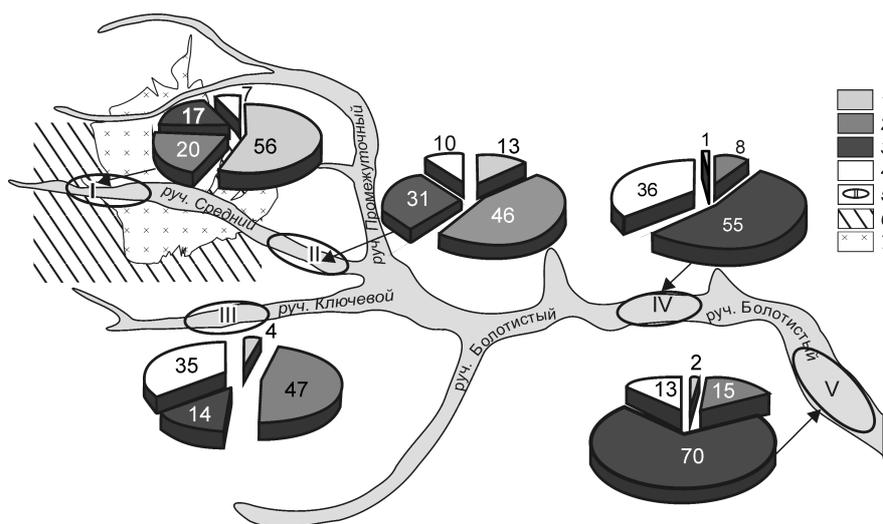
та крупной и средней размерности. От головки россыпи к ее хвосту размерность зерен уменьшается. Наибольшее количество самородков отмечено в верховьях россыпи руч. Средний (А.И.Замбрицкий, 2006 г.), в низовьях они встречаются гораздо реже. В верховьях руч. Средний преобладают зерна размерностью +2,0 (56%) и -2,0+0,5 мм (20%) (рис. 1). Менее распространены фракции -0,5+0,25 (17%) и -0,25 мм (7%). В нижнем течении руч. Средний установлены фракции -2,0+0,5 (46%) и -0,5+0,25 мм (31%). Реже встречаются зерна самородного золота, относящиеся к фракциям +2,0 (13%) и -0,25 мм

(10%) (табл. 1, см. рис. 1). Таким образом, для россыпи руч. Средний характерно золото средней (-2,0 +0,5 мм) и крупной (+2,0 мм) размерности. Менее распространено мелкое и весьма мелкое золото. Вниз по течению в россыпи закономерно уменьшается относительное количество средней и крупной фракций самородного золота и увеличивается доля мелкой и весьма мелкой. Золото россыпи руч. Ключевой представлено в основном зернами средней (-2,0+0,5 мм) и очень мелкой (-0,25 мм) размерности. Меньшую долю составляют фракции -0,5 +0,25 и +2,0 мм (см. табл. 1, рис. 1). В верхнем течении руч. Болотистый в россыпи преобладает золото размерностью -0,5+0,25 (55%) и -0,25 мм (36%). Реже отмечаются фракции от -2,0+0,5 (8%) и +2,0 (1%). В нижнем течении ручья установлены зерна самородного золота размерностью -0,5+0,25 мм, которые составляют 70%, -2,0+0,5 мм — 15%, -0,25 мм — 13%, +2,0 мм — 2%.

**Морфология зерен самородного золота.** В коренных рудах выделены два морфологических типа зерен — правильные и неправильные. Для мелких зерен (-0,25 мм) в виде кристаллов различного облика характерны идиоморфные формы. Кроме того, встречаются пластинки, таблички и чешуйки. Крупные золотины обычно имеют комковидную и сложнокомковидную формы.

Идиоморфные зерна представлены изометрическими и удлинненными кристаллами, их сростками, дендритами и дендритоидами. Изометрические кристаллы имеют октаэдрический и додекаэдрический габитусы (рис. 2, а, б).

В россыпях они присутствуют в основном во фракциях -0,5+0,25 и -0,25 мм [5]. Кристаллы практически не окатаны и обладают хорошей сохранностью граней. Иногда наблюдались сростки изометрических кристаллов как сложного, так и простого строения. В уплощенных кристаллах октаэдрического габитуса сохранились отчетливые грани, несмотря на закругленность их ребер и вершинок. Для граней характерны шероховатая поверхность и наличие отпечатков кристаллов других минералов, вероятно, кварца.



**Рис. 1. Гранулометрический состав самородного золота из россыпей месторождения Болотистое:**

размер золотинок, мм: 1 — +2,0, 2 — -2,0+0,5, 3 — -0,5+0,25, 4 — -0,25; 5 — место отбора проб и номер выборки; 6 — периферическая часть штокверка (площадь развития жильно-прожилковой Au-Vi-Te минерализации в терригенных породах); 7 — центральная часть штокверка (интрузия сложного состава)

Удлиненные разновидности самородного золота подразделяются на лентовидные и проволокоподобные индивиды длиной 4–5 см при толщине 1–2 мм. Некоторые из них имеют сгибы и перегибы (результат скручивания или механических деформаций), а также следы скольжения или волочения. В углублениях бугорчато-ямчатого рельефа на поверхности таких кристаллов обычно присутствуют гидроксиды железа и кварц. Дендриты и дендритоиды в основном уплощенной, листовидной, стержневидной и булавовидной форм.

Зерна самородного золота неправильных форм — удлиненные, комковидные или сложнокмковидные, предположительно выполняли интерстиции между кварцевыми зернами в коренных рудах (см. рис. 2, в, з). Удлиненные зерна имеют проволокоподобную форму, характеризуются шероховатой поверхностью и присутствием углублений, частично заполненных кварцем. Зерна комковидной формы иногда окружены «рубашкой» из теллуридов висмута (теллуридов висмутит, тетрадимит) или гидроксидов железа. Среди зерен неправильных форм встречаются занозистые и уплощенные разновидности.

В россыпях месторождения Болотистое золото представлено комковидными, удлиненными и уплощенными индивидами. Очень редко встречаются кристаллы. Чем дальше от коренного источника, тем больше в россыпи дальнего сноса руч. Болотистый появляется уплощенных и окатанных зерен золота. Процентное соотношение морфологических разновидностей золота в россыпях приведено в табл. 2.

В верхнем течении руч. Средний в россыпи преобладают комковидные (96%) зерна. В меньшем количестве встречаются зерна удлиненной (3%) и уплощенной (1%) форм. В нижнем течении ручья уменьшается доля комковидного золота (до 83%) и возрастает относительное количество уплощенных (9%) и удлиненных (8%) зерен (рис. 3; см. табл. 2). В россыпи руч. Ключевой количественное соотношение различных форм зерен самородного золота следующее, %: комковидное 90, удлиненное 8, уплощенное 2. В россыпи руч. Болотистый, в верховьях ключа, преобладают комковидные (79%), удлиненные (10%) и уплощенные (11%) зерна. В нижнем течении ручья уменьшается доля комковидных (61%) и удлиненных (8%) зерен золота, значительно возрастает относительное количество уплощенных (до 31%) (см. табл. 2, рис. 3).

*Степень окатанности зерен самородного золота в россыпях.* Различаются неокатанные (угловатые), полуокатанные (полуугловатые) и окатанные зерна золота. Наиболее распространены неокатанные и полуокатанные зерна, характерные для верхних участков россыпей месторождения Болотистое.

## 2. Количественное соотношение морфологических разновидностей самородного золота в россыпях месторождения Болотистое, в % от общего числа зерен

№№ п/п	Номер выборки	Комковидные	Удлиненные	Уплощенные
<i>Руч. Средний, верхнее течение</i>				
1	I	96	3	1
<i>Руч. Средний, нижнее течение</i>				
2	II	83	8	9
<i>Руч. Ключевой</i>				
4	III	90	8	2
<i>Руч. Болотистый, верхнее течение</i>				
5	IV	79	10	11
<i>Руч. Болотистый, нижнее течение</i>				
6	V	61	8	31

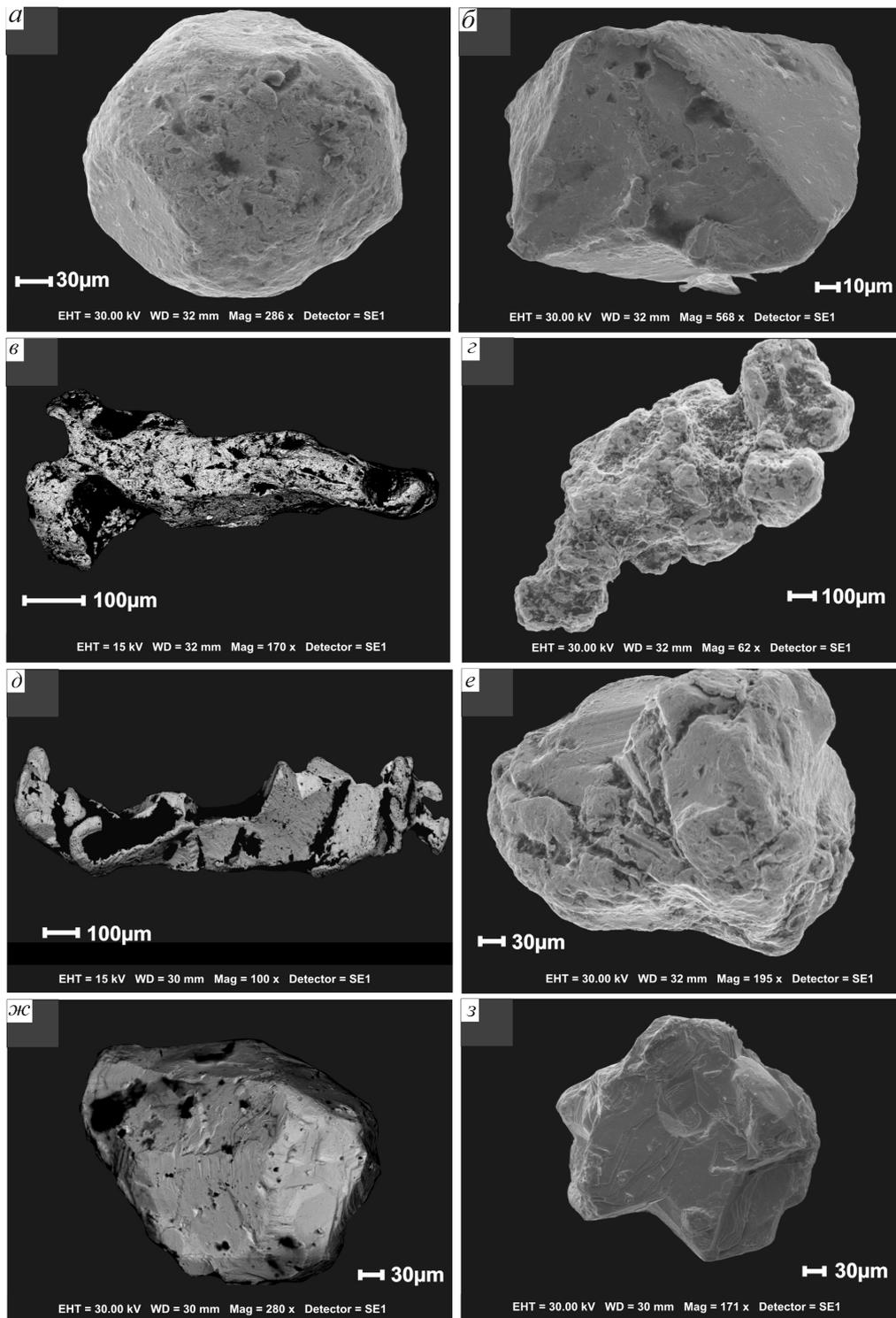
Примечание. Выборки: I (n=30), II (n=18), III (n=11), IV (n=10), V (n=9); n — число проб.

Окатанные зерна встречаются относительно редко, главным образом в нижней части россыпи руч. Болотистый. Неокатанные золотины или зерна «рудного облика» имеют отпечатковый рельеф поверхности с остроугольными формами, поверхность полуокатанных — бугорчато-ямчатая и шероховатая [8]. Золотины желтые до буровато-желтых (за счет пленок гидроксидов железа) с блеском средней интенсивности.

*Скульптура поверхности зерен самородного золота в россыпях.* Скульптура поверхности золотины обусловлена различными механизмами их роста. К ним относятся сокристаллизация самородного золота с другими минералами в полостях, образование одиночных зерен в свободном пространстве и частичное растворение уже сформировавшихся. В соответствии с этим выделены три генетических типа поверхности зерен самородного золота из россыпей месторождения Болотистое.

Поверхность совместного роста характеризуется сложным сочетанием различных типов микро-рельефа, основным из которых является отпечатковый (см. рис. 2, д), имеющий ребристо-ямчатый характер. Такие поверхности встречаются относительно редко и представляют собой одиночные углубления правильной формы, оставшиеся от кристаллов других минералов. По частоте встречаемости наиболее распространены отпечатки одной или двух граней кварцевых кристаллов, зачастую более крупных, чем золотины [8].

Поверхность свободного роста проявлена в виде ступеней роста (см. рис. 2, е), образовавшихся



**Рис. 2. Морфология индивидов самородного золота, ручьи Средний и Ключевой:**

фото на сканирующем электронном микроскопе (А-3), пробы И-28470/96, И-28471, И-28472, И-28480/102; *a* — октаэдрический кристалл самородного золота с шероховатой поверхностью; *б* — додекаэдр самородного золота; *в* — удлиненный индивид самородного золота с примазками гидроксидов железа; *г* — сложнокомковидное удлиненное зерно золота; *д* — удлиненное зерно самородного золота с отпечатками фрагментов поверхности зерен минералов-соседей, в углублениях с примазками гидроксидов железа; *е* — ступенчатая скульптура роста; *ж* — призматический кристалл со штриховкой и отпечатками фрагментов поверхности минералов-соседей; *з* — сросток золота с теллурувисмутитом, имеющим четкую спайность

ся в результате послонного отложения вещества на растущих гранях. Не исключено, что в некоторых случаях ступенчатая поверхность зерен может быть связана с отпечатками штриховки граней вмещающих минералов, например пирита или кварца. Для таких зерен самородного золота характерна грубая ступенчатость. Обычно она проявляется в зернах высокопробного золота на месторождениях средних и больших глубин. Реже встречаются золотины со штриховкой на поверхности зерен (см. рис. 2, ж), обусловленной процессами роста. Обычно это штрихи-впадины и штрихи-выступы.

На поверхности зерен неправильных форм иногда можно видеть штриховку, обусловленную, по-видимому, не процессами последовательного роста, а волочением зерна по дну ручья. Такие зерна бывают как удлиненные, так и комковидные. Они обладают шероховатой бугристо-ямчатой поверхностью, в углублениях которой присутствуют глинистые минералы, кварц и гидроксиды железа [5, 8].

Кроме линейной ступенчатости, на гранях кристаллов самородного золота иногда отмечаются аксессуары роста преимущественно в виде кристаллов гексагональной формы.

Поверхность растворения обусловлена экзогенными процессами. В основе ее формирования лежат явления растворения самородного золота как на участках дислокаций и других дефектов кристаллической решетки, так и вокруг включений различного состава и происхождения.

**Проба россыпного золота.** В россыпи верховьев руч. Средний проба самородного золота составляет (‰) 920–995, в нижнем его течении — 920–985, руч. Ключевой — 920–978. В верхней части россыпи руч. Болотистый она составляет 940–980, в низовье ключа — 920–990‰ (табл. 3, рис. 4). Таким образом, в пределах различных частей россыпей и в целом проба россыпного золота на месторождении Болотистое изменяется незначительно.

**Элементы-примеси.** По степени распространенности и содержанию все элементы-примеси,

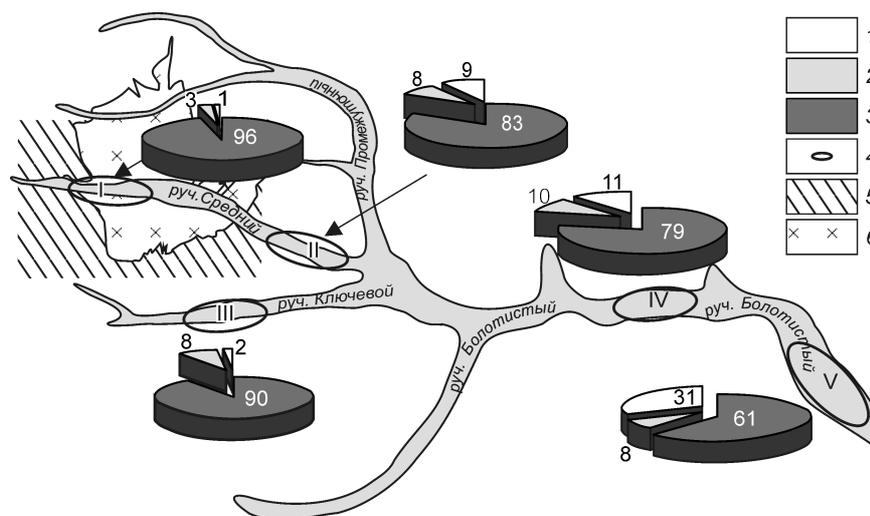


Рис. 3. Морфологический состав россыпного самородного золота:

форма золотинок: 1 — уплощенная, 2 — удлиненная, 3 — комковидная; 4 — место отбора проб и номер выборки; 5 — площадь развития рудной жильно-прожилковой Au-Bi-Te минерализации; 6 — интрузия сложного состава с Au-Bi-Te-минерализацией

согласно Н.В.Петровской [15], можно разделить на группы: 1 — главные; 2 — второстепенные постоянные; 3 — третьестепенные, зависящие от состава руд; 4 — локально распространенные; 5 — редкие, малоизученные и др.

По результатам эмиссионного спектрального анализа среди элементов-примесей в россыпном золоте месторождения Болотистое отмечается постоянное присутствие Bi и Te. Им обычно сопутствуют Cu, Pb, As, Sb, Hg, Fe, Si, Al, Ti, Mg или Zr.

В россыпи руч. Средний, верховья ключа (выборка I), самородное золото содержит примеси, г/т: Bi от 1 до 213, Te 17–576, Cu 65–900, Pb 3–930, As 9–386, Sb 25–168, Hg 49–450. В небольшом количестве (табл. 4) присутствуют, г/т: Ni 1–11, Co 1–19, Sb 4–25, Pd 1–15. В низовье руч. Средний (выборка II) в самородном золоте отмечены примеси, г/т:

### 3. Проба россыпного золота месторождения Болотистое, ‰

№№ п/п	Число проб	Проба
<i>Руч. Средний, верх. Выборка I</i>		
1	61	920–995
<i>Руч. Средний, низ. Выборка II</i>		
2	15	920–985
<i>Руч. Ключевой. Выборка III</i>		
3	32	920–978
<i>Руч. Болотистый, верх. Выборка IV</i>		
4	45	940–985
<i>Руч. Болотистый, низ. Выборка V</i>		
5	16	920–990

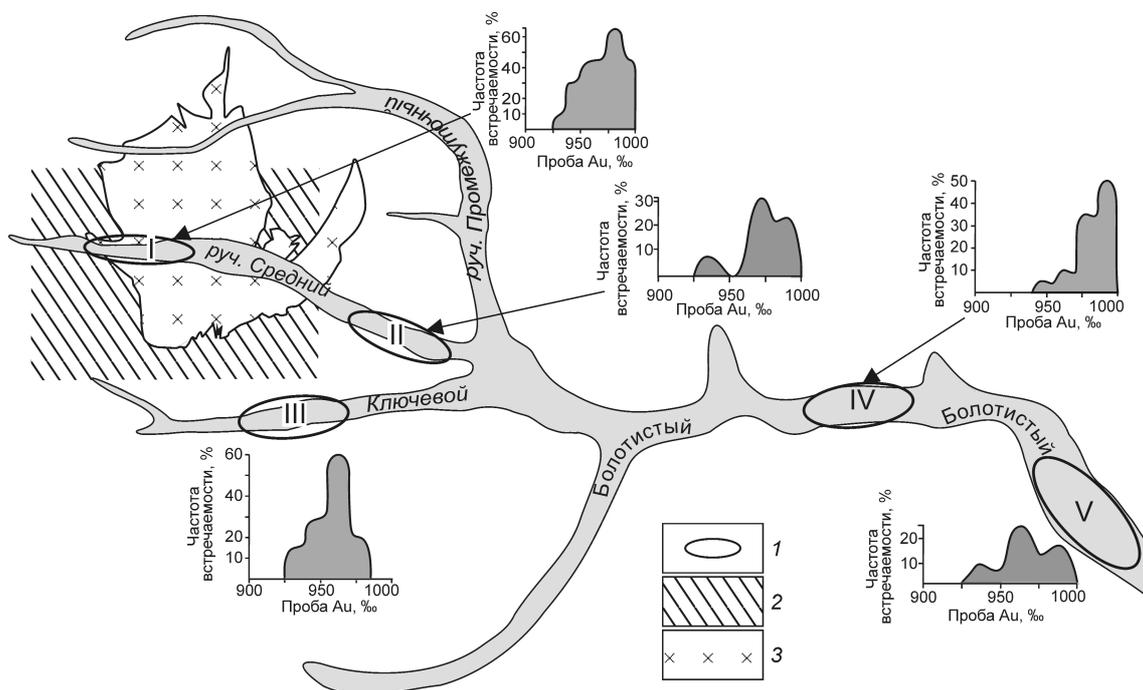


Рис. 4. Проба самородного золота в россыпях месторождения Болотистое:

усл. обозн. см. рис. 3

Bi 8–140, Te 12–131, Cu 160–300, Pb 9–28, As 8–21, Sb 6–14, Hg 68–370, Sb до 11, Ni до 3, Pt до 12, Pd 4–70 (см. табл. 4).

В россыпи руч. Ключевой (выборка III) самородное золото содержит примеси, г/т: Bi 34–73, Te 30–92, Cu 97–200, Pb 3–12, As 8–18, Hg 99–571. В верховьях руч. Болотистый (выборка IV) в самородном золоте россыпи среди элементов-примесей преобладают, г/т: Cu 162–710, Hg 50–231, Bi 7–130,

а также постоянно присутствуют Te 6–43, Pb 11–38, As 17–44, Pd 5–25, иногда отмечается примесь Ni до 6 г/т (см. табл. 4). В низовье ручья (выборка V) в самородном золоте [8] имеются примеси, г/т: Bi 7–60, Te 40–80, Cu 310–810, Pb 7–17, As 10–50, Hg 50–70, Pd 3–10.

*Срастания самородного золота.* В россыпях месторождения Болотистое встречаются срастания самородного золота с тетрадимитом, теллуравис-

4. Содержание элементов-примесей в россыпном золоте месторождения Болотистое, г/т

№№ п/п	Te	As	Sb	Hg	Cu	Pb	Bi	Sn	Co	Ni	Pt	Pd
<i>Руч. Средний, верх. Выборка I</i>												
1	17–576	9–386	25–168	49–450	65–900	3–930	1–213	4–25	1–19	1–11	н.о.	1–15
<i>Руч. Средний, низ. Выборка II</i>												
2	12–131	8–21	6–14	68–370	160–300	9–28	8–140	11	н.о.	3	12	4–70
<i>Руч. Ключевой. Выборка III</i>												
3	30–92	8–18	н.о.	99–571	97–200	3–12	34–73			н.о.		
<i>Руч. Болотистый, верх. Выборка IV</i>												
4	6–43	17–44	н.о.	50–231	162–710	11–38	7–130	н.о.		6	н.о.	5–25
<i>Руч. Болотистый, низ. Выборка V</i>												
5	40–80	10–50	н.о.	50–70	310–810	7–17	7–60			н.о.		3–10

Примечание. Выборки: I (n=54), II (n=10), III (n=5), IV (n=11), V (n=9). n — число проб; н.о. — элемент не обнаружен. Анализы выполнены на приборах PGS II или ДФС-8 и ДФС-13 Л.И.Азаровой, Т.К.Бабовой и В.И.Сеченской (ДВГИ ДВО РАН).

**5. Сравнительный анализ минеральных комплексов коренного источника и россыпей месторождения Болотистое**

Характеристики	Штокверковое тело		Россыпь
Минеральный комплекс	Кварц-турмалин-золото-тетрадимит-теллуру-висмутитовый	Кварц-арсенидно-сульфидный	-
Основные жильные минералы	Кварц, турмалин	Кварц, кальцит	Кварц, турмалин
Рудные минералы	Золото, тетрадимит, теллурувисмутит, цумоит, в незначительном количестве пирит	Золото, тетрадимит, висмут самородный, протозоцит, цумоит, сульфосоль PbBiS <sub>2</sub> (?), буланжерит, ульманнит, пирит, арсенопирит, халькопирит, пирротин, галенит, сфалерит	Золото, тетрадимит, теллурувисмутит, цумоит, висмут самородный, антимонит, кинноварь, шеелит, молибденит, пирит, арсенопирит, халькопирит, пирротин, сфалерит, галенит, минералы ЭПГ*
Второстепенные минералы	Сфен, циркон	Кальцит	Гранат, оливин, циркон, корунд, сфен, хромшпинелиды, оксиды железа и титана (магнетит, титаномагнетит, ильменит, пикроильменит, гематит)*
Проба золота, ‰	925–985	740–800	925–995
Размеры самородного золота, мм	Преобладают 0,25, реже встречаются +0,25–0,5 и +0,5–1,0, редкие +1,0–2,0	Преобладают <0,16, реже встречаются +0,25	Преобладают +0,5–2,0 и +2,0, реже встречаются -0,25
Сростки золота с другими минералами	Тетрадимит, теллурувисмутит, цумоит, кварц, турмалин	Тетрадимит, цумоит, сульфиды, кобальт-никелевые минералы, кварц	Тетрадимит, теллурувисмутит, цумоит, кварц, турмалин

\*Минералы открыты и изучены В.В.Ивановым с соавторами [1, 4, 20].

мутитом (см. рис. 2), цумоитом, кварцем и турмалином. В россыпи дальнего сноса руч. Болотистый сростки золота с другими минералами встречаются в единичных случаях.

Итак, проведенными исследованиями установлены следующие типоморфные особенности россыпного золота на месторождении Болотистое.

В россыпях ближнего сноса (ручьи Средний и Ключевой) преобладают фракции среднего и крупного золота, вниз по течению ручьев — мелкие и очень мелкие. Наблюдается частичное пространственное совмещение коренного источника и россыпей, обусловленное большой площадью золотоносного штокверка и относительно небольшим уклоном долин дренирующих его ручьев. В связи с этим крупные зерна золота сосредоточены в верхних частях ручьев, дренирующих штокверк (руч. Средний), и не отмечены в россыпях дальнего сноса.

Размерность самородного золота в верхах россыпей превосходит таковую в коренном источнике, что по данным ряда исследователей [10–12, 15], является результатом выноса зерен мелких фракций за пределы россыпей. На месторождении размерность зерен золота, по-видимому, обусловлена

уровнем эрозионного среза. Источником крупного золота россыпей служили эродированные к настоящему времени рудные столбы верхней части штокверкового тела, располагавшейся в надынтрузивных породах.

Морфология зерен самородного золота россыпей свидетельствует о транспортировке металла водным потоком. В россыпях ближнего сноса преобладают комковидные, удлиненные золотины, в россыпи дальнего сноса — уплощенные [11, 15]. Наблюдаемая смена форм золота по простиранию россыпи, отсутствие сростков золота с кварцем, турмалином, висмут-теллурувыми минералами в нижних частях россыпей, столь характерных для коренных руд и истоков россыпей, подчеркивают этот вывод.

Наличие в россыпном золоте примесей Bi, Te, Pb, Cu, As, Pt и Pd. В верховьях руч. Средний в самородном золоте установлена примесь Co и Ni [8, 13].

Коренное месторождение Болотистое представлено двумя продуктивными минеральными комплексами, соответствующими золото-кварцевой формации [8]. В кварц-турмалин-золото-тетрадимит-теллурувисмутитовом комплексе проба зо-

лота 925–985%. Она близка к пробе самородного золота из россыпей (от 925 до 995%). Самородное золото ассоциирует с кварцем, тетрадимитом, теллуrowисмутитом, турмалином и образует сростания с этими минералами. Их присутствие в большинстве случаев характерно и для россыпей месторождения. Проба самородного золота в кварц-арсенидно-сульфидном минеральном комплексе колеблется в пределах 740–800%. Самородное золото ассоциирует и образует сростания с тетрадимитом, цумоитом, кварцем, сульфидами и кобальт-никелевыми минералами. Из сростаний, характерных только для этого комплекса, в россыпях изредка встречается лишь цумоит.

На основании приведенных типоморфных особенностей (гранулометрия, морфология, пробы, элементы-примеси, ассоциация золота с другими минералами) можно сделать вывод о том, что основным источником питания россыпей данного месторождения послужил кварц-турмалин-золото-тетрадимит-теллуrowисмутитовый комплекс (табл. 5), широко распространенный среди терригенных пород в верхней надвнутрузивной части золотоносного штокверка.

На уровне современного эрозионного среза периферические части золотоносного штокверка, сложенные этим минеральным комплексом, только на небольшой площади дренируются россыпеобразующими ручьями Средний, Ключевой и Болотистый. Напротив, остальная часть штокверка, сложенная кварц-арсенидно-сульфидным минеральным комплексом, дренируется этими ручьями на большой площади. Однако, несмотря на это, указанный минеральный комплекс практически не участвовал в россыпеобразовании.

Как видно из приведенного выше сравнения, наиболее важные типоморфные особенности коренного самородного золота, к которым относятся размерность зерен, морфология, набор и содержание элементов-примесей, минеральный состав сростаний, сохраняются и в россыпях, что указывает на генетическую связь россыпей с коренными источниками.

Наиболее высоким россыпеобразующим потенциалом обладают коренные месторождения золота, относящиеся к золото-кварцевой формации. Россыпеобразующий потенциал золоторудных месторождений во многом определяется преобладающей размерностью зерен самородного золота, оказывающей влияние на миграционные свойства этого минерала. В россыпях не накапливаются зерна субмикроскопической и микроскопической размерностей [19]. В случае месторождения Болотистое преобладающая размерность самород-

ного золота в эродированной части штокверкового тела являлась благоприятным фактором для образования россыпей.

На основании проведенных исследований предполагается, что рудопроявление Джулия, входящее в состав Право-Соолийского рудно-россыпного узла и характеризующееся сходными геологическим строением и типоморфными особенностями рудных тел с месторождением Болотистое, содержит крупные запасы золота и может быть рекомендовано для дальнейшего изучения в целях выявления рудных или россыпных проявлений золота.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-31308 мол\_а и проекта ДВО РАН № 12-3-В-08-158. Автор выражает благодарность В.В.Иванову и С.В.Леснову за предоставленный первичный материал, методическую помощь и консультацию.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Барофильные* минералы из золотой россыпи Болотистой (западные отроги Сихотэ-Алиня) как индикаторы геодинамической обстановки / В.В.Иванов, Л.Г.Колесова, С.О.Максимов и др. // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит: Мат-лы Всероссийской конференции с международным участием. Владивосток, 2011. С. 353–356.
2. *Гамянин Г.Н., Гончаров В.И., Горячев Н.А.* Золото-редкометалльные месторождения Востока России // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17. № 3. С. 94–103.
3. *Геодинамика*, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 1 / Под ред. А.И.Ханчука. – Владивосток: Дальнаука, 2006.
4. *Иванов В.В., Колесова Л.Г., Лотина А.А.* Минералы платиноидов в золотых россыпях западных отрогов Сихотэ-Алиня // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Мат-лы 16-й научной конференции молодых ученых. Сыктывкар, 2007. С. 110–112.
5. *Лотина А.А.* Характеристика самородного золота из россыпей уч. Болотистого (Северный Сихотэ-Алинь) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Мат-лы 13-й научной конференции молодых ученых. Сыктывкар, 2004. С. 56–58.
6. *Лотина А.А.* Висмут-теллуrowая минерализация золоторудного проявления Болотистый (Западный Сихотэ-Алинь, ДВ России) // Электронный журнал «Исследовано в России». 2009. Т. 12. С. 968–977, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2009/074.pdf>.
7. *Лотина А.А.* Золото-висмут-теллуrowая минерализация участка Болотистого (Северо-Западный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30. № 1. С. 97–107.
8. *Лотина А.А.* Золото-висмут-теллуrowая минерализация в коренных источниках и россыпях месторожде-

- ния Болотистого (Хабаровский край): Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – Владивосток: Дальнаука, 2011.
9. *Моисеенко В.Г.* Геохимия и минералогия золота рудных районов Дальнего Востока. – М.: Наука, 1977.
  10. *Неронский Г.И.* Золото Унья-Бомы. – Благовещенск: АмурКНИИ ДВО РАН, 2005.
  11. *Николаева Л.А.* Генетические особенности самородного золота как поисково-оценочный критерий руд и россыпей. – М.: Недра, 1978.
  12. *Николаева Л.А., Яблокова С.В.* Типоморфные особенности самородного золота и их использование при геологоразведочных работах // Руды и металлы. 2007. № 6. С. 41–57.
  13. *Особенности минералогии золото-висмут-теллуристового оруденения Сихотэ-Алиня* / В.В.Иванов, А.И.Замбрицкий, Г.Б.Молчанова и др. // Современные проблемы металлогении: Мат-лы научной конференции, посвященной 90-летию академика Х.М.Абдуллаева. Ташкент, 2002. С. 176–178.
  14. *Особенности самородного золота коренных месторождений Верхояно-Колымской складчатой системы* / Г.Н.Гамянин, Ю.Я.Жданов, В.М.Суплецов и др. // Вопросы геологии, минералогии и геохимии золотого оруденения Якутии. Якутск, 1980. С. 69–80.
  15. *Петровская Н.В.* Самородное золото. – М.: Наука, 1973.
  16. *Словарь по геологии россыпей* / Под ред. Б.В.Рыжова, В.Д.Белоусова, В.С.Трофимова и др. – М.: Недра, 1985.
  17. *Степаненко В.М., Замбрицкий А.И., Буряк В.А.* Новый (Болотистый) золотоносный узел в Западно-Сихотэ-Алинском поясе — показатель развития молодого (эоценового) плутогенного золотого оруденения россыпеобразующей формации в этом поясе // Генезис месторождений золота и методы добычи благородных металлов: Мат-лы международной научной конференции, Благовещенск, 2001. С. 145–147.
  18. *Сушкин Л.Б.* Геология и золотоносность Болотистого рудного поля (Западный Сихотэ-Алинь) // Эндогенное оруденение в подвижных поясах: Мат-лы международной научной конференции. Екатеринбург, 2007. С. 176–180.
  19. *Шило Н.А.* Учение о россыпях. – М.: Академия горных наук, 2000.
  20. *Шпинелиды* из ассоциации барофильных минералов россыпного месторождения Болотистое (Центральный Сихотэ-Алинь) / В.В.Иванов, Л.Г.Колесова, А.А.Лотина и др. // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Мат-лы 18-й научной конференции молодых ученых. Сыктывкар, 2009. С. 79–81.
  21. *Diladio R.N.W.* Classification and interpretation of the shapes and surface textures of gold grains from till on the Canadian Shield // Geological Survey of Canada, Current Research. 1990. Part C. Paper 90-1C. P. 323–329.
  22. *Maloof T.L., Baker T., Thompson J.F.H.* The Dublin Gulch intrusion-hosted gold deposit, Tombstone plutonic suite, Yukon Territory, Canada // Miner. Deposit. 2001. Vol. 36. P. 583–593.
  23. *Mustard R.* Granite-hosted gold mineralization at Timbarra, northern New South Wales, Australia // Miner. Deposit. 2001. Vol. 36. P. 542–562.
  24. *Porto C.G., Hale M.* Mineralogy, Morphology and Chemistry of Gold in the Stone Line Lateritic Profile of the Posse Deposit, Central Brazil // J. Geoch. Explor. 1996. Vol. 57. P. 115–125.
  25. *Rombach C.S. and Neberry R.J.* Genesis and mineralization of the Shotgun deposit, southwestern Alaska // Miner. Deposit. 2001. Vol. 36. P. 607–621.