

**ЗОЛОТОНОСНАЯ
РОССЫПЬ НА РЕКЕ
БОЛЬШОЙ ШАЛДИНКЕ
НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ**



Российская академия наук
Уральское отделение
Пермский научный центр
Коми научный центр

Пермское отделение Российского минералогического общества

**В. А. Наумов, В. И. Силаев, И. И. Чайковский,
М. В. Мальцева, А. Ф. Хазов, В. Н. Филиппов**

ЗОЛОТОНОСНАЯ РОССЫПЬ НА РЕКЕ БОЛЬШОЙ ШАЛДИНКЕ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ



Издательство Пермского университета
Пермь 2005

УДК 549.283
ББК 26.31
3 811

Работа подготовлена к XIII Международному совещанию по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (РКВ-2005) и издана на средства Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ, проект 05-05-74065-г), Главного управления природопользования Администрации Пермской области, ООО «Цитрин».

Рецензенты: д-р геол.-мин.наук, профессор Б. М. Осовецкий;
д-р геол.-мин.наук, профессор Б. С. Лунев (Пермский университет)

3 811 Золотоносная россыпь реки Большой Шалдинки на Среднем Урале / В. А. Наумов, В. И. Силаев, И. И. Чайковский, М. В. Мальцева, А. Ф. Хазов, В. Н. Филиппов. – Пермь: Перм. ун-т; ГИ УрО РАН, 2005. — 92 с.

ISBN 5-8241-0378-X

В монографии обобщены данные по геологии и минералогии Промышленного района алмазосодержащих золотоплатиновых россыпей. Показано, что продуктивность «живых» россыпей Большешалдинского типа обусловлена парагенезисом обломочного и аутигенного золота. Источником кластогенного золота в россыпях могли выступать коренные проявления золото-кварцевой формации и метаморфические породы, а источником платиноидов – ультрабазиты концентрически-зональных массивов уральского Платиноносного пояса. Аутигенная пленочная минерализация образовалась *in situ* в условиях обводненной россыпи и имеет, вероятно, микробальное происхождение. Детально охарактеризованы впервые выявленные в природе свинцово-серебряные гидроксил-бромиды.

Для геологов широкого профиля, минералогов и специалистов, занимающихся оценкой и разработкой благороднометалльных россыпей.

УДК 549.283
ББК 26.31

Печатается по решению Ученого совета Горного института УрО РАН, оргкомитета XIII Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания

© В. А. Наумов, В. И. Силаев, 2005
© И. И. Чайковский, М. В. Мальцева, 2005
© А. Ф. Хазов, В. Н. Филиппов, 2005
© Пермский государственный университет, 2005
© ГИ УрО РАН, 2005

ISBN 5-8241-0378-X

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение (И. И. Чайковский, В. И. Силаев)	6
Глава 1. Очерк истории поисков и добычи золота в Промышленном россыпном районе (В. А. Наумов)	7
Глава 2. Геологическая и геоморфологическая характеристики Промышленного россыпного района (В. А. Наумов, И. И. Чайковский)	12
2.1. Тектоника	12
2.2. Стратиграфия и литология осадочных комплексов	14
2.3. Магматизм	19
2.4. Орография	19
2.5. История формирования россыпей	27
Глава 3. Геология и результаты опытной разработки россыпи золота на р. Большой Шалдинке (В. А. Наумов)	28
Глава 4. Обломочная фация самородного золота и платиноидов Большешалдинской россыпи (И. И. Чайковский, М. В. Мальцева, В. Н. Филиппов)	34
4.1. Морфология золотин	35
4.2. Химизм золота	40
4.3. Минералы-спутники золота и их значение для диагноза вероятных коренных источников	41
4.4. Платиноиды в россыпях Промышленного района	47
Глава 5. Аутигенная фация самородного золота и его парагенезис с гидроксил-бромидами (В. И. Силаев, А. Ф. Хазов, В. Н. Филиппов)	53
5.1. Общая характеристика аллювиальной минерализации	53
5.2. Состав аутигенных минералов	72
5.3. Природа и практическое значение аутигенной минерализации в аллювиальных россыпях	83
Заключение (В. И. Силаев, И. И. Чайковский)	86
Библиографический список	87
Фондовая литература	91

ВВЕДЕНИЕ

В XIX в. золотоплатиновые россыпи на западном склоне Среднего Урала относились к Промысловским приискам. В настоящее время они объединяются в Промысловско-Кушвинскую группу россыпей, отвечающую современному металлогеническому понятию о золотороссыпных районах – региональных территориях развития парагенезов россыпных и коренных месторождений. Изначально россыпи на Среднем Урале рассматривались только как источники золота и платины. Однако после находки в одной из них (Красновоздвиженской) первых в России алмазов стало понятно, что Средний Урал следует рассматривать как район развития уникальных по комплексности россыпных месторождений.

История золотодобычи на Среднем Урале насчитывает более 180 лет, хотя ее вклад в общий баланс добычи уральского золота всегда был весьма скромным. Возможно, это обусловлено отсутствием на Западном Урале достаточно крупных россыпеобразующих коренных золоторудных месторождений. Однако нельзя исключить и еще одну вероятную причину. При традиционной для России практической ориентации на россыпные месторождения на Среднем Урале редко проводились систематические и достаточно глубокие научные исследования в области минералогии и металлогении россыпей. В результате этого в настоящее время возникла ситуация, когда история золотодобычи здесь может завершиться, так и не получив от научных специалистов шанса на свое продолжение в современных экономических условиях.

Проведенные нами исследования золотоносной россыпи на р. Большой Шалдинке показали, что на Среднем Урале, вероятно, получил развитие крайне мало изученный тип полигенных россыпей, продуктивный компонент в которых имеет не только кластическое, но в значительной степени и аутигенное происхождение. В связи с последним обстоятельством такие «живые» россыпи в принципе могут оказаться самовоспроизводящимися, хотя в настоящее время нет никакой возможности даже самым приблизительным образом оценить практический эффект такого воспроизводства. Очевидно лишь, что только многосторонние и детальные исследования способны обеспечить условия для достоверной оценки практических перспектив, как в отношении отдельных подобных россыпей, так и в отношении всей россыпной золотоносности Урала.

Настоящая монография является результатом коллективных исследований, проведенных сотрудниками Пермского и Коми научных центров Уральского отделения Российской академии наук: В.А. Наумовым (Естественнонаучный институт, г. Пермь), И.И. Чайковским (Горный институт, г. Пермь), М.В. Мальцевой (Пермский государственный университет), В.И. Силаевым, А.Ф. Хазовым и В.Н. Филипповым (Институт геологии Коми НЦ, г. Сыктывкар). Авторы благодарят специалистов предприятия ООО «Старатель» за предоставление материалов для исследований.

ГЛАВА 1

ОЧЕРК ИСТОРИИ ПОИСКОВ И ДОБЫЧИ ЗОЛОТА В ПРОМЫСЛОВСКОМ РОССЫПНОМ РАЙОНЕ

Открытие на Урале рудного золота Е.С. Марковым в 1745 г. и россыпного – штейгером Л.И. Брусницким в 1814 г., а также Сенатский указ 1812 г. «О предоставлении права всем российским подданным открывать и разрабатывать золотые и серебряные руды» позволили инициативным уральским заводоладельцам организовать поиски золоторудных месторождений.

На территории современного Горнозаводского района история золотодобычи началась с открытия в 1820 г. крепостным старателем Просвирниным золотоносных песков в долине р. Полуденки. Вскоре после этого в устье небольшого лога на левом берегу этой реки был заложен первый прииск, названный «Адольфовским» в честь покровителя старательского дела графа Адольфа Полье. С 1824 г. добыча золота в долине р. Полуденки велась на отдельных участках множества россыпей. Например, в 1825 г. эксплуатировались участки семи россыпей с содержанием золота от 533 до 2311 мг/м³ (Карпов, 1931). Выявление в долинах рек Полуденки, Северной и Тискос новых россыпей с высоким содержанием золота привело к возникновению на берегах р. Полуденки поселка старателей, получившего официальное название Золотые Промысла.

Известно, что старательское дело в рассматриваемом районе передавалось от отца к сыну. Поэтому и до настоящего времени в пос. Промысла живут и работают потомки первого старателя Просвирнина, не утратившие ни опыта, ни традиций, заложенных их удачливым прапрадедом.

Образование и рост поселка старателей привел к значительному увеличению объемов горных и обогатительных работ, что сказалось на количестве добываемого металла. Если в 1825 г. на Промыслах было намыто 2.372 кг золота, то в 1831 г. добыча уже составила 44.226 кг золота и 4.176 кг платины. Наиболее крупные разработки велись на речках, исток которых располагается у горы Кварцевой. От подножья этой горы начинается и Полуденская россыпь, в которую впадают россыпи рек Варваринской и Никольской Рассошек, Рябовского лога, р. Ельничной. Ниже по течению р. Полуденки расположены Крестовоздвиженская россыпь, а также россыпи Увальная, Поперечная и Адольфова лога.

Последняя россыпь оказалась особенно важной. В первые годы ее эксплуатации было добыто 10.209 кг. Летом 1829 г. графом А. Полье было отдано распоряжение о повторной промывке «грубого шлиха», оставшегося после первичной отработки золотоносных песков. В результате именно этой промывки 5 июля 1829 г. и были найдены первые в России кристаллы алмаза.

С интенсификацией старательских работ из-за нехватки рабочих рук к временным работам стали привлекать крестьян из волостей, принадлежащих владельцам приисков. Это дало возможность не только охватить многочисленные россыпи на реках Западного Урала, но и освоить россыпные проявления на некоторых реках Восточного Урала, например, реках Большой и Малой Именной, Туре.

На Западном Урале наибольшей известностью в это время пользовалась крупная россыпь на р. Северной, правом притоке р. Тискос, верхняя часть ко-

торой получила название «Петровская полоса». Длина этой «полосы» составляла 6 км при ширине 30–40 м. Общая мощность торфов и в различной степени золотоносных песков достигала здесь 25–30 м. Нижнюю часть описываемой россыпи старатели называли «Семеновской полосой». В пределах упомянутых «полос» было пробито более сотни шахт, расположенных с шагом в 40–50 м, и три штольни для стока воды и откатки породы. Мощность наиболее продуктивного пласта варьировала от 2 до 4 м, в некоторых выработках встречались выходы кварцевых жил. Со слов жителей деревни Северной «золото в песках было очень богатое» (Ушков, 1987ф).

Максимальная добыча золота из россыпей вблизи пос. Золотые Промысла была зафиксирована в 1848 г., составив 343,98 кг. Аналогичный максимум в 245,7 кг для платины был достигнут в 1858 г. К этому времени появились и первые сведения о золотоносности рыхлых отложений в верховьях рек Вильва и Вижай. Отдельные золотоискатели и небольшие артели проникли на самые удаленные и труднодоступные притоки этих рек: реки Ивановку, Гремячий Ключ, Мутную, Тюшеватик, Северную Рассохи и др. Никаких конкретных данных о масштабах и результативности золотодобычи на перечисленных водотоках не сохранилось. Однако старательская работа на новых площадях была, вероятно, достаточно плодотворной, на что косвенно указывает факт значительного роста поселка Золотые Промысла, переименованного со временем в село Крестовоздвиженское.

Некоторое время оба названия сосуществуют и даже объединяются в название Крестовоздвиженские Золотые Промысла. Как писал в 1877 г. известный уральский исследователь и краевед Н.К. Чулин, под последним названием понимались, во-первых, само село Крестовоздвиженское, специализировавшееся на разработке золото-алмазных россыпей, а во-вторых, золотые и золото-платиновые прииски, расположенные в восточной части Бисерского завода, в окрестностях села Красновоздвиженского, на территориях к северу и северу-востоку от упомянутого села, к западу от р. Койвы, а также на реках Ису, Вые, Бол. и Мал. Именной, Нясьме и их многочисленных притоках. На отдельных приисках здесь наряду с золотом добывалась и платина.

К 1860 г. на рассматриваемых территориях действовало восемь золото-промывальных фабрик, оснащенных 16 чугунными чашами и двумя железными бутарами с десятью вашгердами. Кроме того, 18 вашгердов стояло стояло на ручьях и мелких речках. На момент отмены крепостного права только на россыпях р. Северной работало около 1600 старателей. В верхнем течении р. Вильва были построены небольшие поселки старателей, следы которых до недавнего времени еще сохранялись в урочище Барские Поляны близ хребта Хмели и в долине р. Тюшеватик. На реках Гремячий Ключ и Тюшеватик до 1900 г. действовал Сергиевский прииск золотопромышленника Азанчевского (Иванов, 1946). На этом прииске открытым способом отмывались русловые россыпи. В результате этого были отработаны богатая устьевая часть россыпи на р. Гремячий Ключ, русловая и террасовая россыпи на р. Тюшеватик. Южнее, на левобережье р. Вильва шахтным способом была отработана погребенная россыпь IV террасы. Всего здесь было промыто более 30 тыс. м³ горной массы (Ушков, 1987ф).

К 1877 г. добыча золота из россыпей рассматриваемого района почти пре-

кращается, а намыв платины, в основном за счет россыпей на Восточном Урале, напротив, неуклонно возрастает и достигает в 1890-1891 г. 892,71 кг. Объем промытой горной массы составил к этому времени 129519 м³. Непосредственно в районе пос. Золотые Промысла в эти годы было занято 550 постоянных и 2100 временных рабочих. На подвозе креги и вывозке песков для промывки работали 500 лошадей. Механизация приисков сводилась к шести центробежным насосам, подававшим воду на шесть промывальных чаш. Чаши и насосы, в свою очередь, приводили в действие пять локомотивов общей мощностью 55 л.с. и четыре водяных колеса общей мощностью 49 л.с. Пески подвозились тачками и вагонетками по «конно-железным» путям протяженностью около 5 верст. В целом в период с 1825 по 1896 гг. на Крестовоздвиженских Золотых Промыслах было добыто 360 пудов золота и 580 пудов платины.

После открытия золоторудного месторождения горы Кварцевой добыча золота вновь стала расти. Эксплуатация этого месторождения началась с 1883 г., однако ни документации о подземных горных работах, ни сведений о масштабе добычи на нем рудного золота не сохранилось. Со временем шахта здесь была затоплена, хотя причины остановки работ так и остались неизвестными.

Параллельно добыче рудного золота на месторождении горы Кварцевой возобновились работы и на россыпях рек Полуденки, Северной, Тисос и Лиевки, берущих начало со склонов этой горы. Открываются новые россыпные объекты, множатся артели и прииски. На отдаленных участках, в основном расположенных на небольших речках, появились скрытно работающие старатели. Некоторые из них даже занимались промывкой в ночное время, чтобы утаить следы своей деятельности в виде потоков мутной воды. Одним из таких участков являлись верховья рр. Вильвы и Вижая, а также их притоки, в частности р. Мутная. Громкая слава Золотых Промыслов привлекала многих золотоискателей, фактически не имеющих настоящего опыта горной проходки и промывки песков. Поэтому сохранившиеся следы старательских работ не всегда однозначно указывают на промышленное золото.

В верхнем течении р. Вижай и ее притока р. Северной Рассохи в конце 19-го и начале XX в. активно обрабатывались русловые и террасовые россыпи небольшой протяженности. В долине р. Средней Северной Рассохи следы этой деятельности сохранились в виде небольших разрезов и карьеров. Однако архивные материалы о количестве добытого здесь металла неизвестны. В это же время на трех километровой отрезке долины в среднем течении р. Бол. Шалдинки было добыто около 10 кг золота. При промывке золотоносных песков здесь были обнаружены крупные золотины рудного облика и даже самородки.

Согласно архивным данным, к 1910 г. только из россыпей рек Полуденки, Северной и Тисоса было извлечено около 400 пудов золота. А за все дореволюционное время в районе Золотых Промыслов из аллювиальных россыпей старательским способом намыли ориентировочно не менее восьми тонн этого металла (Брюхова 1963ф).

Первые исследования закономерностей россыпной золотоносности Горнозаводского района было проведены А.А. Краснопольским. В 1889 г. рыхлые золотосодержащие отложения им были расчленены на два стратона: 1 - доголоценовые бурочветные песчанистые глины с обломками метаморфических пород и жильного кварца; 2 - новейшие глинистые пески. Было отмечено, что

наибольшей золотоносностью характеризуются именно доголоценовые глины. Источник обломочного золота А.А. Краснопольскому виделся в кварцевых прожилках, пронизывающих метаморфические сланцы.

К 1910 г. добыча металла из аллювиальных россыпей рассматриваемого района стала опять снижаться. В окрестностях пос. Золотые Промысла продолжают действовать лишь единичные старатели, которые дорабатывают борты старых разрезов и перебивают отвалы в устье р. Варваринской Рассошки, на р. Поперечной и в пределах Крестовоздвиженской россыпи. В период первой мировой и гражданской войн золотодобыча здесь практически прекратилась.

Некоторое оживление золотого промысла произошло лишь в 1926-1927 гг., что было связано, очевидно, с введением существенных льгот для старателей. Уже к 1930 г. старатели отработали долинную россыпь, расположенную в верхней части р. Малой Шалдинки.

При этом доля самородков крупнее 1 г составила 19 %. Наиболее крупные из самородков потянули на 12, 30 и даже 100 г (Смолин, 1970). Позже старательские работы в окрестностях пос. Промысла постепенно сошли на нет. Лишь наиболее настойчивые предприниматели продолжали еще некоторое время домывать убого золотоносные отложения в бортах старых карьеров и разрезов, зачищали плотки, а также перебивали отвалы, накопившиеся в ходе эксплуатации алмазонасыщенных россыпей.

Новый этап в истории золотодобычи в Горнозаводском районе начался в 1960-е годы. На Исовском прииске предварительно поставленные на баланс запасы золота отработывались 150-литровой электрической драгой № 100. С помощью этой же драги была отмыта русловая россыпь на р. Северной протяженностью 3,5 км. Кроме того, частичной отработкой были охвачены также и рыхлые отложения сильно нарушенной старателями Петровской полосы. В течение 1963-1965 гг. здесь было добыто 100,2 кг шлихового золота.

В 1967 г. на территории рассматриваемого района Промысловской ГРП были проведены ревизионно-оценочные работы с бурением на бывших старательских участках. В результате этого в Вишерско-Висимской эрозионно-структурной депрессии и за ее пределами были обнаружены небольшие по масштабам, но многочисленные коренные золотопроявления, а также установлена почти повсеместная золотоносность современного и раннечетвертичного аллювия. По данным А.Б. Балташева именно в ходе этой ревизии выше устья р. Бол. Шалдинки была выявлена протяженная долинная россыпь шириной до 80 м и средней мощностью 4,6 м. В 1969 г. все золотоносные россыпи Горнозаводского района были объединены А.М. Зильберманом в единую Промысловско-Кушвинскую группу.

В 1973 г. началась разработка Полуденского золотороссыпного месторождения. До 1975 г. отмывались плиоцен-четвертичные отложения на р. Полуденке, позже работы переместились на мезозойские осадки мощностью до 16 м. Добыча золота велась гидравлическим способом с использованием двух-трех установок. Каждая из этих установок состояла из двух гидромониторов и одного землессоса. Позже была смонтирована и запущена в эксплуатацию 150-литровая драга № 29. В процессе эксплуатации отработывались наиболее богатые участки месторождения, которые определялись по геологическому строению забоев, результатам опробования и суточным намывам золота. От-

работка Полуденского месторождения была закончена в 1988 г. Нижняя часть промышленного контура в границах от пос. Промысла до устья р. Полуденки не разрабатывалась.

В 1982-1987 гг. Вильвенской партией ПГТСП «Геокарта» на территории Горнозаводского района была осуществлена геологическая съемка масштаба 1:50000. Затем в 1987—1994 гг. Промысловская ГРП провела здесь поисково-оценочные работы, в результате которых золотая россыпь на р. Бол. Шалдинке была рекомендована для эксплуатации.

В начале 1990-х гг. новостаратели Просвирнин и Канин получили первую лицензию на отработку гидравлических отвалов Полуденской россыпи. Гравитационное обогащение отвалов они проводили на прямом шлюзе длиной 9 м, застеленном еловым лапником. Следует отметить, что даже при таком примитивном способе обогащения, унаследованном от первых уральских старателей, современными предпринимателями была достигнута высокая степень извлечения золота при весьма низких его технологических потерях. На последнее указали результаты опробования отходов старательской добычи, полученные В.А. Наумовым на установке МЦМ Пермского университета. Согласно этим результатам среднее содержание золота в хвостах «еловой колоды» не превысило 1-7 мг/м³. Менее удачными в смысле извлечения золота оказались процедуры доводочного цикла и отдувка, которые, как показали исследования, сопровождалась заметными потерями металла.

В 1993—1994 гг. компания АО «Родонит» проводила опытно-промышленную разработку месторождения россыпного золота в долине р. Северной. Однако в силу ряда обстоятельств эти работы не были завершены. В 2000 г. компания ООО «Старатель» получила лицензию на отработку золотоносных россыпей на реках Бол. и Мал. Шалдинках, приступив в 2002 г. к их опытной отработке. Кроме того, в 2001 г. была предпринята попытка отмывки головной части отвалов гидравлики № 13 как комплексного золоторавийного объекта с помощью обогатительного модуля «Аляска». Однако этот эксперимент не привел к ожидаемым результатам.

Таким образом, приведенный выше краткий исторический очерк показывает, что Промысловский россыпной район Среднего Урала представляет собой одну из традиционных российских территорий золотодобычи. Последняя осуществлялась здесь почти непрерывно на протяжении более, чем 180 лет, охватив несколько исторических эпох Российского государства и пережив как минимум две научно-технические революции. При этом золотодобыча в районе практически всегда была частным или артельным делом и не замыкалась только на аллювиальных россыпях. Все это в настоящее время делает Промысловский район не только центром притяжения частных экономических интересов, но и одним из важных естественных памятников истории и корневой культуры русского народа.

ГЛАВА 2 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОМЫСЛОВСКОГО РОССЫПНОГО РАЙОНА

Площадь развития россыпей на реках Мал. и Бол. Шалдинках – правых притоках р. Койвы, располагается на западном склоне Среднего Урала, представляя собой северо-западный фланг так называемой (по А.М. Зильберману) Промысловско-Кушвинской группы золотосных россыпей и проявлений коренного золота.

2.1. Тектоника

В тектоническом отношении рассматриваемая территория представляет собой восточную окраину Центрально-Уральского поднятия (рис. 1), на которой сочленяются три структуры меньшего порядка, а именно Кваркушко-Каменногорский мегантиклинорий, Улсовско-Висимский мегасинклиний и южное окончание Ляпинско-Кутимского мегантиклинория.

Кваркушко-Каменногорский мегантиклинорий представляет собой систему субмеридионально ориентированных и чередующихся антиклиналей и синклиналей. Наиболее крупной из этих структур является Вильвенско-Койвинская антиклиналь, протяженность которой превышает 124 км при ширине в 6–7 км.

Породы, смятые в складки, характеризуются интенсивным кливажем разлома и течения. Крылья складок имеют довольно пологое падение под углами от 10 до 30° и часто срезаются разрывами. Например, Шалдинская синклиналь с запада ограничена Теплогорским разломом. По причине тектонической нарушенности оси складок в горизонтальной проекции смещены относительно друг друга. Некоторые из складок представлены лишь небольшими фрагментами. Осложняющая мелкая складчатость представлена плейками поперечного изгиба и волочения с углами наклона крыльев до 30–40°.

Структурный план района во многом определяется региональными разломами субмеридионального простирания — Сарановским на западе и Теплогорским, Бисерским, Тылайско-Промысловским на востоке. Зоны этих разломов имеют большие амплитуды смещения крыльев, разделяя крупные тектонические структуры и контролируя распределение магматитов, жильных гидротермалитов и оруденения, включая сульфидную и золотую минерализацию. Теплогорский разлом, разграничивая рифейско-вендские отложения Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория и палеозойские толщи Улсовско-Койвинского синклиория, имеет, например, крутое восточное падение в среднем под углом 85° и вертикальную амплитуду не менее 200 м. Упомянутые породы венда и палеозоя в зоне этого разлома рассланцованы, брекчированы и довольно интенсивно затронуты процессами щелочного метасоматоза и гидротермальной минерализации. Ширина зоны измененных таким образом метаморфических и осадочных горных пород достигает 250 м.

Важно подчеркнуть, что региональные разломы в сочетании с более мелкими разрывами обуславливают блоковое строение исследуемого района, что, в свою очередь, послужило благоприятным фактором образования россыпеконцентрирующих эрозионно-тектонических депрессий.

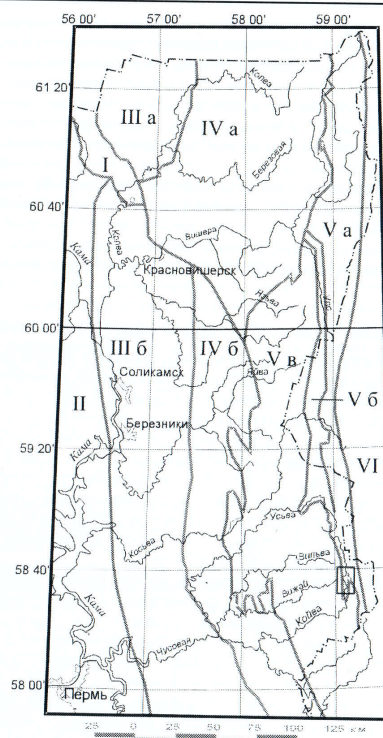


Рис. 1. Положение Промысловского россыпного района на тектонической схеме восточной части Пермской области: I – Тиманская антеклиза (Вычегодско-Колвинский мегавал); II – Волго-Уральская антеклиза (Камско-Башкирский мегасвод); III – Предуральский краевой прогиб (а – Большесыснинско-Верхнелепчорская мегавпадина, б – Уфимско-Соликамская мегавпадина); IV – Западно-Уральская внешняя зона складчатости (а – Щугорско-Вишерская структура, б – Кизеловско-Дружининская структура); V – Центрально-Уральское поднятие (а – Ляпинско-Кутимский мегантиклинорий, б – Улсовско-Висимский мегасинклиний, в – Кваркушко-Каменногорский мегантиклинорий); VI – Тагильско-Магнитогорский прогиб (Тагильский мегасинклиний). Прямоугольником показан район россыпей

По геологическому возрасту, литолого-петрографическому составу, характеру вулканизма и складчатости весь комплекс горных пород в рассматриваемом районе отчетливо подразделяется на два структурно-тектонических этажа.

Нижний структурно-тектонический этаж представлен интенсивно дислоцированными протерозойскими и палеозойскими породами, разделяясь резким стратиграфическим и угловым несогласием на два структурных яруса. Нижний из этих ярусов сложен метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами рифея-венда (R-V). В состав верхнего структурного яруса входят терригенно-карбонатные породы ордовика-силура (O-S), смятые в более простые складки и менее подверженные региональному метаморфизму.

Верхний структурно-тектонический этаж включает комплекс мезозойско-кайнозойских большей частью рыхлых отложений, залегающих с резким угловым несогласием на складчатом основании из протерозойских и палеозойских пород.

2.2. Стратиграфия и литология осадочных комплексов

В основании геологического разреза исследуемого района залегают метаморфизованные вулканогенно-осадочные породы **венда**, объединенные в *ильвенскую* свиту. Последняя коррелируется с танинской, гаревской и койвинской свитами Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория и представляет собой низы *серебрянской* серии. Для нижней части ильвенской свиты характерны серицит-кварцевые и серицит-хлорит-кварцевые сланцы, а также кварцитопесчаники с прослоями железистых (магнетитовых) кварцитов и конгломератов. В верхней части этой свиты преобладают кварцитопесчаники с прослоями серицит-хлорит-кварцевых сланцев и конгломераты с прослоями кварцитопесчаников и базальтовых метапорфиритов. Мощность ильвенской свиты колеблется в широких пределах от 1990 до 4220 м.

Выше вендских кварцитопесчаников с резким стратиграфическим и угловым несогласием залегают хорошо фаунистически охарактеризованная терригенно-карбонатная толща **ордовика**. В рамках этой толщи *средний ордовик* представлен кварцевыми конгломератами, гравелитами и кварцитопесчаниками, сменяющимися вверх по разрезу сначала глинисто-алевритовыми сланцами с прослоями известняков и доломитов, а затем доломитами с прослоями известняков и глинистых сланцев. К *верхнему ордовику* здесь отнесены характерная пачка доломитов и известняков с водорослевыми и проблематичными «червячковыми» петроглифами, а также плохо сохранившейся фауной перекристаллизованных криноидей, брахиопод, строматопоридей, табулят и гастропод. Суммарная мощность ордовикских отложений варьирует от 445 до 650 м.

Силурийские отложения развиты в осевой зоне Улсовско-Койвинского синклинория, где они слагают ядра синклиналиных складок более мелкого порядка. В их разрезе, обнаженном в долине р. Койва, преобладают известняки и доломиты с прослоями глинистых сланцев. В этих известняках Б.К. Ушковым отмечалась фауна силурийских кораллов. Мощность рассматриваемых карбонатолитов составляет 100–120 м.

Фаунистически охарактеризованные **девонские** отложения закартирова-

ны на левобережье р. Койвы и на ее правом берегу ниже устья р. Мал. Шалдинки. Состав этих отложений определяется глинистыми и углеродисто-глинистыми сланцами с редкими прослоями известняков и доломитов. Кроме того, в основании и в верхней части девонского разреза залегают серые кварцитопесчаники. Датирование этих пород осуществлено на основе их литологического сходства со сланцами в районе пос. Медведка, в которых были выявлены девонские кораллы плохой сохранности. Мощность девонских отложений оценивается в 120 м.

Кайнозойские отложения представлены толщей полифациальных, преимущественно нелитифицированных, рыхлых осадков, расчлененных в настоящее время на три литолого-стратиграфических комплекса – верхнепалеогеновый (олигоценый), неогеновый и четвертичный.

Олигоценые образования в рассматриваемом районе – глинистая кора выветривания и аллювиальные отложения. Упомянутая кора выветривания относится к линейному морфологическому типу (Прозоровский, 1995ф) и посылается на золотоносных площадях Среднего Урала широким распространением, будучи строго приуроченной к тектоническим нарушениям. Ширина выходов коры здесь может достигать 1,5–2 км, а мощность колеблется от первых сантиметров до 30 м. В профиле коры выветривания выделяются зоны сапролитов и структурных суглинков (питомаржа).

Сапролиты представлены интенсивно трещиноватыми и выщелоченными породами венда-палеозоя, фрагментарно дезинтегрированными до глыбово-дресвяной массы. Из гипергенных новообразований встречаются псевдоморфозы гематита по магнетиту, гидрогетита, лейкоксена и рутила по ильмениту, гидрогетита по пириту. Мощность сапролитов составляет в среднем 15–20 м, возрастая в зонах крупных тектонических нарушений до 100 и более метров.

Зона *питомаржа* отличается пестротцетностью, преобладающими ее окрасками являются буровато-желтая и светло-коричневая. В составе глинистой фракции преобладают гидромусковит, каолинит и монтмориллонит. Тяжелая фракция сложена магнетитом (54 %), ильменитом (8,7 %), гематитом (2,5 %), цирконом (1,9 %), эпидотом (1,6 %) и гидрогетитом (1,4 %).

Охарактеризованная кора выветривания иногда обнаруживает слабую золотоносность, предположительно унаследованную от первично золотоносных кварцевых жил и прожилок.

Аллювий позднего олигоцена выявлен в результате горных и буровых работ, проведенных в пределах Вишерско-Висимской эрозионно-тектонической депрессии. В его составе господствуют желтовато-бурые суглинки и алевритовые глины, включающие хорошо окатанную жильнокварцевую (частота встречаемости 85 %), кварцитовую (10 %) и гидрогетитовую (5 %) гальку. На кварцевой и кварцовой гальке наблюдается характерная корочка «горного загара». На правобережье р. Койвы установлены линзовидные тела речных суглинков и песков, размер которых в плане достигает 2000х300 м. Эти суглинки, как правило, залегают на олигоценовой коре выветривания и перекрываются аллювиальными отложениями миоценового и позднплиоценового возраста. Реже над олигоценовым аллювием находятся делювиальные осадки среднего плейстоцена. По своему литологическому составу и положению в геологическом разрезе рассматриваемый олигоценый аллювий отнесен С.Б. Прозоровским

(1995ф) к наурузмской свите. Г.А. Петров (1999ф) относит отложения этой свиты к миоцену (рис. 2).

Охарактеризованные аллювиальные отложения повсеместно обнаруживают значительную золотоносность, нередко достигающую максимальных для рыхлых толщ уральского кайнозоя концентраций этого металла.

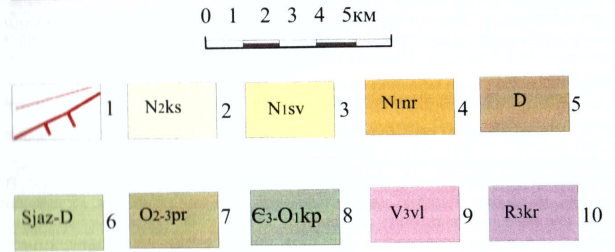
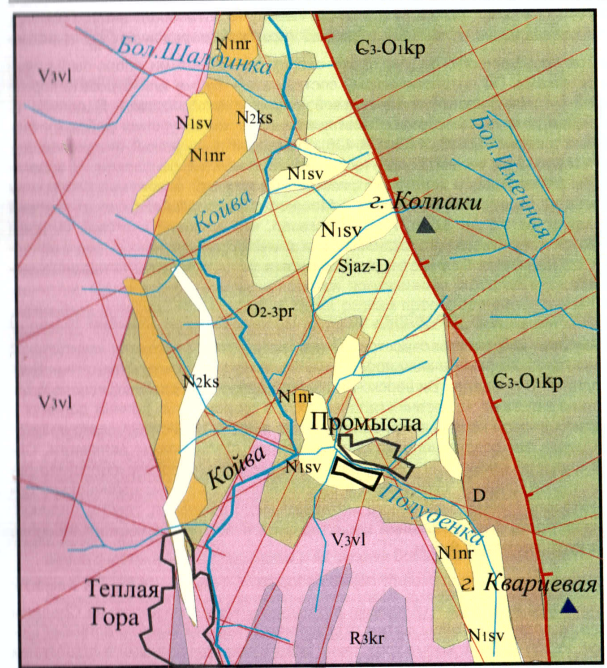
Неогеновые отложения в рассматриваемом районе пользуются значительным развитием, но представлены весьма неравномерно. *Миоценовая* часть неогенового разреза, сложенная аллювиальными песчано-глинистыми осадками с примесью относительно плохо окатанной гальки жильного кварца, кварцитов и сланцев, сохранилась здесь лишь в карстовых воронках и понижениях долины р. Койвы. Г.А.Петров (1999ф) относит эти отложения к светлинской свите (N₁sv). Большим распространением пользуются аллювиальные отложения *плиоценового* возраста, наиболее полно описанные на алмазосносных проявлениях. В плиоценовых осадках отмечены пестроцветные (желтовато-бурые) суглинки с галькой, щебнем и гравием жильного кварца, кварцитов и серицит-хлорит-кварцевых сланцев. Мощность этого аллювия колеблется от 0.6 до 7 м. По Г.А. Петрову (1999ф), эти осадки отвечают кустанайской свите (N₂ks).

Наряду с речными отложениями в разрезе неогена встречаются делювиально-солифлюкционные образования *плиоценового* возраста, зафиксированные в бортах долины р. Койвы. Эти образования сложены красновато-бурой глиной с хаотично рассеянной примесью неокатанных обломков местных пород. Они часто залегают на сапролитах олигоценовой коры выветривания и перекрываются делювиальными осадками голоценового возраста. Мощность делювиально-солифлюкционных образований достигает 3,5 м.

Открытие под Красновишерском изверженных алмазосносных пород гипергенного облика и глинистого (апопеллового) состава, а также почти повсеместная зараженность алмазами позволяют нам предполагать их наличие и в золотоносных россыпях Промысловского района. Выходы инъекционных тел алмазосносных пирокластитов зафиксированы в борту Кладбищенской и Полуденской россыпях (Чайковский, 2001).

Четвертичный период характеризуется наиболее сложным по составу и происхождению парагенезом кайнозойских осадков. В этот парагенез входят аллювиальные отложения поймы и трех надпойменных террас, а также пролювиальные, делювиальные и элювиальные образования.

Рис. 2. Геологическая карта Промысловского района (по Г.А. Петрову и др. (1999), с дополнениями и изменениями): 1 – разрывные нарушения; 2 – N₂ks поздний плиоцен (кустанайская свита): глины серые, полимиктовые с галькой, галечники; 3 – N₁sv ранний миоцен (светлинская свита): глины гидрослюдисто-монтмориллонитовые пестроцветные с гидротетитовым бобовником, пески, галечники; 4 – N₁nr ранний миоцен (наурузмская свита): глины каолинит-гидрослюдистые светло-серые, белые с прослоями углистых глин и белоцветных галечников; 5 – D девон: доломиты и кварцитопесчаники; 6 – Sjaz-D (язвинская свита): песчаники, сланцы, реже гравелиты; 7 – O₂₋₃pr (промысловская серия) конгломераты, кварцитопесчаники, сланцы, доломиты и известняки; 8 – E₃-O₁к, колпакская свита: серицит-кварцевые и хлорит-серицит-кварцевые сланцы, кварцитопесчаники; 9 – ранний венд (вилвенская свита): кварцитопесчаники, серицит-хлорит-кварцевые сланцы; 10 – поздний рифей (кырминская свита): углеродисто-серицит-кварцевые сланцы



Аллювиальные отложения третьей (исетской) террасы (aQ_{III}^{2-4}) встречаются спорадически, будучи плохо охарактеризованными споро-пыльцовыми остатками. По литологическому составу это – бурые или буровато-коричневые суглинки, насыщенные галькой полимиктового состава. В долине р. Бол. Шалдинки такие породы были выявлены в ходе буровых работ (разведочные линии 414, 418, 419, 424-428). Их стратиграфический статус определен косвенно по геоморфологическим критериям и на основании их залегания на олигоценовой коре выветривания. Сверху эти отложения перекрыты делювием голоценового возраста. Мощность рассматриваемых отложений варьирует от 1.5 до 3.6 м. Анализ показал, что аллювий исетской террасы является существенно золотоносным, а в некоторых случаях и платиноносным, обнаруживая близкие к промышленным концентрации благородных металлов.

Аллювиальные отложения второй (камышловской) террасы (aQ_{III}^{1-2}) пользуются широким распространением, встречаясь на многих водотоках с асимметричным поперечным профилем. К таким водотокам относится и р. Бол. Шалдинка. В пределах Вишерско-Висимской депрессии рассматриваемые отложения залегают на древних галечниках, а в современных речных долинах – на олигоценовой коре выветривания или на элювии плейстоценового возраста. Сверху эти осадки нередко перекрываются голоценовым делювием. Состав аллювия камышовской террасы определяется серовато-желтовато-буроцветными глинами, суглинками и супесями с переменным количеством полимиктового гравийно-галечного материала, иногда щебня, глыб и валунов. Верхняя часть этих отложений характеризуется гипергенным ожелезнением. Мощность достигает 8–9 м.

Аллювиальные отложения первой (боровой) террасы (aQ_{III}^{3-4}) развиты повсеместно и являются основным золотороссыпным горизонтом на Среднем Урале. В долине р. Койвы к этим отложениям отнесены выходы аллювия шириной до 200–300 м. Кроме того, такие осадки вскрыты горными выработками и в долине р. Бол. Шалдинки. В составе отложений боровой террасы преобладают супеси и суглинки зеленовато-серого, желтовато-бурого и коричневого цвета с примесью гальки, гравия и редких валунов. Мощность этих отложений варьирует от 0.7 до 4.5 м. Средняя мощность продуктивного горизонта составляет 1.5–4.2 м.

Голоценовые (современные) аллювиальные отложения поймы и русла (aQ_{IV}) представлены серо-буроцветными песками, супесями и суглинками с галькой и редкими валунами и глыбами. От более древнего четвертичного аллювия современные речные осадки отличаются меньшей золотоносностью. В случаях, когда они залегают на олигоценовой коре выветривания, их нижняя часть сложена неравномерно окатанными обломками, сцементированными песчано-глинистым материалом. При этом иногда формируется приплотиковый глыбовый горизонт, состоящий из валунов жильного кварца и кварцито-песчаников (Прозоровский, 1995ф). Мощность современного аллювия в исследуемом

районе колеблется от первых сантиметров до 8 м. Средняя мощность обогащенного золотом горизонта составляет 1.3–2.9 м.

3.3. Магматизм

К магматическим образованиям исследуемого района относится дублинский дайковый комплекс габброидов силурийско-девонского возраста. Дайки и дайковые рои (пояса) характеризуются здесь субмеридиональным простиранием и широко варьируют, как по мощности от 4 до 200 м, так и по протяженности от 100 м до 17 км. Кроме того, они часто ветвятся с образованием апофизов. Именно такие дайковые тела часто образуют положительные формы рельефа.

Все рассматриваемые габброиды метаморфизованы и минерализованы сульфидными – пиритом, пирротинитом, халькопиритом, реже сфалеритом и галенитом. Сами породы характеризуются пониженным содержанием титана, алюминия, щелочей и фосфора, а также резким преобладанием кальция над магнием, чем отличаются от более древних базитов. На основании геологической позиции и химизма магматиты дублинского комплекса Б.К.Ушковым отнесены к габбро-долеритовой формации миогеосинклинальных зон, т.е. пассивных континентальных окраин.

3.4. Орорафия

Согласно геоморфологическому районированию Урала, исследуемая территория относится к поясу приподнятых горных массивов Среднего и Северного Урала. Здесь на фоне типичного среднегорья выделяются отдельные хребты с полого волнистыми, реже скальными вершинами. Высотные отметки не превышают 500–700 м.

Мягко очерченные водоразделы и их склоны большей частью покрыты элювиально-делювиальными глинисто-щебнистыми отложениями.

Отдельные вершины подвержены гольцовой денудации, лишены рыхлого покрова и часто имеют скально-гребневидный облик, будучи сложенными устойчивыми к выветриванию интрузивными магматитами (гора Хмели) или эффузивами и кварцито-песчаниками. Невысокие холмистые горы чередуются с заболоченными участками, сток воды с которых происходит в направлении р. Койвы и ее притоков. Перепады гипсометрических отметок колеблются в пределах 100–150 м. Происхождение межгорных заболоченных пространств окончательно не установлено.

Положительные и отрицательные формы рельефа в исследуемом районе имеют преимущественно субмеридиональную (продольную) ориентировку, согласную с простиранием геологических структур. План продольных форм осложнен системой субширотных (поперечных) речных долин. При этом долины наиболее крупных рек – Койвы, Вильвы и Вижи – состоят из отрезков продольной и поперечной ориентаций (рис. 3).

В мезозойско-кайнозойской истории геологического развития Среднего и Северного Урала выделяются несколько тектоно-климатических этапов, характеризующихся своеобразием экзогенных рельефообразующих и рудообразующих процессов (Прозоровский, 1995ф). В течение каждого из них сопряжен

но происходили три процесса: 1 – эрозия положительных форм рельефа; 2 – денудация и транспорт обломочного материала; 3 – аккумуляция обломочного материала в отрицательных формах рельефа. При этом относительное развитие различных орографических форм на каждом из упомянутых этапов происходило неодинаково.

Современная речная сеть и продуктивные аллювиальные россыпи в исследуемом районе сформировались на основе эрозивно-тектонических депрессий мезозойского и палеоген-неогенового возрастов – Вишерско-Висимской, Хмелевской, Нижнерассохинской. Эти структуры контролировали развитие древних (олигоценых) и современных (плейстоцен-голоценовых) отрицательных форм рельефа, включая речные долины, ручьи и лога с повышенной мощностью рыхлых отложений. Очевидно, что образование эрозивно-тектонических форм было обусловлено неоднократными блоково-сводовыми дислокациями, амплитуда которых составляла первые десятки метров. Об этом свидетельствуют характер речных долин, гипсометрическое положение поверхностей выравнивания олигоценового возраста, вариации мощности рыхлых отложений.

В сопряжении с эрозийными депрессиями находятся и положительные формы рельефа, выделенные Б.К. Ушковым по признакам подвешенности речных долин и сокращения мощностей рыхлых отложений. Уступы на границах разнонаправленных орографических форм составляют по высоте 1–1,5 м. В некоторых случаях такие уступы сnivelированы денудацией. Характерным проявлением процессов омоложения рельефа служат развитие глинистых кор выветривания и вертикальная миграция гипсометрического уровня подземных и поверхностных вод.

Очевидно, что на интенсивность кайнозойской эрозии оказывали влияние не только литологический состав субстрата, но и ориентация водотоков относительно геологических структур. Наибольшее развитие эрозийные структуры получали при совпадении направления водотоков с простиранием антиклиналей и синклиналей, а также направлением падения пластов коренных пород. Этим фактором объясняется также тот факт, что наиболее мощные и зрелые профили выветривания приурочены именно к сводовым частям антиклиналей.

В настоящее время на западном склоне Среднего Урала выделены две основные генерации поверхностей эрозивно-аккумулятивного выравнивания: олигоценовая и плиоцен-четвертичная. Как известно, в основу соответствующей процедуры хронологического расчленения был положен принцип непосредственной корреляции отложений. В случаях невозможности такой корреляции использовались особенности геологического строения, геоморфологии и ярусность рельефа (Прозоровский, 1995ф).

Олигоценые поверхности выравнивания были выделены по вещественному составу коры выветривания и осадков. Соответствующая денудационная поверхность (моделированный пенеплен) характеризуется субгоризонтальностью и слабой расчлененностью. Она в основном покрыта дресвянощелбнистым зловием вплоть до глинистой коры выветривания. Аккумулятивные поверхности погребены под делювиальными, аллювиальными и озерными осадками.

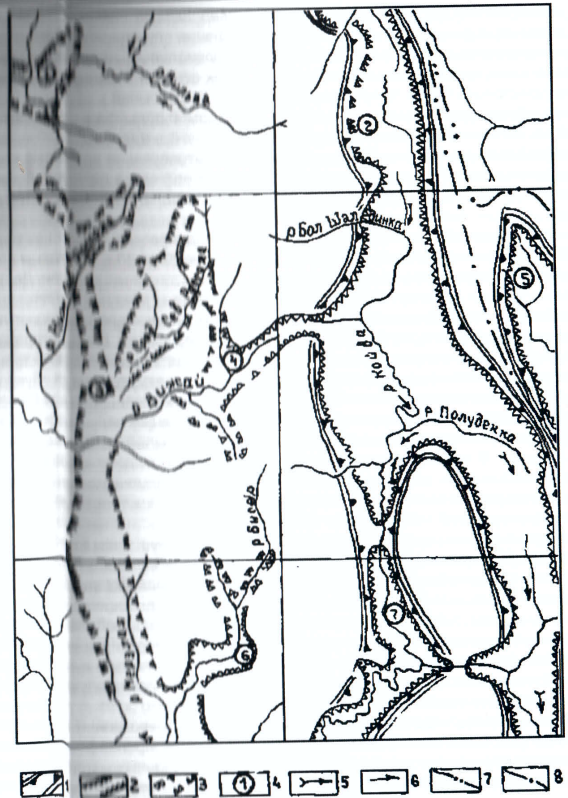


Рис. 3. Схема расположения речных долин в олигоцене по С.Н. Петухову: 1 – Вишерско-Висимская мезозойская эрозивно-тектоническая депрессия; 2, 3 – границы речных долин: установленные (2), предполагаемые (3); 4 – речные палеодолины: Вишайская (1), Койвинская (2), Сарыбернская (3), Рассохинско-Воронковская (4), Вишайская (5), Большеименовская (6), Бисерская (7), Кырминская (8); 5 – направления течения олигоценовых рек; 6 – направления течения современных рек; 7, 8 – линии Главного водораздела в олигоцене (7) и в голоцене (8)

Поверхности выравнивания *плиоцен-четвертичного* возраста связаны с резкими отрицательными формами переуглубления олигоценовых речных долин, заполненными большими объемами делювиальных, делювиально-пролювиальных, аллювиальных и перигляциальных осадков. Именно к этим формам приурочено 60–70 % продуктивных на золото россыпей.

Наиболее крупной и важной мезозойской формой рельефа в исследуемом районе является **Вишерско-Висимская** эрозионно-тектоническая депрессия, представляющая собой субмеридиональное корытообразное понижение между смежными хребтами, в пределах которой располагается долина р. Койвы. Протяженность этой депрессии достигает 500 км, а ширина изменяется от 2 до 4 км.

На всем своем протяжении рассматриваемая депрессия заполнена кайнозойскими рыхлыми осадками общей мощностью от 20 до 40 м, к которым приурочены многочисленные золото-, платино- и алмазоносные россыпи. Достоверных данных о присутствии здесь и мезозойских отложений в настоящее время не имеется. Днище депрессии сложено терригенно-карбонатными отложениями палеозоя и метаморфитами вильвенской свиты. По простиранию структуры днище ундулирует, на отдельных его участках имеются карстовые западины. Значительные перепады гипсометрических отметок днища обусловлены активностью неотектонических и карстовых процессов. Границы Вишерско-Висимской депрессии проходят по крупным разрывным нарушениям – Теплогорскому разлому неопределенной кинематики и Тылайско-Промышловско-Теплу надвижу. В связи с этими дисъюнктивами в бортах депрессии развиты олигоценовая кора выветривания, перекрытая делювиальными, аллювиальными и озерными отложениями палеоген-неогенового и четвертичного возрастов (Прозоровский, 1995ф).

Именно к Вишерско-Висимской депрессии были приурочены отработанные к настоящему времени золотоносные россыпи – Серебрянская, Полуденская, на реках Северной и Тискос, а также золотоплатиновая Верхне-Койвинская россыпь. Промышленные концентрации золота здесь в основном связаны с олигоценовыми галечниками, хорошая сохранность которых объясняется расчлененностью речных долин и наличием в днище депрессии карстовых западин. Эти факторы в сочетании с благоприятной тектонической и климатической обстановкой обусловили эффективное захоронение продуктивного аллювия под делювиально-пролювиальными осадками.

Олигоценовые речные долины, по сравнению с эрозионно-тектоническими депрессиями, являются более молодыми формами рельефа. Их заложение контролировалось осевыми плоскостями синклиналильных и грабен-синклиналильных структур субмеридионального простирания. Миграция обломочного материала по основным водотокам этого времени происходила в направлении с севера на юг. План речной сети в палеогеновое время существенно отличался от плана современной речной сети, но границы олигоценовых речных долин в современном рельефе практически никак не выражены, поскольку олигоценовая аккумулятивная поверхность перекрыта поверхностью денудации плиоцен-четвертичного возраста. Для последней характерны значительные, до 20°, углы наклона, изрезанность мелкими водотоками и покров из маломощных (до 1–1.5 м) делювиально-коллювиальных осадков.

Впадина древних олигоцен-миоценовых эрозионно-аккумулятивных террас наиболее отчетливо развит в бассейне р. Койвы за пределами месторождения россыпного золота. Эти террасы прослежены в виде узких полосок или площадок шириной от 40–60 до 200 м. Максимальная протяженность таких форм достигает 4 км.

Олигоценовая терраса в исследуемом районе выражена морфологически слабо, будучи погребенной под плейстоценовым аллювием. Высота ее цоколя над урезом воды составляет 2–3 м севернее пос. Медведка и 4–6 м вблизи р. Комаров Лог. Соответствующие этой террасе осадки зафиксированы к северу от пос. Комаров Лог, где они заполняют карстовые воронки на левобережье р. Койвы ниже пос. Медведка, подстилают отложения камышловской террасы. Олигоценовый аллювий прослежен в западном борту Вишерско-Висимской эрозионно-тектонической депрессии, где он залегает в виде узкой ленты шириной 200–250 м и отдельных пятен. Мощность этих осадков варьирует, верхняя их часть вероятно эродирована, а плотик закарстован.

Современная речная сеть в исследуемом районе заложилась в плейстоцене. В плане она имеет решетчато-дендритовидный рисунок, обусловленный неотектонической нестабильностью и развитием подруслового карста (рис. 4). На участках, где современные реки унаследовали олигоценовые долины, наряду с плейстоценовым аллювием отмечаются олигоценовые и миоценовые речные отложения (Прозоровский, 1995ф). Такие унаследованные участки долин имеют асимметричный поперечный профиль и более пологие борта, чем у долин четвертичного возраста.

Основной водной артерией плейстоценового возраста являлась р. Палеокойва, представленная в настоящее время небольшим субмеридиональным отрезком верхнего течения и чередованием поперечных и продольных отрезков ее русла в среднем и нижнем течениях. Первый из упомянутых отрезков контролируется Вишерско-Висимской депрессией. Многочисленные притоки р. Койвы имеют субширотную ориентацию. Максимальная ширина рек может достигать 30 м, а глубина на участках плесов составляет 1.5–2 м. В летний период реки мелеют, на перекатах их глубина не превышает 0.3–0.5 м.

Современная гидросеть имеет четыре уровня террас, из которых наиболее развитыми являются первая (боровая) и вторая (камышловская) террасы. Поверхность третьей (исетской) террасы, приподнятая над современным урезом воды на 5–20 м, отвечает участкам так называемых «мертвых долин». По мнению Б.К. Ушкова это указывает на значительную перестройку гидросети, произошедшую на рубеже между средним и поздним плейстоценом. Четвертая терраса, расположенная над зоной вершинного перехвата и являющаяся ложем переуглубленных долин, погребена под делювиальными осадками мощностью до 16 м.

Денудационные поверхности четвертичного возраста нередко перекрыты маломощным (до 1–1.5 м) чехлом делювиально-коллювиальных глыбово-щебнисто-глинистых отложений и пересекаются поперечными водотоками. Несколько обособленное положение занимают находящиеся в контурах олигоцен-плейстоценовых долин небольшие субгоризонтальные поверхности комплексного выравнивания, которые часто определяются как «откопанный пенеппен» или «откопанный педиплен».

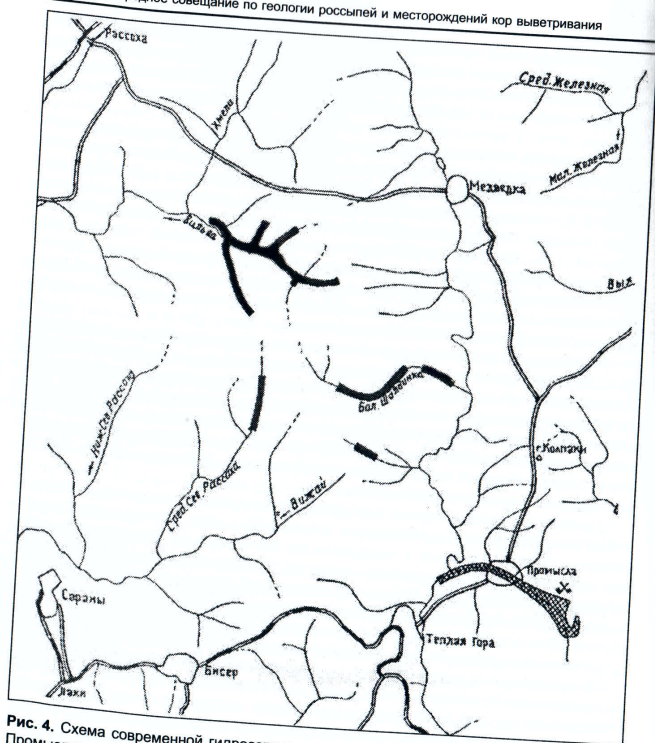


Рис. 4. Схема современной гидросети и положение основных золотоносных россыпей Промысловской группы на Среднем Урале по Т.Н. Прозоровской (1995ф)

Россыпи золота, платины и алмазов наиболее тесно связаны с аккумулятивными, эрозионно-аккумулятивными аллювиальными формами современного рельефа. К первым (аккумулятивным) из этих форм относятся пойма и первая надпойменная терраса, а к вторым (эрозионно-аккумулятивным) – вторая и третья террасы.

Высокая пойма отмечается на р. Койве, где она отделяется от низкой поймы небольшим уступом высотой 30–40 см. Ширина такой поймы составляет 50–150 м. С ростом этой ширины нередко происходит заболачивание поймы.

Низкая пойма превалирует на притоках р. Койвы, где она хорошо выражена в рельефе.

Первая надпойменная терраса морфологически выражена слабо. Её цоколь находится на уровне уреза воды, иногда опускаясь или поднимаясь от этой отметки на первые метры. На малых реках она совпадает с дном речных долин, отделяясь от поймы уступом в 1–1,5 м. Ширина упомянутой террасы составляет первые десятки метров. На крупных современных реках, унаследовавших долины палеорек, ширина первой террасы достигает 300–400 м (Прозоровский, 1995ф). Незначительные мощности и повышенная крупность обломочного материала позволяют отнести аллювиальные отложения на бортовой террасе к инстративному типу. Именно эти речные осадки в исследуемом районе содержат основные золотые россыпи.

Вторая терраса представляет собой скрытую в рельефе субгоризонтальную площадку, отделенную от поймы и первой террасы пологим уступом в 1–1,5, реже 4–6 м. Ширина второй террасы колеблется от десятков метров до километра. Ее цоколь в пределах поднятых блоков приподнят над урезом воды на 5–8 м, а в пределах опущенных блоков – на 1–2 м. В среднем это составляет 2–4 м. Аллювиальные осадки на второй террасе относятся к перстративному типу, обнаруживая двучленное или даже трехчленное строение. Самый нижний, наблюдающийся лишь иногда горизонт сложен неогеновыми галечниками, промежуточный – песчано-галечно-валунным материалом, а верхний – преимущественно серыми иловатыми глинами. В целом отложения на рассматриваемой террасе являются продуктом перемива аллювия миоценового и олигоценного возрастов.

Третья терраса развита в исследуемом районе незначительно, встречается спорадически и на отдалении от современных водотоков (на «мертвых» участках речных долин). Ширина третьей террасы обычно не превышает 50–70 м, высота ее цоколя над урезом речной воды может достигать 15–20 м. Мощность аллювия на ней составляет 1–3 м.

В отдельную форму рельефа Б.К. Ушков выделяет ложки и многочисленные ручьи – правые притоки р. Койвы. Среди этих форм имеются аккумулятивные, осадки которых наложены на более древние аллювиальные или делювиальные отложения, и эрозионно-аккумулятивные, вскрывающие коренное ложе.

К эрозионным формам рельефа, прежде всего, относятся висячие долины, участки врезания речных русел, скальные уступы значительной высоты и антецедентные участки долин, указывающие на активизацию эрозионных процессов в плиоцен-четвертичное время. Из других эрозионных форм наибольший интерес представляют наклонные площадки шириной до 10 м, падение которых под углом 1–2° направлено против течения современных рек. Последнее указывает, вероятно, на перестройку плана речной сети на рубеже неоген-четвертичный период. К таким же формам рельефа мы относим и мелкие уступы высотой 1,5–2 м, наблюдающиеся в бровке первой террасы на р. Койве.

Перигляциальные формы рельефа обусловлены процессами морозного выветривания, имевшими место при формировании нагорных террас в днепро-карпатский период оледенения. На склонах, где проявлялись делювиально-солифлюкционные процессы, происходило накопление грубообломочного реголита, кавардачных глин, каменных многоугольников. Позже делювиально-со-

лифлюкционные осадки были затронуты денудацией, перекрыты покровными суглинками и таким образом законсервированы. В западном борту р. Койвы установлены, кроме того, мерзлотные формы среднеплейстоценового возраста. Уступы нагорных террас вблизи вершин имеют значительную крутизну (10–15°) и поэтому у бровки часто лишены рыхлого покрова. Следы современных мерзлотных явлений можно наблюдать и в зонах денудации гольцов, сложенных устойчивыми к выветриванию породами.

Наиболее поздними в исследуемом районе являются *техногенные* формы современного рельефа, образование которых началось в XIX веке. Эти формы представляют собой многочисленные карьеры и отвалы отмытых песков и галечников, сохранившиеся в поймах и на террасах многих рек. Площади карьеров достигают первых сотен метров, глубина составляет 4–5 м. Кроме того, в долине р. Койвы имеются многочисленные следы деятельности поисковых партий и экспедиций, а также отвалы алмазодобывающих предприятий, накопленные в 1950-х гг.

2.5. История формирования золотоносных россыпей

Вся совокупность научных данных свидетельствует о золотоносных россыпях как об одном из важных результатов рельефообразования, обусловленного совокупным действием геологических, литологических, климатических, физико-химических и механических (эрозия и денудация) факторов на фоне дифференцированных движений земной коры. В настоящее время для Урала принято выделять четыре главных этапа становления современного рельефа: мезозойский, олигоценый, миоценовый и плиоцен-четвертичный (Сигов, 1969).

Заложение первичной речной сети приходится на *поздний мезозой*, когда в пределах Улсовско-Койвинского мегантиклинория образовалась Вишерско-Висимская эрозионно-тектоническая депрессия. Образовавшаяся здесь на мезозойской поверхности выравнивания золотосодержащая кора выветривания подвергалась размыву. Механическая дифференциация материала, сносимого с упомянутой коры, обеспечивали условие для высвобождения и россыпного концентрирования золота. В результате этого упомянутая депрессия стала местом сосредоточения наиболее известных золотых и платиновых аллювиальных россыпей Среднего Урала – Полуденской, Северной-Тискоса и др. При этом наиболее промышленно богатые золотом аллювиальные осадки накапливались на переуглубленных участках мезозойской поверхности выравнивания. Например, именно на двух подобных участках Полуденской россыпи были выявлены аномально высокие концентрации этого металла.

Образование речных долин в олигоцене связано с тектоническим поднятием базиса эрозии и формированием палеогеновой поверхности выравнивания, отвечающей нижнему ярусу современных водоразделов и примыкающей непосредственно к современным речным долинам. При этом мезозойская кора выветривания размывалась, а ее материал перетлагался в долины олигоценых палеорек, протекавших предположительно в направлении с севера на юг.

Миоценовый этап рельефообразования оставил на исследуемой территории немного следов. В это время в условиях тектонической стабильности и жаркого засушливого климата происходило лишь образование пролювиально-

делювиальных и ложковых осадков как результата интенсивного смыва редкими ливневыми потоками домиоценового аллювия с возвышенностей на склоны и в их подножьях. В миоцене образовалась красноцветная монтмориллонитосодержащая кора выветривания, с которой генетически связаны бурые железняки инфильтрационного происхождения. Аллювий этого возраста сохранился на небольших участках, где он с незначительным размывом залегает на олигоценых галечниках. Последнее свидетельствует о совпадении палеогенового и неогенового планов речных долин. Важно отметить, что миоценовый аллювий практически не содержит золота. Лишь в некоторых пробах были зафиксированы слабо окатанные золотины. Максимальное содержание металла в таких пробах составило 21 мг/м³.

Плиоцен-четвертичный этап характеризуется на Среднем Урале перестройкой всей речной сети. Это выразилось в интенсивном эрозионном врезе речных долин, происходившем на фоне периодически возобновлявшихся блоковых движений. Боковая эрозия горных пород в рассматриваемое время сильно отставала от вертикальной (донной), что подтверждается слабым площадным развитием соответствующих поверхностей выравнивания. В четвертичный период в связи с активизацией тектонических движений и существенным изменением климата происходили вершинные перехваты Хмелевской, Рассохиной и Бисерской олигоценых долин. На участках перехвата формировались, как правило, U-образные долины с крутым выпуклым продольным профилем. Выше участков перехвата возникали переуглубления долин. В дальнейшем происходила «цепная реакция» – активный вершинный перехват по всей Вишайской олигоценой долине (Прозоровский, 1995ф).

С наступлением эпохи чередования ледниковых и межледниковых периодов переуглубленные участки стали перекрываться мощным (до 20 м) чехлом делювиально-сопифлюкционных и делювиальных отложений. Тектонические подвижки в это время обусловили лишь некоторые изменения в рисунке гидросети. В позднем плейстоцене наступает тектоническая стабильность, в условиях которой образуется камышловская терраса. О тектоническом покое, в частности, свидетельствует незначительность колебания высоты цоколя этой террасы.

В конце позднего плейстоцена в значительной степени за счет камышловской террасы сформировалась боровая терраса. Но аллювиальные осадки, приуроченные к последней террасе, оказались более грубообломочными. Аллювий на этих обеих террасах является золотоносным, а в долине р. Койвы – алмазосным, но промышленные концентрации золота в большинстве случаев связаны с осадками на камышловской террасе.

ГЛАВА 3 ГЕОЛОГИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНОЙ РАЗРАБОТКИ РОССЫПИ ЗОЛОТА НА Р. БОЛЬШОЙ ШАЛДИНКЕ

Большешалдинское золотороссыпное месторождение располагается в бассейне р. Койвы вблизи восточной границы Горнозаводского района. Ближайшими к месторождению населенными пунктами являются поселки Нововильенс-

кий, Рассоха, Медведка, Промысла, Сараны. На р. Бол. Шалдинке долинная россыпь имеет субширотную ориентировку, что, согласно мнению А.П. Сигова, свидетельствует об ее четвертичном возрасте. В настоящее время упомянутая россыпь прослежена по простираю на 5,6 км, характеризуется невыдержанной шириной до 80 м, варьирующей мощностью и весьма неравномерным струйчато-гнездовым распределением золота. По данным старателей золотины здесь отличаются высокой пробой и специфическим, серым оттенком, природа которого до последнего времени оставалась неизвестной.

Долина р. Бол. Шалдинки образована хорошо выраженной в рельефе низкой поймой и тремя террасами – исетской, камышловской и боровой (рис. 5). В качестве плотика аллювиальной россыпи выступают коренные породы вильвенской свиты венда и карбонатолиты ордовика. В разрезе речных отложений выделяется три линзовидных горизонта, кулисообразно сочетающихся по латерали и последовательно сменяющихся друг друга в направлении снизу вверх (рис. 6).

1. Глинисто-щебнистая кора выветривания и аллювиальные песчано-алевритовые глины темно-бурые, с остатками споры и пыльцы степных растений олигоценного возраста (комплекс третьей – исетской террасы). Незначительное содержание грубообломочного материала в олигоценном аллювии свидетельствует о заложении палеодолины р. Бол. Шалдинки на приподнятом блоке и низкой скорости эрозии материнских горных пород.

2. Аллювиальные желтовато-бурые глины со значительной примесью щебня, гальки и валунов. Содержат перетолженную пылью теплолюбивых широколиственных растений (вторая – камышловская терраса).

3. Аллювиальные глины, супеси и пески преимущественно сероцветные, с примесью крупнообломочного материала и органическими остатками плейстоцен-голоценового возраста. Гранулометрия обломков в направлении снизу вверх по разрезу увеличивается (первая – боровая терраса).

4. Аллювиальные суглинки, супеси и пески с галькой сероцветные (современная пойма и русло).

Отложения неогена в рассматриваемой россыпи к настоящему времени не установлены, что, вероятно, свидетельствует о превалянии в это время эрозии над аккумуляцией. Однако известно, что в миоцене в рассматриваемом районе в условиях аридного климата формировались эксфильтрационные коры, накладывающиеся на золотоносные пески и галечники в долинах крупных палеорек (Сигов, Шуб, 1977).

В конце плиоцена-раннем плейстоцене на Среднем Урале наступило резкое похолодание и возобновилась аккумуляция обломочного материала, как в форме аллювия, так и в виде флювиогляциальных осадков (Ронов, Балуховская, 1981). Согласно оценкам специалистов, в четвертичное время скорости эрозии и аккумуляции при образовании разреза отложений на р. Бол. Шалдинке оказались близкими, что способствовало активному размытию камышловской террасы и переотложению с нее золота на более молодую боровую террасу.

По данным С.Б. Прозоровского величина «палеогеографического коэффициента», т.е. пропорции между содержаниями устойчивых к выветриванию минералов и неустойчивых, резко сокращается при переходе от олигоцен-плейстоценовых осадков к голоценовым: 136.75 (третья терраса) – 162.5 (вторая

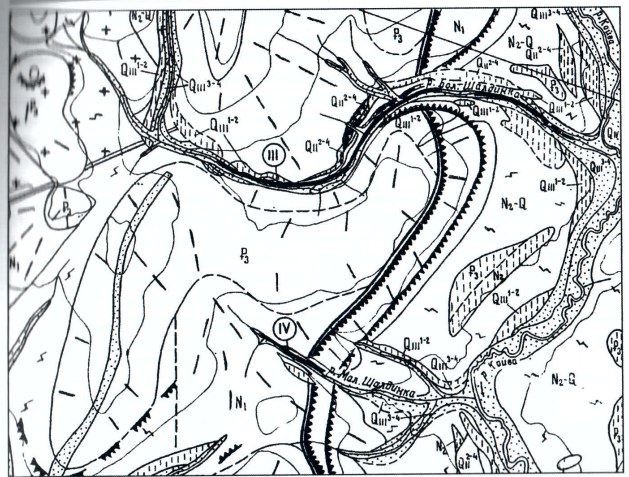


Рис. 5. Геоморфологическая схема района россыпи р. Бол. Шалдинка по С. П. Петухову

Условные обозначения к геоморфологической схеме

Поверхности выравнивания	Прочие элементы
Олигоценная поверхность комплексного выравнивания (подчёркнутая денудация)	Мезозойские эрозионно-структурные депрессии
Миоценовая поверхность комплексного выравнивания (педимент)	Олигоценные долины: а) устойчивые, б) преобладающие
Плиоцен-четвертичная поверхность времени современных рек (узкими оврагами и траншеями)	Четвертичные долины: а) устойчивые, б) преобладающие
Формы рельефа:	
пойма	Уступы: а) в коренных породах; б) материковых террас;
боровая терраса	Гряды и вращивные поверхности сложенные: а) валуно-глинистыми; б) кварцевитовыми
камышловская терраса	Восточные конусы денудации
исетская терраса	Приподнятые блоки
кустанайская терраса	Каменные развалы
неогенная терраса	Линейные выработки (а) и разломы (б) затопленные при дождево-ветреных работах в пределах золотоносных россыпей
олигоценная терраса	

терраса) – 32.42 (первая терраса) – 20.4 (пойма и русло). Очевидно, что выявленный скачок показателя гипергенной зрелости аллювия подтверждает данные палеонтологов и палеоклиматологов (Борзенкова, 1992) о резком изменении климата на рубеже неогена и четвертичного периода.

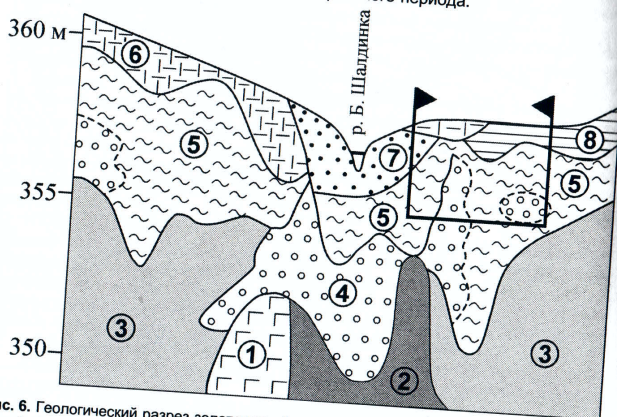


Рис. 6. Геологический разрез золотоносной россыпи на р. Бол. Шалдинке: 1 – метагаббро; 2 – глинисто-щебнистая кора выветривания (2) и аллювиальные алевритовые глины (3) олигоценного возраста (исетская терраса); 4 – аллювиальные алевритовые глины, галькой и валунами (камышловская терраса); 5 – аллювиальные глины, супеси и пески плейстоцен-голоценового возраста (боровая терраса); 6 – делювиальные отложения голоценового возраста; 7 – современный пойменный и русловой аллювий; 8 – озерные отложения. Рамкой показан промышленный контур современной золотодобычи

Водоносные комплексы исследуемых аллювиальных отложений являются безнапорными, характеризуются весьма низкой водообильностью, а также замкнутым контуром, неустойчивым режимом и низкой скоростью гидроциркуляции. Грунтовые воды приурочены здесь к маломощной (до 30 м) зоне трещиноватости в коренных породах, которая периодически пересыхает. Лишь в отдельных местах грунтовые воды выходят на поверхность, что приводит к некоторому заболачиванию поймы. В целом, относительная кратковременность взаимодействия подземных вод с вмещающими породами и хорошая проницаемость коллектора обуславливают ультрапресность, преимущественно гидрокарбонатный состав минерализации и пестрый состав химических примесей в этих водах.

В Большешалдинской россыпи золото зафиксировано по всему разрезу от элювиальных образований олигоценовой коры выветривания до современных делювиальных суглинков. Однако основные концентрации металла связаны с аллювиальными отложениями первой террасы, в которых в настоящее время

выявлено два струйчато-золотоносных горизонта. По данным Б. К. Ушкова (1987) и С. Б. Прозоровского (1995ф) обогащение аллювия первой террасы произошло в результате последовательного размыва и перетолжения золотоносного материала с более древних террас. Отложения на второй террасе характеризуются гораздо меньшей золотоносностью. Здесь обнаружена лишь одна «струя» россыпного золота, запасы которой отнесены в настоящее время к группе забалансовых запасов. Современный пойменный и русловой аллювий самостоятельного значения для оценки золотоносности Большешалдинской россыпи не имеют.

Подсчет запасов золота в рассматриваемой россыпи был осуществлен по результатам разведок на 1.07.1996 г. В основу этих подсчетов легли временные районные кондиции, разработанные НИП ПГО «Уралгеология» и утвержденные Министерством цветных металлов СССР 29.11.1982 г. (табл. 1). В ходе экспертизы материалов ТКЗ при Пермгеолкоме (протокол № 40 от 4.07.1996 г.) было решено, что Большешалдинская россыпь изучена с детальностью, соответствующей как минимум стадии предварительной разведки (табл. 2, 3). Следовательно, этот объект достаточно подготовлен к промышленному освоению.

Таблица 1

Кондиции, принятые для подсчета запасов золота в россыпях на рр. Бол. и Мал. Шалдинках

Параметры	Кондиции
Бортовое содержание химического золота	50 мг/м ³
Минимально-промышленное содержание в подсчетном блоке	105 мг/м ³
Минимальная ширина подсчетного блока	40 м

Таблица 2

Структура утвержденных запасов золота в Большешалдинской россыпи

Категории запасов	Объемы горной массы, тыс. м ³	Среднее содержание химического золота, мг/м ³	Запасы золота, кг
Балансовые			
С ₁	447.9	149	66.8
С ₂	505.8	143	72.5
Всего	953.7	292	139.3
Забалансовые			
С ₁	336.5	61	20.7
С ₂	316.1	55	17.4
Всего	652.6	116	38.1
Итого	1606.3	408	177.4

По данным поисково-разведочных работ золотоносный аллювий на р. Бол. Шалдинке имеет преимущественно алевропелитовый гранулометрический состав (содержание в %): валуны – 0.5; галька – 3.7; гравий – 5.3; песок – 10.7; алеврит и глина – 84. По своим технологическим свойствам этот материал может быть отнесен к средне- и трудновывимым пескам. Характерной особен-

ностью россыпного золота является практически полное отсутствие его пылевой фракции (табл. 4). По данным обогатителей золотины имеют здесь в основном уплотненную и комковидную форму, средняя их проба составляет 916 ‰. В единичных случаях установлена незначительная примесь платины. Среди парастерических минералов-спутников золота и платины преобладают магнетит и хромит.

Таблица 3
Распределение содержаний и запасов золота по торфам и пескам
Большешалдинской россыпи

Длина россыпи, км	Мощность золотоносных пород, м		Объем золотоносных пород, тыс. м ³		Запасы золота, кг		Содержание золота, мг/м ³	
	Пески	Торфы	Пески	Торфы	Пески	Торфы	Пески	Торфы
5.6	1.7	1.7	486.4	467.3	132.9	6.4	273.2	13.7

Таблица 4
Распределение золотин в технологической пробе Большешалдинской россыпи по основным гранулометрическим классам

Общая масса металла, мг	Масса гранулометрических фракций золотин, мг/%				Категория крупности
	Фракции, мм				
	+1	-1+0.5	-0.5 +0.25	-0.25 +0.1	
5729.7	960.7 16.8	1658 28.9	2829.3 49.4	281.7 4.9	III

В материалах разведок также отмечалось, что Большешалдинская россыпь в дореволюционное время подвергалась старательской разработке «мускульным» способом, следы которой частично сохранились в пределах горного отвода. Однако из-за неопределенности объемов этих работ степень предварительного погашения запасов исследуемой россыпи до последнего времени оставалась неизвестной.

Лицензия на право отработки золотоносных россыпей на реках Бол. и Мал. Шалдинок была выдана 29 мая 2000 г. Недропользователем стало предприятие ООО «Старатель», специализированное, согласно своему Уставу, на добыче благородных металлов. Эта компания взяла на себя обязательство «обеспечить добычу золота не менее 30 кг в год», что означало готовность к годовой норме переработки горной массы в объеме не менее 140 тыс. м³.

Создателем упомянутого выше добычного предприятия является ООО «Цитрин», основной вид деятельности которого с начала 1990-х гг. — изготовление качественных ювелирных изделий из золота и платины. В настоящее время осуществление в рамках дочернего и основного предприятий полного цикла производства от добычи и переработки сырья до реализации изделий считается прогрессивной экономической стратегией. Это подтверждено решениями многих совещаний, конференций и международных выставок, посвя-

щенных проблемами оптимизации экономики драгоценных видов минерального сырья. Соответствующие презентации, регулярно организуемые Министерствами экономики и природных ресурсов РФ, Центральным банком РФ, Союзом старателей и золотопромышленников России под девизом «от месторождения до ювелирного изделия», показали, что такая организация экономической деятельности позволяет как минимум на 20–25 % повысить рентабельность.

Опытно-методические работы на россыпи начались в 2002 г. За основу была принята бульдозерно-экскаваторная схема с гидравлической отмывкой на модифицированной модульной установке «Аляска». В качестве первоочередного объекта выступили блоки 7С, и 8С, находящиеся в средней части россыпи. Согласно справке ГУПр Пермской области, в 2002 г. недропользователем было переработано около 3 тыс. м³ горной массы со средним содержанием золота 200 мг/м³. При этом было добыто 601 г металла. В результате проведенных работ выяснилось, что предельно допустимый объем переработки горной массы в полевой сезон может здесь составить только 40–50 тыс. м³. Кроме того, обнаружилось, что складирование хвостов обогащения и постройка из них плотины на р. Бол. Шалдинке весьма затруднительны по инженерно-геологическим и экологическим причинам.

В середине 2003 г. схема разработки россыпи была изменена. Модифицированным проектом предусматривалась бульдозерно-гидравлическая технология с подачей песков на размывочный стол и обогащением его на наклонном шлюзе. В итоге к концу 2003 г. было переработано 39 тыс. м³ горной массы со средним содержанием золота 53 мг/м³ и извлечено 2017 г металла.

В связи с недостаточным «отходом» золота, невозможностью по этой причине выполнять условия лицензионного соглашения, платить налоги в бюджеты разных уровней, т.е. экономической неоправданностью понесенных материальных затрат, руководство предприятия ООО «Старатель» обратилось в ГУПр и ГУП Пермской области с просьбой разобраться в сложившейся ситуации. По результатам проведенного расследования был составлен Акт, следующим образом формулирующий причины несоответствия геологических и опытно-эксплуатационных данных.

1. Важнейшие параметры подсчета запасов, а именно бортовое и минимально промышленное содержания, принятые в экономических условиях 1970–1980-х гг., в настоящее время являются экономически нецелесообразными и требуют своего пересмотра и переутверждения.

2. Запасы, утвержденные ТКЗ по состоянию на 01.07.1996 г., в целом и по блокам требуют геологической переоценки, поскольку фактическая мощность золотоносных песков в россыпи составляет 0.5–0.75 м против 1.7 м, принятых в проекте, а фактические результаты отработки россыпи не соответствуют данным опробования.

3. Россыпь существенно истощена прежними старательскими промывками. В контур подсчета запасов и соответственно горного отвода и необоснованно включены уже фактически выработанные участки. По предварительной оценке площадь таких участков в Большешалдинской россыпи составляет не менее 30–40 %, а объем уже отмытых старателями песков — не менее 30–50 %.

К настоящему времени геологами предприятия-недропользователя завершена эксплуатационная разведка и опробование бортов россыпи, заданных промышленным контуром. В рамках этой работы были отобраны и оттавлены 46 борздовых проб на пяти стоянках промприбора (табл. 5). Сопоставление полученных данных с данными поисково-разведочных работ (Прозоровский и др., 1994ф) проводилось после исключения из подсчетных блоков истощенных прежними старателями участков россыпи. Сравнительный анализ показал (табл. 6), что полезные площади в пределах оцениваемых блоков должны быть сокращены на 1-3.1 м² (9.4-19.4%), мощности торфов и песков - на 1.58-2.32 м (56.4-62.7%), а средние содержания золота - на 45-158 мг/м³ (22-57.9%). Переопределенные на основании новых параметров запасы золота оказались ниже «поисково-разведочных» более, чем на порядок.

Усредненные данные опытно-эксплуатационных работ Таблица 5

Блоки	Число проб	Мощность золотоносных пород, м		Содержание золота в пробе, мг/м ³	Вертикальное содержание золота, мг/м ³
		Торфы	Пески		
8 С ₁	24	0.48	0.74	159	28
7 С ₁	22	1.07	0.31	115	
					795

Сопоставление данных подсчета запасов золота, полученных в ходе поисково-разведочных (А) и опытно-эксплуатационных (Б) работ Таблица 6

Блоки	Площадь контура подсчета, тыс. м ²	Мощность золотоносных пород, м		Среднее взвешенное содержание золота, мг/м ³	Запасы золота, кг
		Торфы	Пески		
А					
8 С	15.9	2.8		204	8.1
7 С	10.6	3.7		273	12
Всего	26.5	3.25		238.5	20.1
Б					
8 С	12.8	0.48	0.74	159	1.506
7 С	9.6	1.07	0.31	115	0.342
Всего	22.4	0.78	0.52	137	1.848

ГЛАВА 4 ОБЛОМочНАЯ ФАЦИЯ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА И ПЛАТИНОИДОВ БОЛЬШЕШАЛДИНСКОЙ РОССЫПИ

Основным полезным ископаемым Большешалдинской россыпи является золото. Кроме того, попутно извлекаются платиноиды, количество которых здесь на два порядка меньше.

4.1. Морфология золотин

Для золота изучаемой россыпи характерна разнообразная морфология зерен. Приблизительно треть золотин имеет рудный облик (34%), остальные представлены слабо (33%) и хорошо окатанным золотом (32%), что свидетельствует как о близости коренных источников, так и поступлении металла в россыпь в течение продолжительного времени. Разнообразие форм выделения и иерархия морфологических особенностей золота на примере Большешалдинской россыпи показаны на типизационной схеме (табл. 7).

Таблица 7

Схема морфологической типизации золотин Большешалдинской россыпи

Облик (тип)	Степень идиоморфизма и изменения поверхности (класс)	Морфометрический признак (группа)	Предполагаемый механизм формирования	механизм
"Рудный"	Идиоморфные	Кристаллы	Кристаллизация	в открытых полостях
	Гипидиоморфные	Дендритовидные	Рост в щелевидных полостях	
		Пластинчатые	Рост в полостях на стыках жильных минералов	
	Аллотриоморфные	Интерстициальные	Выполнение полостей выщелачивания или замещения (карбоната?)	
Комковатые		Выполнение полостей деформаций при сдвиговых деформациях		
Цепочечные		Механическое окатывание золотин различной формы		
"Аллювиальный"	Окатанные	Уплотненное, пластинчатое, листоватое, ленточное	Цементация золотин новообразованными пленками	
	Регенерированные	Агломератное		

Золото рудного облика переставлено в основном гипидиоморфными и ксеноморфными выделениями. Идиоморфные кристаллы относительно редки. Они имеют изометричную и вытянутую форму и покрыты большим количеством мелких граней (рис. 7.1). Из простых форм диагностированы тетрагон-триоктаэдр и октаэдр. Формирование подобных индивидов обычно происходит при росте в полостях.

Гипидиоморфные золотины представлены дендритовидными и пластинчатыми выделениями (рис. 7.2, 7.3), на которых отмечаются отдельные грани. Все они характеризуются удлиненной и удлиненно-уплощенной формой, что может отражать рост в полостях щелевидной формы.

Ксеноморфные (аллотриоморфные) золотины также имеют в основном уплощенную и уплощенно-удлиненную форму. Реже отмечаются индивиды сложной конфигурации представляющие собой совокупность различно ориентированных пластин (рис. 7.4). Их морфология и наличие на поверхности отпечатков чужих граней может говорить об интерстициальной природе и росте на стыках границ зерен нерудных минералов. Основная часть ксеноморфных золотин имеет гладкую (ленточные) или бугорчатую (комковатые, цепочечные) поверхности (рис. 7.5, 8). Отмечаются также переходные формы. Образование подобных индивидов связывается с ростом в полостях различной формы



Рис. 7. Морфология золота рудного облика: 1 – кристалломорфное; 2 – дендритовидное; 3 – пластинчатое; 4 – интерстициальное; 5 – комковатое

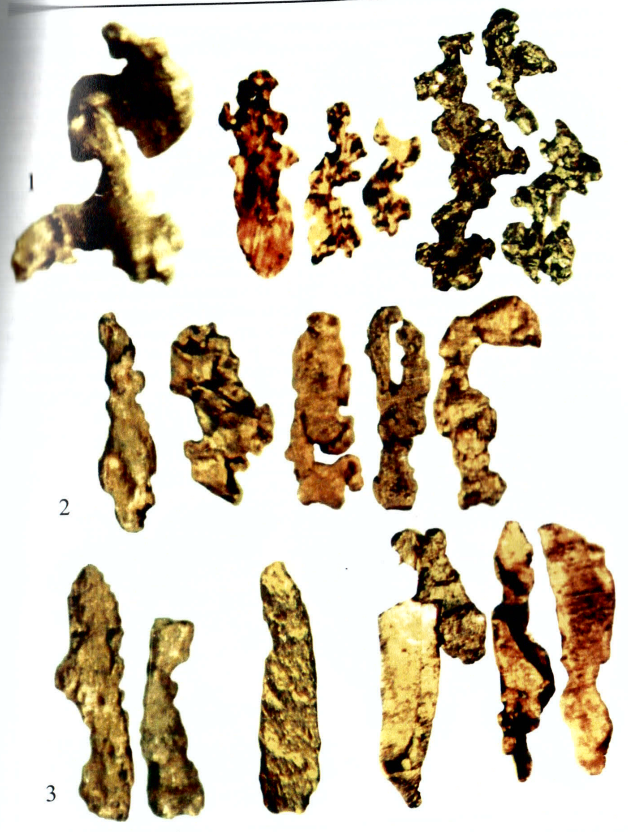


Рис. 8. Морфология удлиненных частиц золота рудного облика: 1 – цепочного; 2 – цепочно-ленточного; 3 – ленточного (увеличение 20-50 раз)

и природы. Бугорчатая поверхность может быть связана с отложением металла в пустотах выщелачивания карбонатных минералов или при их непосредственном замещении золотом. Гладкая поверхность, вероятно, наследуется золотом от слоистого или сланцеватого вмещающего субстрата. Нередкое присутствие на последних штриховки скольжения, особенно заметной на крупных индивидах (рис. 9.1), а также сходящиеся под острым углом золотые прожилки (рис. 9.2) говорят о том, что гладкогранные золотины формировались в полостях сформированных при сдвиговых деформациях.

Кроме мономинеральных золотых прожилок встречаются фрагменты (до 8 мм) золотых жил, в центральной части которых отмечаются включения кварца и полиэдрические полости, вероятно, отпечатки карбоната. Подобное строение агрегата может отражать проявление продуктивной стадии до формирования нерудной жильной минерализации, что отмечено нами и для кварцевых жил района Велсовской россыпи (Сев. Урал), где золото локализовано в зальбандах.

Для «аллювиального» золота характерно меньшее морфологическое разнообразие (рис. 10.1-10.4), чем для рудного, хотя сопоставление «рудных» и «аллювиальных» частиц золота показывает унаследованность наиболее простых форм. Судя по пластинчатой, ленточной и листоватой форме при механическом преобразовании происходит только сглаживание поверхности и уплощение золотинок. Находки агрегатов, состоящих из окатанных зерен (рис. 10.5) говорят о том, что в россыпи продолжается рост и цементация золотинок, за счет новообразованных пленок.

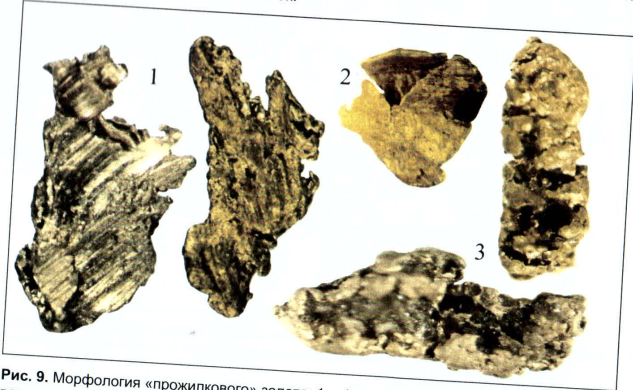


Рис. 9. Морфология «прожилкового» золота: 1 – фрагменты со следами скольжения; 2 – ветвящийся; 3 – фрагмент жилы с репликами от нерудных (кварц, кальцит) минералов (увеличение 20-70 раз)



Рис. 10. Морфология аллювиального и аллювиально-аугитного золота: 1 – изометрично-уплощенное; 2 – пластинчатое; 3 – ленточное; 4 – листоватое с загнутыми краями; 5 – агрегатное (увеличение 20-50 раз)

4.2. Химизм золота

Золото весьма широко варьирует по составу (700 до 1000 ‰) и в целом характеризуется двумодальным (775-875 и 900-1000) распределением пробности. В качестве примесей установлены серебро (до 27 ат.%) и изредка ртуть (до 3 ат.%). Изучение внутреннего строения одной из золотин рудного облика показало ее зональное строение (рис. 11). В центральной части золото наиболее низкопробное (894-898 ‰) в прикраевой зоне промежуточное (965), а в краевой части – вообще не содержит примесей. Подобная зональность может отражать два различных процесса. С одной стороны это увеличение пробности кристаллизующего золота связанного с понижением температуры (центр-прикраевая часть) гидротермальных растворов, а с другой – гипергенное облагораживание в аллювии с поверхности золотин. Сравнение составов золота из различных объектов Западного Урала в пределах Пермской области позволяет проследить, что от коренных проявлений к россыпным происходит смещение моды в высокопробную область (рис. 12). Эта отличие обусловлено многократным переотложением кластогенного золота и его очищением. Таким образом, первая мода (775-875 ‰) может отражать состав первичного золота в коренном источнике, а вторая (900-1000 ‰) характеризует состав гипергенно модифицированного металла, устойчивого в аллювии.

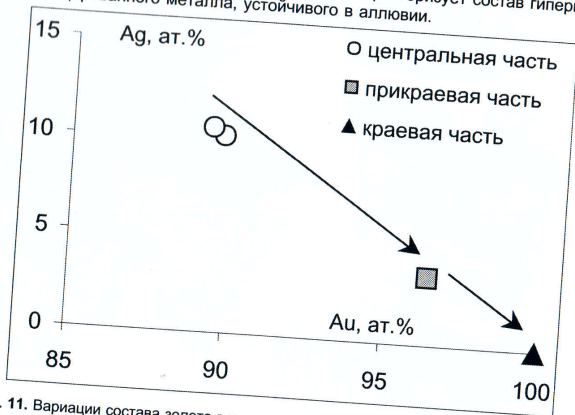


Рис. 11. Вариации состава золота в пределах отдельной золотины

Кроме преобладающего золота золотисто-желтого цвета встречаются и желтовато-серые дендритовые выделения, обогащенные ртутью (4,6-7,2 ат.%) и палладием (0-2 ат.%). Предполагается, что они имеют отличную от основного золота природу и связаны с пикритовыми породами.

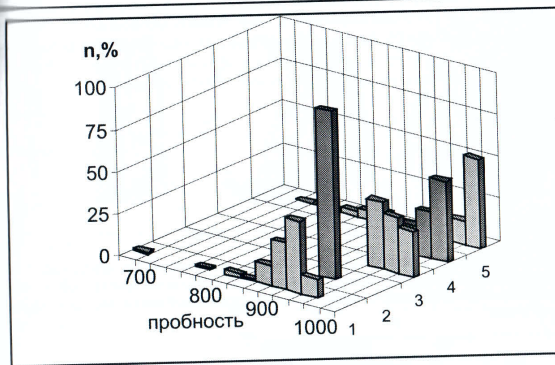


Рис. 12. Пробность золота из коренных проявлений (1, 2) и россыпных (3-5) месторождений Западного склона Среднего и Северного Урала: 1 – Чувальская жила; 2 – Уле-Чарын-Тумп; 3 – Велсовская; 4 – Полуденская; 5 – Большешалдинская

4.3. Минералы-спутники золота и их значение для диагноза вероятных коренных источников

Для выяснения природы золота в россыпи изучены минералы, которые могли бы быть его спутниками. По информативности они разделены на две группы: гидротермальные и гипергенные, отражающие состав рудной минерализации и ее последующее приповерхностное изменение до попадания в россыпь, а также метаморфические, характеризующие вещественный состав вмещающей рамы, в которой золотое оруденение было локализовано.

Метаморфические минералы – основные в тяжелой фракции аллювия. Они происходят из доордовикских и ордовикских зеленосланцевых пород (рис. 13). Главным является магнетит, представленный октаэдрическими кристаллами из зеленокаменных толщ, обогащенных вулканогенным апобазитовым материалом (Курбаская, Чайковская, 1994). В меньших количествах встречаются гематит и ильменит, характеризующиеся пинакоидальными кристаллами. Нередко на зернах отмечаются хлорит-серицитовые «бороды», а на ильмените – рутиловые каймы игольчатого строения. В тяжелой фракции присутствуют кристаллы анатаза, брукита и монацита. Появление вторичных (апоильменитовых) титанистых фаз может отражать преобразование первичных метаморфических минералов и происходящее перераспределение компонентов в зеленых сланцах, связанное, вероятно, с их метасоматозом. О наложении оруденения на зеленые сланцы свидетельствует наличие магнетитовых включений внутри золотин (рис. 14). Рудные минералы встречаются реже. Самым распространенным является пирит. Реже отмечаются галенит, барит, самородная медь, свинцово-сурьмянистый твердый раствор.



Рис. 13. Типичные метаморфические минералы из аллювия р. Бол. Шалдинка: 1 – кристалл магнетита; 2 – кристалл ильменита с чехлом из игольчатых кристаллов рутила; 3 – метакристалл пирита, гексаэдр с комбинационной штриховкой пентагон-додекаэдра (Увеличение 15-20)

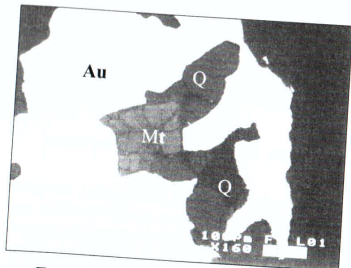


Рис. 14. Включение кварца (Q) и магнетита (Mt) в золоте (Au)

Пирит встречается как в виде свежих, так и окисленных индивидов. Он представлен несколькими кристалломорфологическими группами. Наиболее распространенными являются комбинации гексаэдра и пентагон-додекаэдра (рис. 15). Они образуют отдельные кристаллы, нередко удлиненные и уплощенные, сростки и сложные агрегаты, часто в сростании со слюдой и кварцем. Постепенный переход между кубом и пентагон-додекаэдром позволяет предполагать эволюцию растворов, а искаженный облик – рост в анизотропной сланцеватой среде. Тот же тип характерен для Крестовоздвиженской россыпи с аналогичной минерализацией. Реже отмечают комбинации $\{100\} + \{210\} + \{111\}$ и чисто октаэдрические кристаллы. Их природа пока не ясна. Предполагается, что они связаны с определенным литологическим типом пород (октаэдры) или могут представлять собой гибридные образования (комбинации), возникшие при наложении различных источников.

Галенит представлен сростками и выколками по спайности. С поверхности он обычно покрыт матовой пленкой. Зерна нередко несут на себе следы пластической деформации. Подобно галениту из золоторудной Чувальской жилы он характеризуется повышенным содержанием селена (табл. 8, рис. 16),

отличаясь от минералов собственно галенитовых проявлений Северного Урала (Паниха, Лиственичный) (Мальцева, Чайковский, 2002). Вероятно, это обусловлено более высокой температурой их формирования, что, по Г. Тишендорфу (цит. по В.В. Иванову, 1997), приводит к уменьшению величины S/Se.

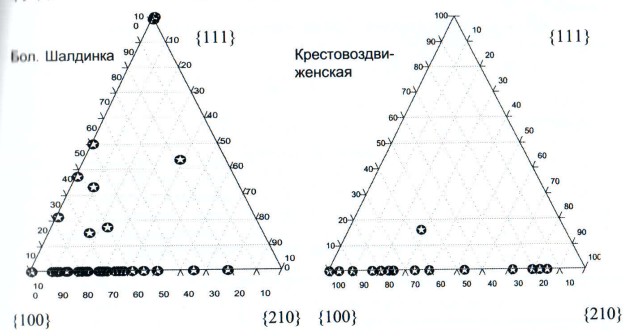


Рис. 15. Количественное соотношение ширины граней гексаэдра $\{100\}$, октаэдра $\{111\}$ и пентагон-додекаэдра $\{210\}$ на кристаллах пирита из Большешалдинской и Крестовоздвиженской россыпей

Таблица 8

Химический состав галенита, мас.%

Элемент	1	2	3
S	10,8	11,1	11,06
Se	1,55	0,94	1,49
Bi	2,18	2,66	0
Pb	85	85,33	86,55
Сумма	99,53	100,03	99,1

Барит отмечается в виде крупных уплощенных обломков мутно-белого цвета. Содержит незначительную примесь стронция и кальция (табл. 9, рис. 17), что может говорить о его образовании из относительно высокотемпературных растворов. Несмотря на близость к составу барита из алмазоносных туффизитов Северного Урала (Чайковский, 2001), он содержит меньше примесей, что позволяет связывать его с метаморфическими золотоносными флюидами.

Таблица 9

Состав барита Большешалдинской россыпи (мас.%, мол.%)

Оксиды	1	2	3	Минералы	1	2	3
BaO	65,52	65,89	64,64	SrSO ₄	4,46	2,97	3,68
SrO	2,07	1,38	1,67	BaSO ₄	95,53	95,91	96,32
CaO	0	0,28	0	CaSO ₄	0,00	2	0,00
SO ₃	32,35	32,35	32,6				
Сумма	99,94	99,9	98,91				

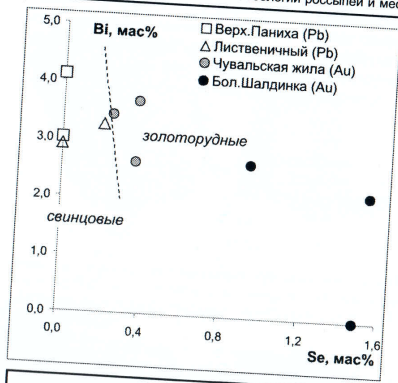


Рис. 16. Соотношение Bi-Se в галените Большешалдинской россыпи и сопоставление его состава с минералами свинцовых и золоторудных проявлений Северного Урала

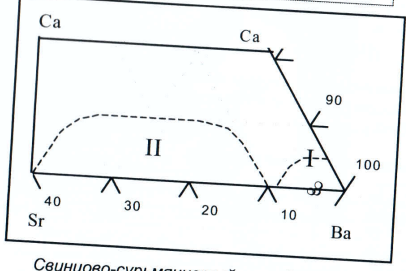


Рис. 17. Соотношение Sr-Ca-Ba в барите Большешалдинской россыпи. Поля состава барита: I - из алмазоносных туфизитов Урала; II - из продуктов отложения современных холодных источников Приуралья

Свинцово-сурьмянистый твердый раствор представлен округло-комковатыми, нередко удлинеными зернами серого цвета с матово-металлическим блеском и неоднородным строением. Основная цементирующая масса относительно обогащена свинцом, а уплощенные включения - сурьмой (табл. 10, рис. 18, 19). Его валовой состав отвечает эвтектическому (11,1-11,6 мас.% Sb), что позволяет предполагать формирование при температуре 252°C и последующий распад этого твердого раствора на фазы, близкие к стехиометрическим ($Pb_{7,96}Sb_{1,04}$, $Pb_{1,91}Sb_{1,09}$, $Pb_{0,97}Sb_{1,03}$, $Pb_{1,26}Sb_{2,74}$, $Pb_{1,03}Sb_{2,92}$, $Pb_{0,85}Sb_{3,15}$).

По данным М.И. Новгородовой (1983), свинец в природе встречается в основном в чистом виде, практически без примесей, а также в составе олово-свинцовых фаз - станидов, близких по составу к фазам $PbSn_{13}$, Pb_2Sn , Pb_7Sn , и свинцовой разновидности стистаита ($PbSn_4Sb_2$). Антимониды свинца в геологических системах не известны.

Самородная медь встречается в виде сростков кубооктаэдрических кристаллов, покрытых с поверхности зелено-серым оксидным налетом. Медь химически чиста, хотя и содержит рассеянную тонкую (2-0,3 мк) эмульсию золота

(рис. 20, табл. 11). Ее образование связывается нами с зоной окисления. При наличии микровключений золота свидетельствует о его миграции и частичном перераспределении при гипергенном преобразовании рудных зон, вероятно, из окислившихся сульфидов.

Таблица 10

Химический состав твердого Sb-Pb- твердого раствора, мас.%

	1	2	3	4	5	6	7
Pb	87,21	93,43	74,83	61,46	44,14	36,98	31,43
Sb	12,15	7,15	25,25	38,6	56,14	61,13	68,51
	99,36	100,58	100,08	100,06	100,28	98,43	99,94
Формульные единицы							
Pb	4,04	7,96	1,91	0,97	1,26	1,04	0,85
Sb	0,96	1,04	1,09	1,03	2,74	2,92	3,15
Pb:Sb	4:1	8:1	2:1	1:1		1:3	
Вероятные кристаллохимические формулы							
1. $Pb_{4,04}Sb_{0,96}$	3. $Pb_{1,91}Sb_{1,09}$	5. $Pb_{1,26}Sb_{2,74}$	7. $Pb_{0,85}Sb_{3,15}$				
2. $Pb_{7,96}Sb_{1,04}$	4. $Pb_{0,97}Sb_{1,03}$	6. $Pb_{1,03}Sb_{2,92}$					
1 - валовой состав, полученный при сканировании площади зерна; 2-7 - анализы матрицы и микровключений в отдельных точках.							

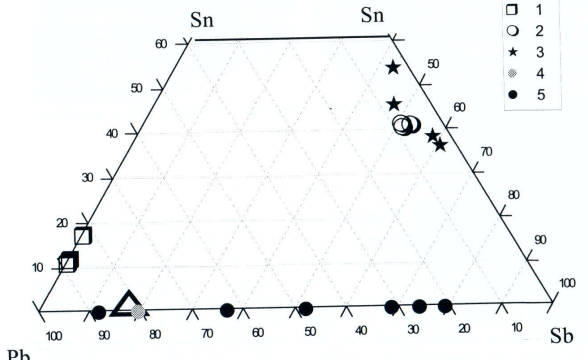


Рис. 18. Состав антимонида свинца (4) и металлических твердых растворов бинарного ряда Pb-Sb (5) из Большешалдинской россыпи в рамках системы Pb-Sn-Sb. Треугольником показан состав Pb-Sb эвтектики при 252°C. Эталоны: 1, 2 - составы оловосодержащего свинца (1) и стистаита (2) из золоторудного месторождения Южного Урала (Новгородова, 1983); 3 - стистаит из габбро-долеритов Сибирской платформы

Таблица 11
Состав самородной меди, включений в ней и оксидной пленки, мас.%

	1	2	3	4	5	6
Cu	100,62	100,64				
Ag						
Au			1,5	9,79		
Fe			98,21	88,84		
CuO				1,37		
FeO					93,71	98,85
SO ₂					4,93	0,79
Сумма	100,62	100,64	99,71	100,0	0,53	99,64

Примечание. 1, 2 – самородная медь; 3, 4 – включения золота в меди; 5, 6 – оксидная пленка на меди

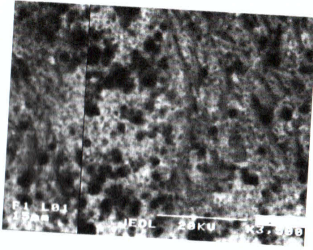


Рис. 19. Структура распада Pb-Sb твердого раствора на преимущественно свинцовую (светлую) и сурьмяную (темную) фазы

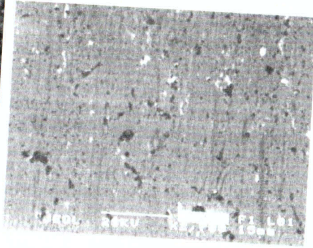


Рис. 20. Эмульсия золота в самородной меди

Значительное количество зерен рудного облика в аллювии р. Большая Шалдинка свидетельствует о принадлежности данного проявления к россыпи ближнего сноса. Анизотропная форма золотин, наличие борозд скольжения, незначительное развитие сульфидов, сростания золота преимущественно с нерудными минералами (кварц, карбонат), наличие пластически изогнутого галенита, ассоциация с «искаженными» метакристаллами пирита и другими метаморфическими минералами может говорить о формировании коренного оруденения на фоне тектонических движений и принадлежности к золото-кварцевой формации, связанной с регионально метаморфизованными толщами Центрально-Уральского поднятия. Появление свинцово-сурьмянистого твердого раствора, повышенное содержание селена в галените и незначительное количество примесей Sr и Ca в барите могут говорить о невысокой активности серы и среднетемпературных условиях. Зональность золота, вариации в огранке пирита свидетельствуют об эволюции состава этого рудоносного раствора. Присутствие самородной меди говорит о том, что до попадания в россыпь золото и

ассоциирующие с ним сульфиды находились в зоне гипергенного преобразования. При этом происходило частичное перераспределение и самого золота.

Вероятно, в россыпь поступало и золото иной формационной природы. Возможно, свидетелем этого является ртуть- и палладийсодержащее золото, источником которого могли являться пикритовые тела.

4.4. Платиноиды в россыпях Промышловского района

В Большешалдинской и Крестовоздвиженской россыпях отношение платиноидов к золоту составляет менее 1:200. В качестве их коренного источника рассматривали Платиноносный пояс Урала, однако, специальных исследований по изучению и корреляции их состава не проводили.

Платиноиды представлены зернами неправильной формы с мелкобугорчатой или гладкой поверхностью (рис. 21). Нередко отмечаются отпечатки (реплики) других минералов, изредка отдельные фрагменты собственных граней, что может отражать формирование платиноидов в конце магматического процесса. Размер индивидов редко превышает 1 мм.

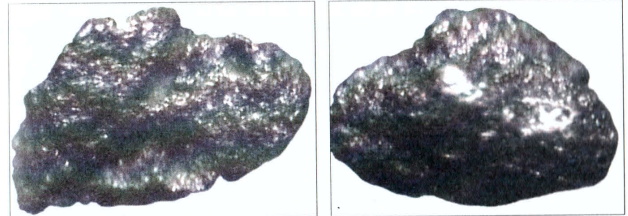


Рис. 21. Морфология зерен изоферроплатины (косое освещение, увеличение 25 раз)

По химическому составу они отвечают изоферроплатине (табл. 12) различающейся по содержанию иридия (0-3,93 мас.%). Подобная примесь весьма характерна для платиноидов связанных с Платиноносным поясом Урала (Типоморфизм ... 1994) и отличает их от платиноидов концентрически-зональных массивов других провинций (Аляска, Колумбия, Эфиопия).

Изоферроплатина неоднородна и содержит включения других платиноидов (рис. 22) и хромшпинелидов. Самой распространенной фазой является осмирид (табл. 13), а более редкими – существенно осмиевые минералы (осмий и иридоосмий). По соотношению Os-Ir-Ru (рис. 23) они отвечают минералам из концентрически-зональных массивов.

Присутствие в изоферроплатине включений платинистого иридия (рис. 24), не отмечаемого ранее на Урале, позволяет предполагать, что эти минералы являются реликтами первичного платинометаллического минерала на основе тугоплавких платиноидов, платины и железа («протоплатины»), который, как считается, является исходной мантийной фазой, как конфокальных массивов платформенных областей так и офиолитовых комплексов (Малич, 1999; Минералы ..., 1986).

Состав изоферроплатины, мас. % Таблица 12

№ зерна	1				2				3				4			
	1				2				3				4			
Pt	88,84	89,19	91,38	88,88	88,14	91,26	92,73									
Ir	3,27	2,61	0	2,51	3,93	0	0									
Rh	0	0	0	0,95	0	0	0									
Fe	8,17	7,74	8,16	7,6	7,82	8,21	7,66									
сумма	100,28	99,54	99,54	99,94	99,89	99,47	101,58									

№ зерна	4				5				6				7			
	4				5				6				7			
Pt	92,2	88,14	80,41	86,65	86,12	84,35	87,36									
Ir	0	3,78	11,03	5,45	3,86	6,26	4,01									
Rh	0	0,98	0,97	0	0	1,2	1,18									
Pd	-	-	-	-	-	0,93	0,79									
Fe	7,91	7,49	7,54	8,13	8,12	7,38	7,23									
сумма	100,11	100,39	99,95	100,23	98,1	100,12	100,57									

* 1-6- Большешалдинская россыпь; 7- Крестовоздвиженская россыпь



Рис. 22. Включение осмирида в изоферроплатине Большешалдинской и Крестовоздвиженской россыпей (зерна № 5 и 7 в табл. 12)

В изоферроплатине зафиксированы также включения тетраферроплатины, отражающей частичное изменение (серпентинизацию) гипербазит-базитового массива в условиях коры. Хромшпинели включенные в изоферроплатине характеризуются крайне низким содержанием алюминия и магния (табл. 14), что также отражает их частичное метаморфогенное преобразование (серпентинизацию) сопровождающуюся окислением железа. По составу они наиболее близки шпинелидам из концентрически-зональных массивов (рис. 25). Н.К. Высоцкий (1925) отмечал, что включения хромшпинелидов характерны для платиноидов из дунитов, в отличие от клинопироксенитов, для которых типичен магнетит.

Изученные платиноиды Промышловского района представлены изоферроплатиной, содержащей включения хромшпинелидов, тетраферроплатины, иридиевой платины («протоплатины») и тугоплавких платиноидов (осмий, иридомин, осмирид). Состав этих минералов может свидетельствовать о том, что

они связаны с эрозией концентрически-зонального массива дунит-клинопироксенит-габбровой формации. Наиболее близкими дунитовыми массивами, которые могли бы являться коренным источником платиноидов, являются Вересовоборский и Светлоборский массивы, которые относятся (Платинометаллы..., 2001) к Нижнетагильскому типу месторождений с платино-иридиевой рудной ассоциацией.

Таблица 13

Состав осмирида (1), иридомина (2), тетраферроплатины (3), осмия (4) и платинистого иридия (5) из включений в изоферроплатине, мас. %

минерал	осмирид								
	1		2		3		5		
№*	1		2		3		5		
Pt	6,02	15,14	4,4	7,04	5,33	6,94	9,14	8,06	8,19
Ir	60,05	58,23	64,33	60,09	60,25	60,25	57,67	58,14	59,83
Os	32,82	24,71	29,82	31,32	32,92	29,22	29,2	29,75	28
Rh	1,67	1,48	1,84	1,86	1,47	1,23	1,52	1,57	1,25
Ru	0	0	0	0	0	2,08	1,77	2,28	2,32
Fe	0,39	0,91	0	0	0	0	0,38	0,44	0
Сумма	100,95	100,47	100,39	100,31	99,97	99,72	99,68	100,2	99,59

включен ия	осмирид		иридомин	тетраферроплатина	осмий	платинистый иридий
	7					
№*	7		2	3	4	5
Pt	2,85	3,64	0	78,05	0	45,4
Ir	63,48	61,55	26,63	0	3,49	44,84
Os	28,5	30	70,42	0	96,43	6,24
Rh	2,73	2,43	0	0	0	1,56
Ru	2,93	2,37	2,19	0	0	0
Fe	0	0	0	22,24	0	4,44
Сумма	100,5	99,99	99,24	100,29	99,92	102,48

* № зерна изоферроплатины в таб. 1 (1-5- Большешалдинская россыпь; 7- Крестовоздвиженская россыпь)

Металлы платиновой группы, которые в мантии, вероятно, существовали в виде первичной фазы (протоплатины), на позднемагматической стадии разделились на изоферроплатинину и тугоплавкие платиноиды. Появление тетраферроплатины и низкая магнезиальность шпинелидов могут говорить о том, что платиносодержащие массивы претерпели изменение (серпентинизацию) в условиях коры.

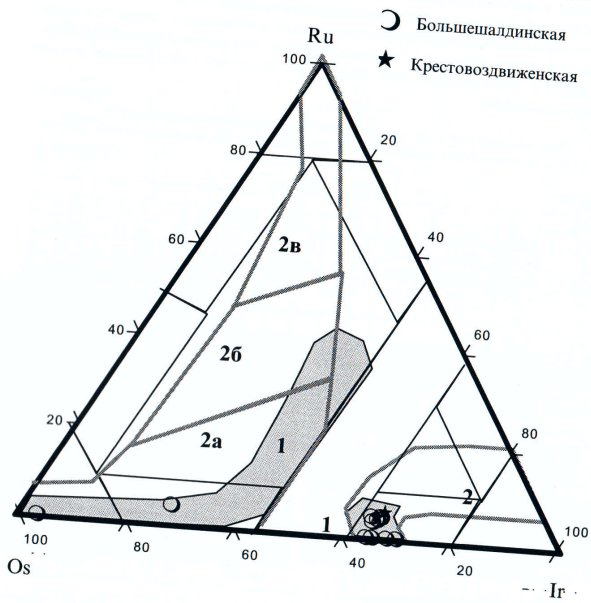


Рис. 23. Положение тугоплавких платиноидов Промысловского рудного узла на диаграмме Д.К. Харриса и Л.Дж. Кабри (Harris, Cabri, 1973). Цифрами обозначены поля плаверлит-клинопироксенитового комплекса (1) и альпинотипных массивов (2) (а – из дунит-хромититов, в – из дунитовых хромититов)

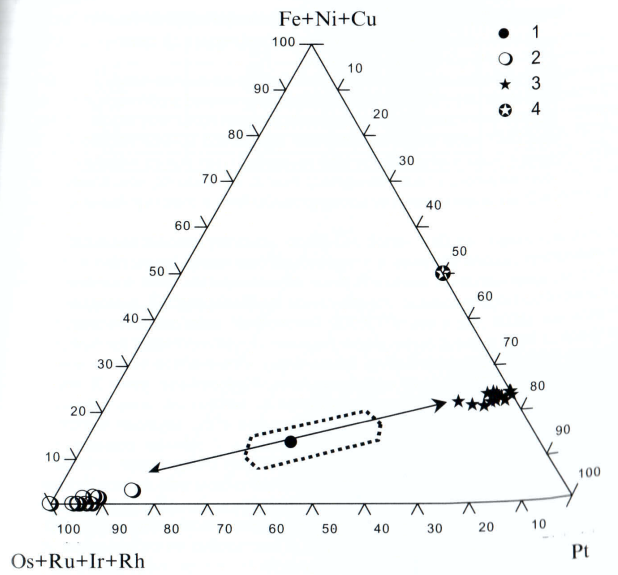


Рис. 24. Соотношение основных элементов в платиноидах Промысловского узла: 1 – платинистый иридий; 2 – тугоплавкие платиноиды; 3 – изоферроплатина; 4 – тетраферроплатина. Пунктиром ограничено поле первичного протораствора на основе тугоплавких платиноидов, платины и железа. Стрелками показано направление дифференциации платиноидов

Состав хромшпинелидов из включений в изоферроплатине, мас. % Таблица 14

TiO ₂	0	0,4	0
Al ₂ O ₃	1,24	1,05	1,44
Cr ₂ O ₃	44,48	43,07	44,68
FeO	51,76	51,99	51,32
MnO	0,89	1,34	0,91
MgO	1,71	2,38	0,97
Сумма	100,08	100,23	99,32

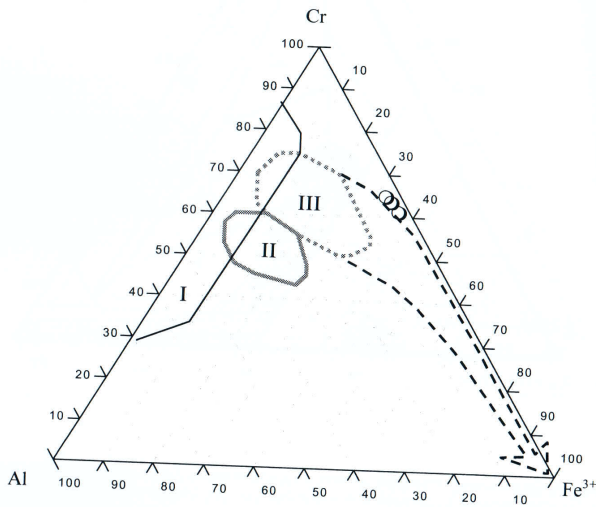


Рис. 25. Положение состава хромшпинелидов на диаграмме Al-Cr-Fe³⁺. Поля оксидов из гипербазитов различной природы: I – реститогенных; II – расслоенных (Сарановский массив); III – концентрически-зональных (Платиноносный пояс). Стрелкой показано направление постмагматического изменения состава шпинелидов конфокальных массивов урало-алаянского типа.

ГЛАВА 5 АУТИГЕННАЯ ФАЦИЯ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА И ЕГО ПАРАГЕНЕЗИС С ГИДРОКСИЛ–БРОМИДАМИ

В онтогенезе золото-аллювиальных россыпей наименее изученным являются процессы образования так называемого "нового", т.е. аутигенного в отношении самих россыпей самородного золота. Причина этого состоит, прежде всего, в относительной редкости и неопределенности форм такого золота. Полученные нами результаты изучения благороднометалльной минерализации в аллювиальной россыпи на р. Бол. Шалдинке дают основание надеяться на значительный прогресс в этой области россыпной металлогении (Силаев и др., 2005).

Большешалдинская россыпь, открытая более 180 лет назад как золотоносная, в настоящее время рассматривается в качестве сложно построенного геологического тела аллювиального происхождения с неравномерным струйчато-гнездовым распределением комплексного алмазо-платиноидо-золотого оруденения (Мальцева, Чайковский, 2005; Силаев и др., 2005). Как известно, первые же старательские промывки, начавшиеся здесь в 1824 г., сразу же выявили четыре особенности шалдинской аллювиально-россыпной минерализации. К числу этих особенностей относятся: 1 — преимущественно крупный размер золотин, многие из которых похожи на мелкие самородки; 2 — присутствие наряду с окатанными золотишками множества золотин так называемого "рудного" облика; 3 — наличие на поверхности многих золотин сероватого налета, придающего им специфический облик; 4 — более низкий выход товарного золота, чем можно было бы ожидать, учитывая granulометрический состав и объем намываемого продуктивного шлиха.

Объектом наших исследований послужила часть промышленного концентрата, полученного на вибростоле в течение одного дня промывки золотоносных аллювиальных песков, отобранных с I—II речных террас. Этот материал не подвергался фракционированию в бромформе, амальгамированию и нагреванию. Кроме того, от В.А. Наумова мы получили небольшую пробу модифицированного самородного золота, подвергнутого отжигу в полевых условиях (далее это золото упоминается как "техногенное").

Изучение аллювиальной минерализации было проведено в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН на сканирующем электронном микроскопе JSM 6400, оснащенный энергетическим и волновым рентгеновскими спектрометрами, а также на газовом хроматографе "Цвет-800" с пиролитической приставкой.

5.1. Общая характеристика аллювиальной минерализации

Результаты проведенных исследований показали, что золотая минерализация в Большешалдинской россыпи присутствует как минимум в двух фациях: 1 — кластогенной, т.е. в виде окатанных в той или иной степени обломочных золотин; 2 — аутигенной, представленной золотыми пленками, покрывающими обломочные частицы. Кроме того, здесь обнаружены полнотелесные золотины неопределенного происхождения, характеризующиеся причудливой морфологией и не претерпевшие механического износа. Эти золотины внешне на-

поминают так называемые "интерстициальные" формы, хорошо известные в коренных золоторудных месторождениях.

Кластогенные золотины размером от 2 мкм до 2—3 мм представлены в различной степени окатанными индивидами пластинчатого и комковидного обликов (рис. 26). В исследуемой россыпи встречаются также явно окатанные и пластически деформированные дендритообразные золотины размером от 0.9x1.2 до 1x1.5 мм (рис. 27). Под бинокляром обломочные золотины характеризуются шагреновой поверхностью, а также отгисковой и шрамовой скульптурами. Для многих из них отмечается пятнистость, обусловленная сероватым цветом некоторых участков их поверхности.

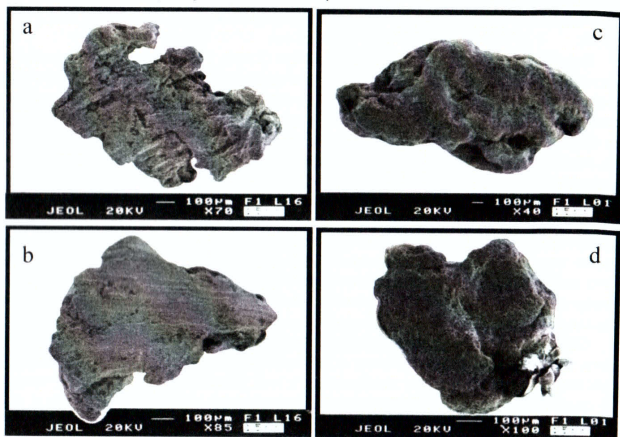


Рис. 26. Обломочные золотины пластинчатого (а, b) и субизометричного (с, d) обликов. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

Исследованные нами кластогенные золотины с поверхности оказались весьма высокопробным (965-1000 ‰). В качестве примеси в них выявлено только серебро, содержание которого не превысило 5 мас.%. Внутренняя часть таких золотинок заметно больше обогащена примесями Ag и Cu, суммарное содержание которых здесь достигает почти 10 мас.%. Следовательно, в рассматриваемых объектах обнаруживаются явные признаки приповерхностного обогащения, характерного только для кластических золотинок, модифицированных в аллювиальных россыпях (Силаев и др., 1987).

Вышеупомянутые "интерстициальные" золотины наблюдаются в виде ламелловидных, черве- или ежеобразных форм размером от 200x1000 до 250x1500 мкм. Для таких золотинок также характерна шагреновая поверхность (рис. 28). Происхождение этих золотинок в настоящее время остается не определенным.

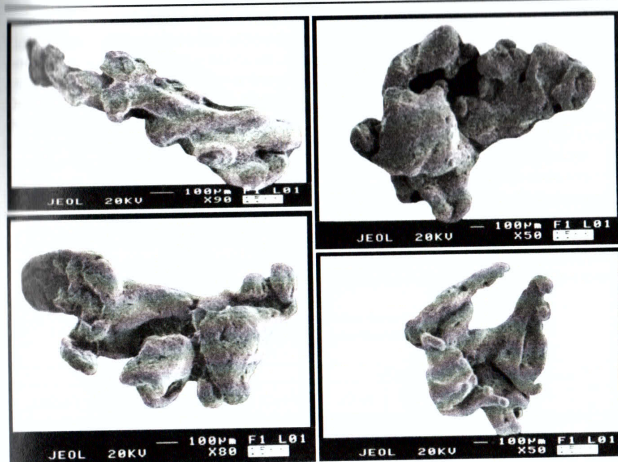


Рис. 27. Окатанные дендритообразные золотины. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

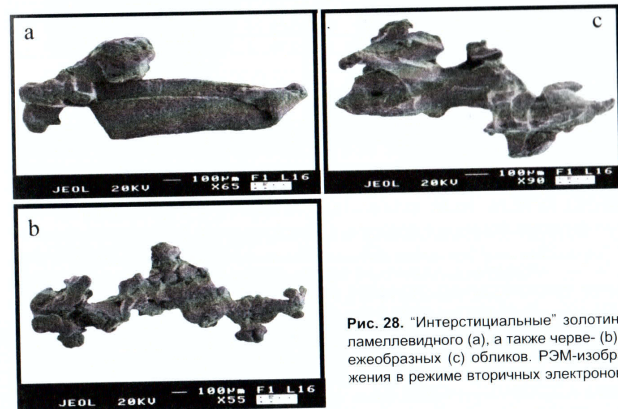


Рис. 28. "Интерстициальные" золотины ламелловидного (а), а также черве- (b) и ежеобразных (с) обликов. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

Золотые пленки в исследуемой россыпи пользуются, вероятно, повсеместным распространением, покрывая поверхность обломочных частиц как горных пород, так и самых разных минералов, включая и кластогенные золотины. Размер пленочно озолоченных обломков колеблется в пределах 0.02—0.45 мм, что соответствует гранулометрическому составу мелко-среднезернистых песков. По степени покрытия поверхности золотые пленки могут быть подразделены на фрагментарные и сплошные.

Фрагментарные золотые пленки наиболее часто покрывают окатанные и полукатанные зерна титаномагнетита и железистых кварцитов. Степень покрытия поверхности в этом случае составляет 15–50 %, не обнаруживая зависимости от окатанности соответствующих частиц (рис. 29). Согласно данным микрорентгенового анализа, обломочный титаномагнетит представлен твердым раствором в магнетите ульвошпинели, герцинита и, как можно предположить, гипотетического ульвошпинелеподобного минерала Fe_2SiO_4 (табл. 15).

Таблица 15
Химический состав титаномагнетита в позолоченных с поверхности обломочных зерен железистых кварцитов

№ п/п	Компоненты, мас. %				Минералы, мол. %			
	FeO	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeFe ₂ O ₄	FeAl ₂ O ₄	Fe ₂ TiO ₄	Fe ₂ SiO ₄
1	100	0	0	0	100	0	0	0
2	90.92	4.3	0	4.78	75.1	9.84	0	15.06
3	97.3	0.78	1	0.92	92.58	1.94	2.69	2.79
4	91.18	4.38	1.09	3.35	74.74	6.95	2.88	15.43
5	93.19	0.94	4.52	1.35	81.34	2.89	12.34	3.43
6	70.19	0.9	26.96	1.95	18.43	4.2	74.06	3.29
7	95.62	1.21	0	3.17	89.09	6.62	0	4.29
8	93.75	0	6.25	0	83.02	0	16.98	0
9	91.03	1.57	5.58	1.34	76.39	2.84	15.1	5.67

1 – Fe_2O_4 ; 2 – $(Fe_{2.85}Al_{0.15}Si_{0.15})_2O_4$; 3 – $(Fe_{2.4}Al_{0.6}Ti_{0.02}Si_{0.03})_2O_4$; 4 – $(Fe_{2.85}Al_{0.14}Ti_{0.03}Si_{0.15})_2O_4$; 5 – $(Fe_{2.75}Al_{0.98}Ti_{0.12}Si_{0.03})_2O_4$; 6 – $(Fe_{2.15}Al_{0.88}Ti_{0.74}Si_{0.03})_2O_4$; 7 – $(Fe_{2.83}Al_{0.13}Si_{0.04})_2O_4$; 8 – $(Fe_{2.83}Ti_{0.17})_2O_4$; 9 – $(Fe_{2.75}Al_{0.98}Ti_{0.15}Si_{0.03})_2O_4$.

Среди обломочных зерен, фрагментарно покрытых золотыми пленками, изредка встречаются окатанные частицы силицитов железа. Анализ показал, что в составе этих минералов железо значительно преобладает над кремнием (мас. %): Fe 78.78—83.86; Si 14.8—18.93; Al 0.59—1; Cr 0.45—0.6; Mn 0.3—0.7. Эмпирическая формула исследуемых силицитов может быть представлена как $(Fe_{1.97-2.72}Mn_{0.01-0.02}Cr_{0.01-0.02})_2(Si_{0.95-0.96}Al_{0.04-0.05})_2O_4$. Очевидно, что обнаруженные в Большешалдинской россыпи минералы далеки от известных в настоящее время стехиометрических силицитов железа: ферросилицита $FeSi$ и фердисилицита Fe_2Si_2 . Выявленные нами фазы скорее могут быть определены как члены ряда *диферсилицит-триферсилицит*. Подобные минералы уже отмечались в некоторых золото-платиновых россыпях Урала. Так, например, М. Генераловым и В. Наумовым в россыпи на р. Вилей (район Нижнего Тагила) были обнаружены "ксифенит" состава $(Fe_{4.82}Ti_{0.01}Cr_{0.05}Al_{0.03})_4Si_3$ (Me/Si = 1.64) и "гупейт" состава $(Fe_{2.82}Ti_{0.05}Cr_{0.01}Al_{0.04})_2Si_{1.06}$ (Me/Si = 2.75).

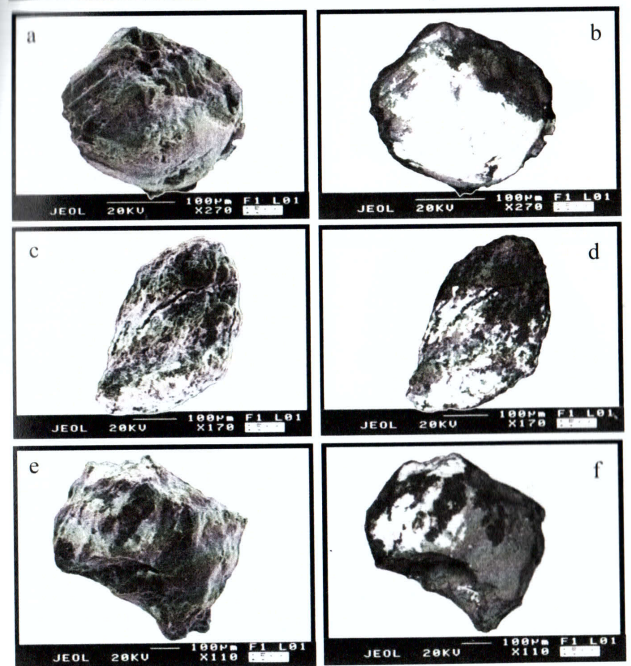


Рис. 29. Обломочные зерна титаномагнетита и железистых кварцитов, фрагментарно покрытые золотыми пленками. РЭМ-изображения в режимах вторичных (а, с, е) и упруготраженных (b, d, f) электронов

Наряду с зернами, лишь фрагментарно позолоченными, в исследуемой россыпи встречается множество обломочных частиц, поверхность которых покрыта почти *сплошными* золотыми пленками. При этом пленочный характер золотой минерализации обнаруживается только под электронным микроскопом, когда через микроразрывы ее сплошности удается наблюдать подпленочный субстрат, сложенный магнетитом, кварцем, слюдами и другими породообразующими минералами (рис. 30). Следует подчеркнуть, что в случаях покрытия сплошными золотыми пленками слабо окатанных идиоморфных зерен, например, магнетита, может возникать иллюзия обнаружения полнотелесных золотин "рудного облика", "с элементами огранки" и т.п. (рис. 30, в–с).

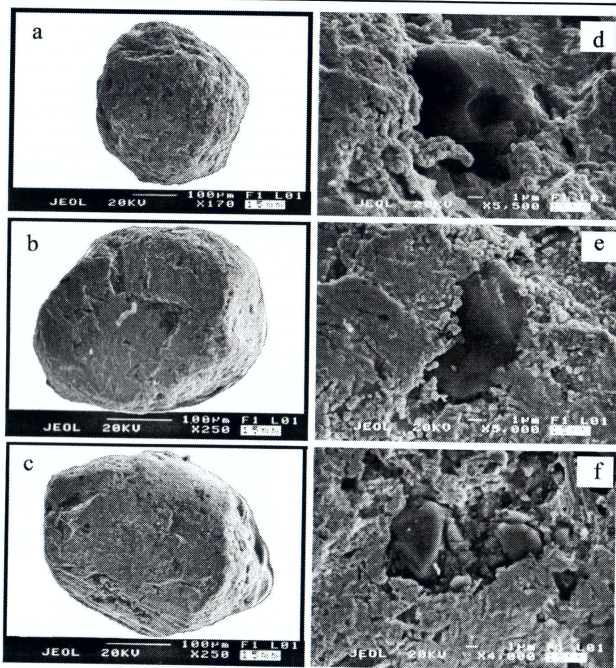


Рис. 30. Обломочные зерна минералов и горных пород, покрытые сплошными золотыми пленками (а–с), в локальных разрывах которых наблюдаются выходы минералов-подложек (d–f). РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

Значительная часть рассматриваемой минерализации представлена золотыми пленками, покрывающими и цементирующими обломочные зерна кварца и слюдисто-кварцевых горных пород в агглютинатоподобные *гломероагрегаты* (рис.31, 32). Исследованные нами позолоченные гломероагрегаты варьировали по размеру от 0.5 до 6 мм. В одном случае особенно крупная (3х6 мм) частица была проинтерпретирована как обломок ("фрагмент") золотокварцевой жилы. Изучение этого "фрагмента" под электронным микроскопом, однако, показало, что на нем тоже имеется поверхностная пленка или микрокорка аутигенного золота (рис. 33).

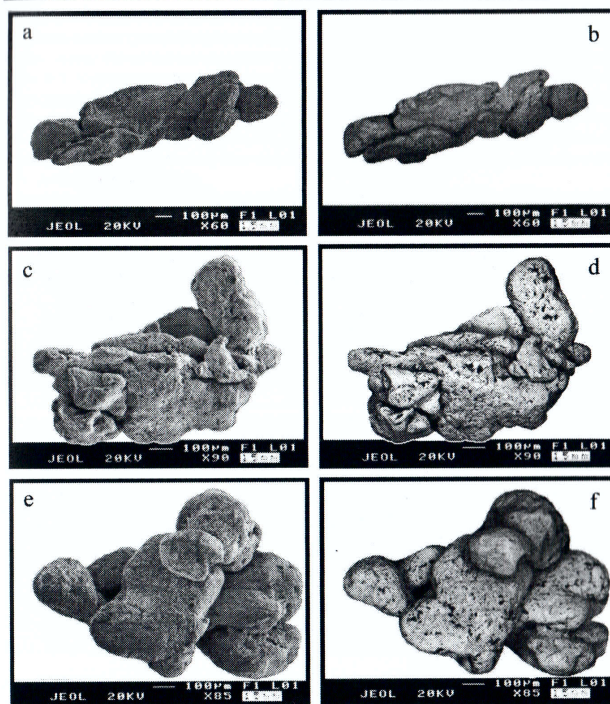


Рис. 31. Агглютинатоподобные гломероагрегаты обломочных частиц горных пород и минералов, позолоченных и сцементированных золотыми пленками. РЭМ-изображения в режимах вторичных (а, с, е) и упругоотраженных (b, d, f) электронов

Под растровым электронным микроскопом исследуемые золотые пленки характеризуются весьма необычным для минеральных образований *губчатым* (рис. 34) и *кораллоподобным* (рис. 35) микростроением. Это обусловлено рыхлой ажурно-сетчатой агрегацией глобулярных, гантеле- или палочковидных индивидов самородного золота, варьирующих по размеру в мезонано-микрометровом (0.1–1 мкм) диапазоне (рис. 36). Упомянутые индивиды по своей морфологии далеки от кристаллографических форм, но, напротив, весьма похожи на формы микрофитолитов, насыщающих погребенные почвы (Гольцева, 2001).

В некоторых случаях упомянутые гантелевидные и палочкообразные индивиды, сетчато переплетаясь, образуют столбчатые скопления, напоминающие микробийные колонии (рис. 37). Размер поперечных сечений таких "колоний" достигает 10 мкм, пустотные промежутки между ними составляют 1–5 мкм. Кроме того, в исследуемых пленках зафиксированы снопообразные агрегаты трубчатых индивидов, очень сходных по форме, строению и размеру с цианофитами (рис. 38).

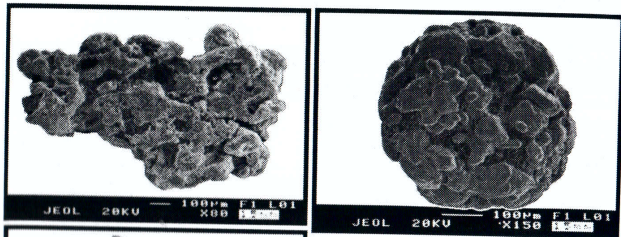


Рис. 32. Гроздьевидныеglomerоагрегаты обломочных частиц, позолоченных и сцементированных золотыми пленками. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

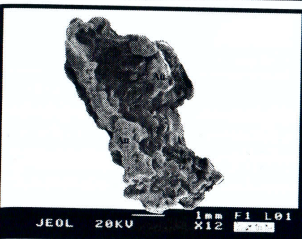
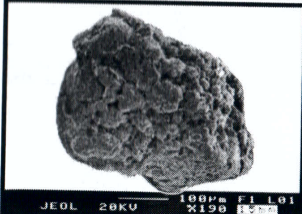


Рис. 33. Предположительно обломок золотокварцевой жилы, фрагментарно покрытый с поверхности золотой микрокоркой. РЭМ-изображение в режиме вторичных электронов

Толщина золотых пленок, покрывающих обломочные зерна в Большешалдинской россыпи, варьирует в значительных пределах, достигая в некоторых случаях 50–70 мкм. Наиболее тонкие представляют собой монослой слагающих их индивидов золота (рис. 39).

В некоторых образцах нами были зафиксированы отчетливые признаки диагенетического преобразования глобулярно-палочковидных форм пленочного золота в пластинчатые кристаллиты ("бляшки") размером до 5–10 мкм (рис. 40, а). Кроме того, в составе аутигенных пленок обнаружены монокристаллы ромбододекаэдрического габитуса, представленные как полнотелесными, так и скелетными вершинно-реберными индивидами размером 3–4 мкм (рис. 40, b-c). Наиболее крупными ограненными формами диагенетического золота в исследуемых пленках оказались дендриты, линейный размер которых достигает 65 мкм.

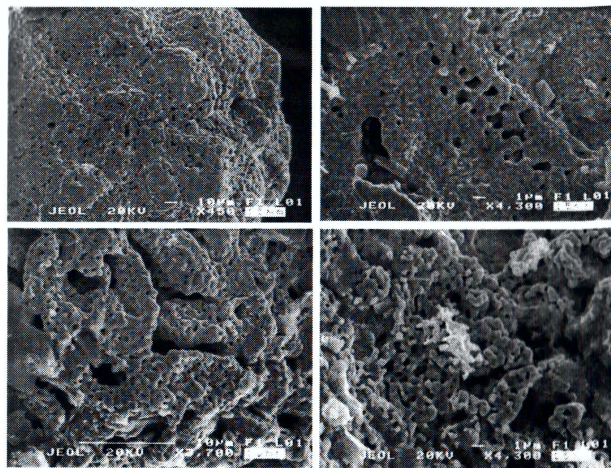


Рис. 34. Губчатое микростроение золотой пленки. РЭМ-изображение в режиме вторичных электронов

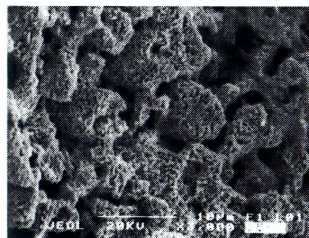


Рис. 35. Кораллоподобное микростроение золотой пленки. РЭМ-изображение в режиме вторичных электронов

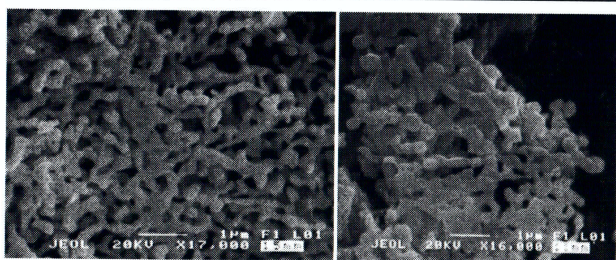


Рис. 36. Ажурно-сетчатая агрегация глобулярных, гантеле- и палочковидных индивидов самородного золота в пленках с губчатым микростроением. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

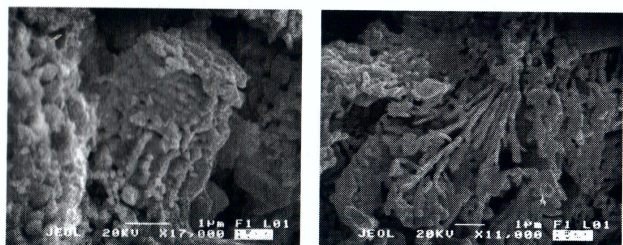


Рис. 37. Столбчатые скопления ("колони") сетчато переплетающихся гантеле- и палочковидных индивидов самородного золота в пленках с кораллоподобным микростроением. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

Рис. 38. Биоморфные трубчатые формы (цианофиты?) в золотых пленках. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

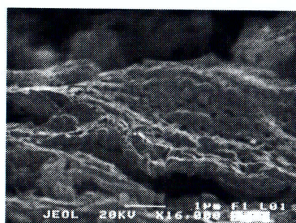


Рис. 39. Монослойная золотая пленка субмикронной толщины, покрывающая поверхность окатанной обломочной частицы. РЭМ-изображение в режиме вторичных электронов

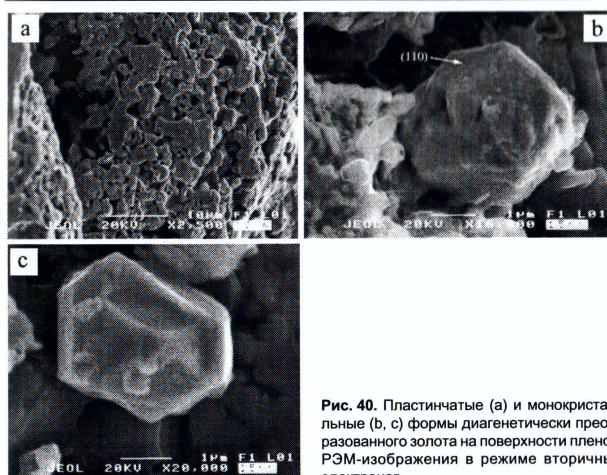


Рис. 40. Пластинчатые (a) и монокристалльные (b, c) формы диагенетически преобразованного золота на поверхности пленок. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

Постоянной примесью к самородному золоту в пленках выступают **бромиды**, скопления которых, очевидно, и придают многим шалдинским золотинам необычный сероватый оттенок. Упомянутые минералы наблюдаются в виде одиночных или агрегированных *бруско-, палко- или стеблевидных*, иногда *нитеобразных* индивидов, нарастающих на пленочное золото (рис. 41). Размер выделений бромидов варьирует в широких пределах от 0.5x4 до 5x50 мкм. Коэффициент их удлинения изменяется в диапазоне 2–17, подчеркивая преимущественно аксиальный характер соответствующих форм. Большинство бромидных "палок" имеют торцевидные окончания, однако нередко встречаются и веретенообразные тела с конусовидными окончаниями.

Как показали проведенные исследования, большинство выделений бромидных фаз в пределах разрешения сканирующего электронного микроскопа выглядят вполне гомофазными. Однако из этого правила имеются и исключения. Например, некоторые из погруженных в золотую пленку бромидов, более или менее сохраняя однородность по составу, оказались сложными агрегатом глобуловидных субиндивидов мезонанометрового (150–200 нм) размера (рис. 42). Встречаются также индивиды бромидов, фазовая гетерогенность которых напоминает графические структуры распада твердых растворов (рис. 43).

Согласно данным электронной микроскопии, бромиды в пленках кристаллизовались позже большей части золота, нарастая на него как на подложку. Наряду с этим обнаружено, что некоторые выделения бромидов после нарастания на золотую пленку сами покрылись глобулами и кристаллитами золота

размером от 250 нм до 1.5 мкм (рис. 44). Следовательно, можно сделать вывод о наличии в исследуемых пленках как минимум двух генераций самородного золота — ранней "добромидной" и поздней "послебромидной".

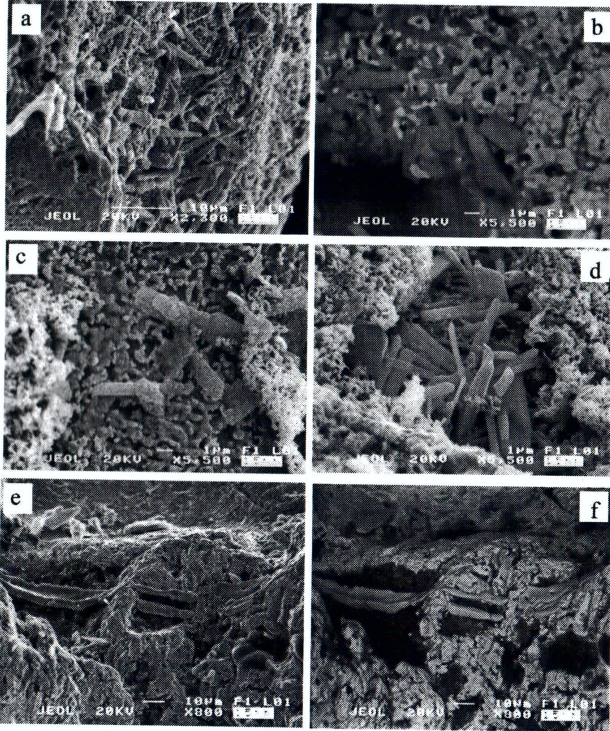


Рис. 41. Морфология индивидов бромидных фаз, нарастающих на пленочное самородное золото. РЭМ-изображения в режимах вторичных (а-е) и упругоотраженных (f) электронов

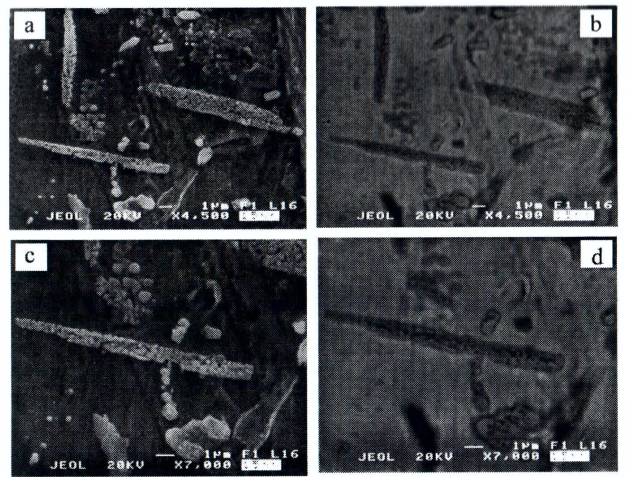


Рис. 42. Фазово-гетерогенные выделения Pb-Ag бромидов, сложенные агрегатом глобуловидных субиндивидов. РЭМ-изображения в режимах вторичных (а, с) и упругоотраженных (b, d) электронов

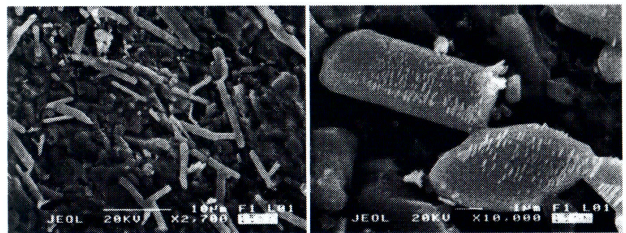


Рис. 43. Индивиды Ag-Pb бромидов с фазовой гетерогенностью, похожей на графическую структуру распада твердых растворов. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

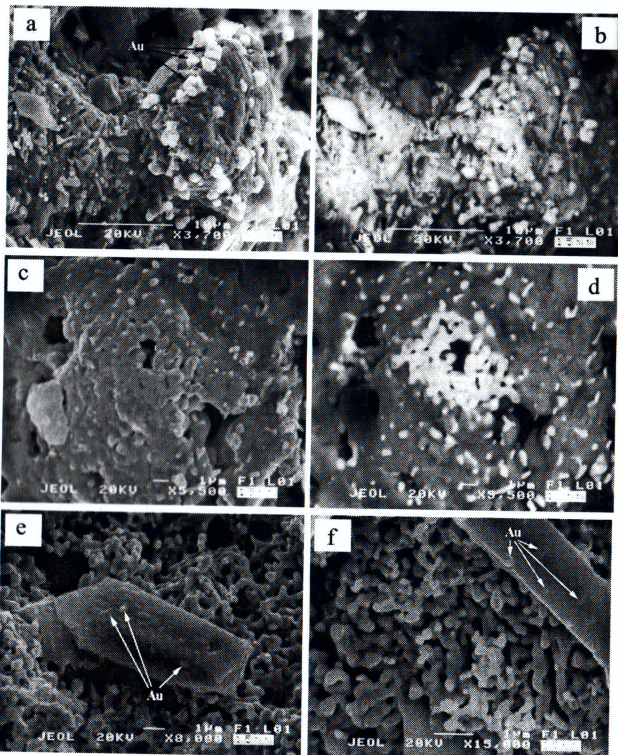


Рис. 44. Выделения бромидов, обросшие кристаллитами самородного золота поздней генерации. РЭМ-изображения в режимах вторичных (а, с, е, f) и упругоотраженных (b, d) электронов

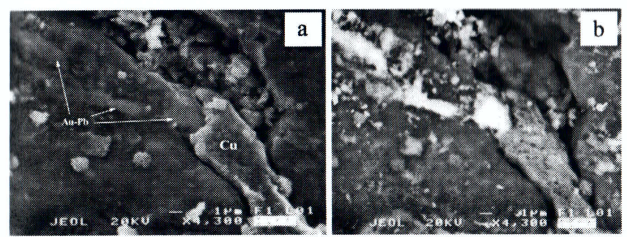


Рис. 45. Выделения самородной меди и золото-свинцовых фаз в золотых пленках. РЭМ-изображения в режимах вторичных (а) и упругоотраженных (b) электронов

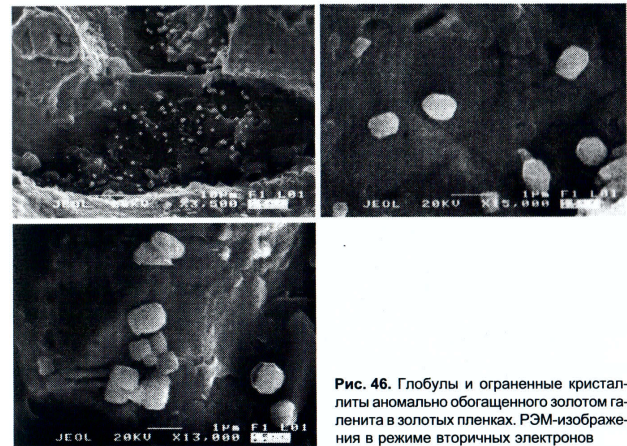


Рис. 46. Глобулы и ограниченные кристаллиты аномально обогащенного золотом галенита в золотых пленках. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

В качестве незначительных примесей к золоту и бромидам в исследуемых пленках выявлены самородные металлы, сульфиды и оксигидроксиды. К первым относятся **медь** и фазы смешанного **золото-свинцового** состава (рис. 45). Из сульфидов наибольший интерес вызывает **золотосодержащий галенит**, представленный глобулами или ограничивающимися кристаллитами размером 0,3–1 мкм. Эти образования нарастают как на золотые пленки, так и на открытую поверхность обломочных частиц силикатных горных пород (рис. 46). На некоторых золотых пленках зафиксированы примазки **гидрогетита** (рис. 47), что подчеркивает экзогенное происхождение исследуемой пленочной минерализации.

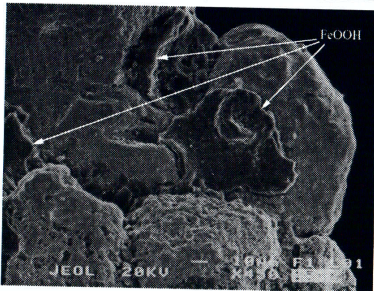


Рис. 47. Выделение гидрогетита на золотой пленке. РЭМ-изображение в режиме вторичных электронов

Наиболее экзотичным компонентом минеральных пленок являются изометричные плоскосторонние кристаллы, состав которых методом рентгеноспектрального микроскопического анализа не определяется. Под сканирующим электронным микроскопом в режиме вторичных электронов упомянутые кристаллы-"призраки" выглядят почти прозрачными, обнаруживая себя лишь контурным абрисом габитуса. В режиме же упругоотраженных электронов они и вовсе невидимы. При этом рассматриваемые формы являются вполне телесными, на что указывают как картины их нарастания на золотые пленки, так и, напротив, картины нарастания на них золота (рис. 48).

Природа описанных выше кристаллов-"призраков" в настоящее время остается неопределенной. Однако можно предполагать, что они представляют собой выделения кристаллических углеводородов, парагенетически связанных с пленочной золото-бромидной минерализацией.

Дополнительное изучение пленочной минерализации было осуществлено в поперечных срезах озолоченных с поверхности обломочных зерен титаномагнетита и гломероагрегатов детритовых золотин, сцементированных золотыми пленками. Проведенные исследования показали следующее.

На срезах обломков магнетита видно, что золото действительно только покрывает их поверхности, пассивно облекая неровности. В поперечном разрезе, также как и на поверхности, пленки состоят из глобуловидных и палочкообразных индивидов размером от 200–400 нм до 1.5 мкм, образующих ажурно-сетчатый агрегат (рис. 49). В случае гломероагрегата также обнаруживаются пленки новообразованного золота, покрывающего поверхность обломочных золотин и выступающего в роли порово-контактного цемента. При этом пленки отличаются весьма значительной пористостью. Размер пор варьирует в весьма широком диапазоне от 200–300 нм до 30 мкм. Толщина пленок на открытых поверхностях кластических золотин колеблется в интервале от 5 до 20 мкм, в интерстициях она достигает 40 мкм (рис. 50).

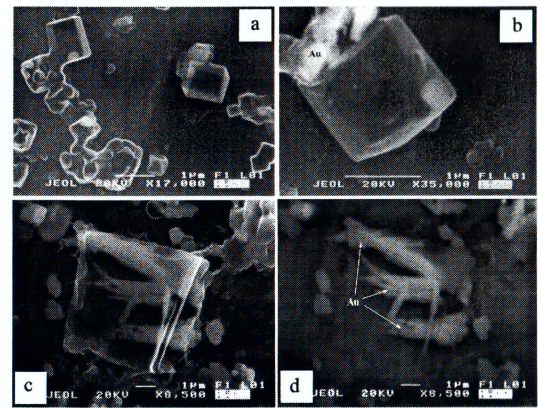


Рис. 48. Кристаллиты-"призраки" предположительно углеводородного состава в золотых пленках. РЭМ-изображения в режимах вторичных (а-с) и упругоотраженных (d) электронов

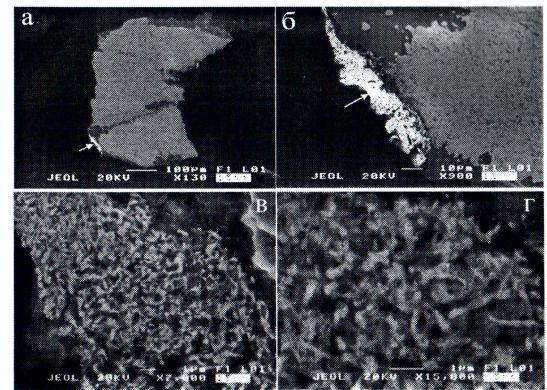


Рис. 49. Поперечный разрез обломочного зерна титаномагнетита, покрытого с поверхности золотой пленкой: а, б — общий вид; в, г — ажурно-сетчатое внутреннее строение пленки. РЭМ-изображения в режимах упругоотраженных (а, б) и вторичных (в, г) электронов

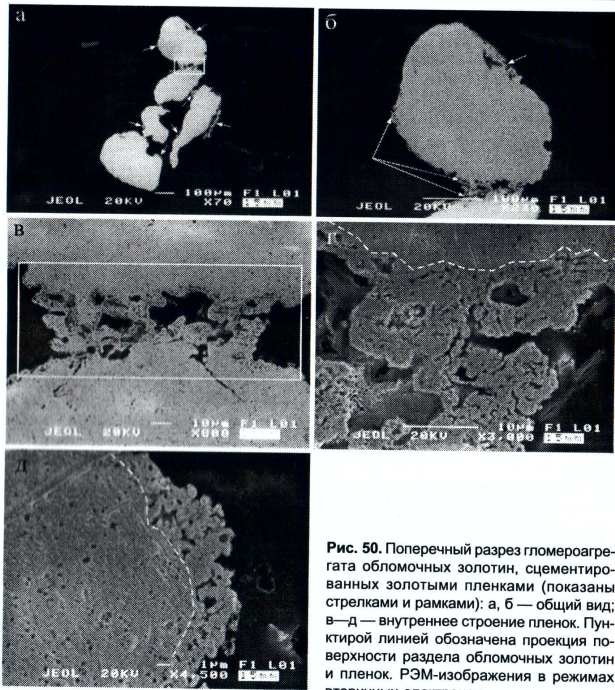


Рис. 50. Поперечный разрез гломероагрегата обломочных золотинок, сцементированных золотыми пленками (показаны стрелками и рамками): а, б — общий вид; в—д — внутреннее строение пленок. Пунктирной линией обозначена проекция поверхности раздела обломочных золотинок и пленок. РЭМ-изображения в режимах вторичных электронов

Важно подчеркнуть, что исследование поперечных разрезов не привело к обнаружению в золотых пленках бромидных фаз. Это, вероятно, свидетельствует о том, что бромидная минерализация в условиях Большешалдинской россыпи развивается только на поверхности золотых пленок.

Значительный интерес представляет также изучение «техногенных» золотинок, полученных, как было указано выше, в результате отжига естественного золотого шлиха. По данным электронной микроскопии такие золотины в целом похожи на естественные золотины обломочного происхождения. В них наблюдаются ксеноминеральные включения того же состава, а на их поверхности отмечается скульптура, которую можно принять за шрамовую и оттисковую скульптуру золотинок, подвергшихся механическому износу (рис. 51). При этом

ни на одной из исследованных нами «техногенных» золотинок не были обнаружены золотые пленки, так характерные для естественной минерализации Большешалдинской россыпи. Весьма примечательно, что в отсутствии золотых пленок на поверхности «техногенных» золотинок, тем не менее, обнаружены выделения бромидных фаз. Последние представлены, однако, не палко-стельевидными индивидами, как в выше рассмотренных золотых пленках, а плоскогранными кристаллитами, агрегация которых происходит по кристаллографическим законам (рис. 52).

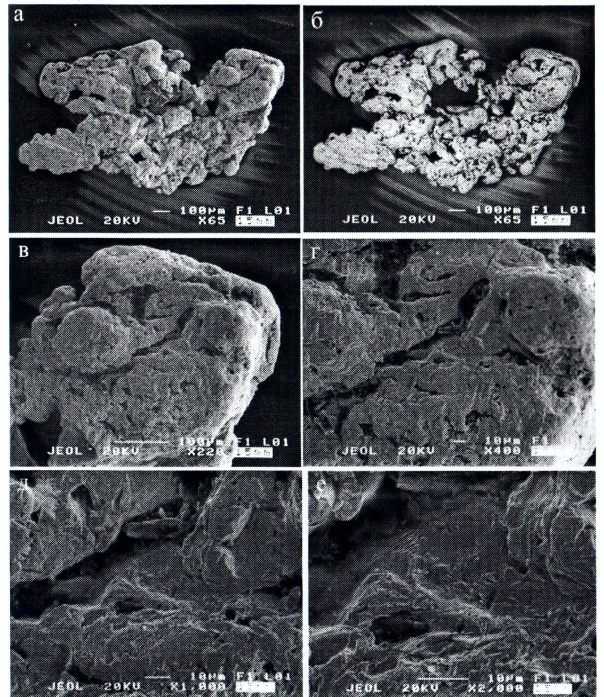


Рис. 51. Морфология (а, б) и микростроение поверхности (в—е) «техногенных» золотинок полученных в результате отжига природного шлиха. РЭМ-изображения в режимах вторичных (а, в—е) и упругоотраженных (б) электронов

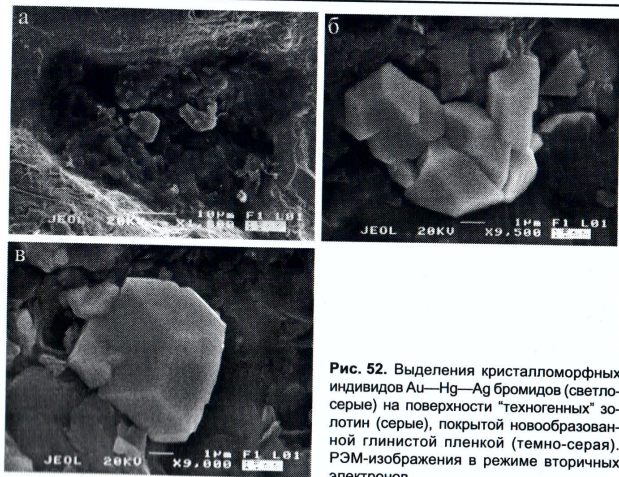


Рис. 52. Выделения кристалломорфных индивидов Au—Hg—Ag бромидов (светлосерые) на поверхности "техногенных" золотин (серые), покрытой новообразованной глинистой пленкой (темно-серая). РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

5.2. Состав аутигенных минералов

Исследование химического состава золото-бромидной минерализации было осуществлено рентгеноспектральным микрозондовым методом. В качестве сертифицированных эталонов использовались металлы, FeS₂ и KBr.

Согласно полученным данным, выявленные в Большешалдинской россыпи обломочная и аутигенная фации **самородного золота** заметно различаются по составу. При этом пленочное золото характеризуется меньшим содержанием примесей (табл. 16) и большей химической однородностью (рис. 53).

Золото в пленках, отнесенное нами к ранней (*добромидной*) генерации, является в основном (на 75 % по частоте встречаемости) весьма высокопробным (950—1000 ‰). В качестве основных примесей в нем установлены Ag и Hg, неравномерное распределение которых позволяет выделить три химических разновидности, а именно *серебристую*, *ртутистую* и *серебристо-ртутистую* (табл. 17, рис. 54). Первая из этих разновидностей резко преобладает и характеризуется в среднем наиболее высокой пробой. Максимальное содержание ртути в пленочном золоте достигает 16 мас.%, что практически соответствует ее пороговым концентрациям в золотых амальгамах.

Как известно, обогащение самородных золотин эндогенного происхождения ртутью происходит за счет золота, что выражается в сильной обратной корреляции между Hg и Au, а также в резком снижении пробы. Например, проба эндогенных золотин с содержанием Hg в 10–12 мас. % обычно не превышает

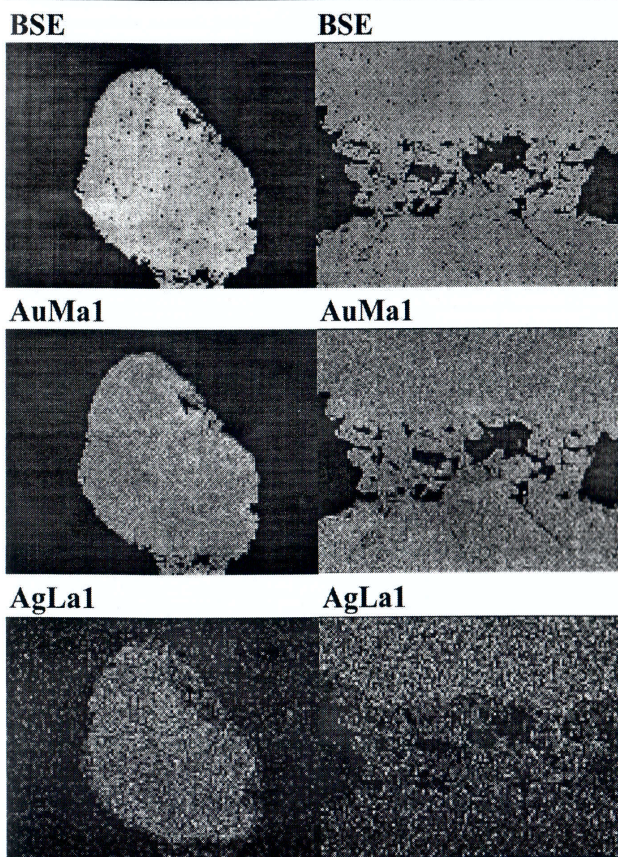


Рис. 53. Неоднородности состава самородного золота в агрегате обломочных золотин, сцементированных золотыми пленками. Пленки показаны стрелками. РЭМ-изображения в режиме характеристического рентгеновского излучения

ет 700 % (Мурзин и др., 1981; Малюгин, Мурзин, 1986; Силаев, Майорова, 1986). В рассматриваемом же нами случае пленочное золото с подобным содержанием ртути мало теряет в пробе, а Hg в нем обратно коррелируется не с Au, а с Ag. Все это отчетливо указывает на генетическую специфичность исследуемой пленочной минерализации.

Химический состав обломочного и "техногенного" золота, мас. %

Параметры	Обломочное, внутренняя часть золотин					Проба, ‰
	Au	Ag	Cu	Fe	Bг	
Min	91.9	0	0	0	0	919
Max	100	8.09	0.64	0	0	1000
\bar{X}	95.45	4.47	0.08	0	0	954
$S_{\bar{X}}$	3.34	3.4	0.23	0	0	33
$V_{\bar{X}}, \%$	3.5	76	287	0	0	3
«Техногенное»						
Min	58.37	0	0	0	0	584
Max	100	35.3	1.1	2.13	6.33	1000
\bar{X}	88.04	10.47	0.32	0.39	0.79	880
$S_{\bar{X}}$	16.16	15.22	0.43	0.58	1.99	162
$V_{\bar{X}}, \%$	18	145	134	149	252	18

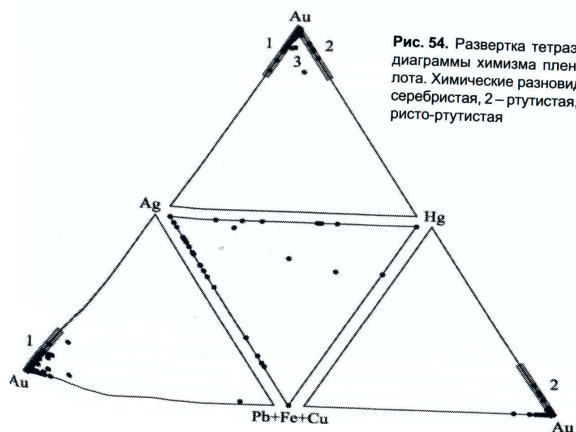


Рис. 54. Развертка тетраэдрической диаграммы химизма пленочного золота. Химические разновидности: 1 – серебристая, 2 – ртутистая, 3 – серебристо-ртутистая

Таблица 17

Химический состав самородного золота в пленках на поверхности обломочных частиц

Параметры	Компоненты, мас. %							Проба, ‰
	Au	Ag	Hg	Cu	Pb	Fe	S	
Золото серебристое (90)								
Min	72.67	0	0	0	0	0	0	727
Max	100	22.06	0	0	13.87	7.1	0	5.34
\bar{X}	95.26	2.9	0	0	0.75	0.65	0	0.23
$S_{\bar{X}}$	5.71	4.38	0	0	2.08	1.34	0	0.96
$V_{\bar{X}}, \%$	6	151	0	0	277	206	0	417
Золото серебристо-ртутистое (11)								
Min	76.47	0	0	0	0	0	0	765
Max	97.88	9.28	14.25	0.55	0	0.85	2.37	0
\bar{X}	91.92	3.79	3.02	0.05	0	0.18	1.05	0
$S_{\bar{X}}$	5.92	3.04	3.83	0.17	0	0.33	1.04	0
$V_{\bar{X}}, \%$	6.4	80	127	340	0	183	99	0
Золото ртутистое (7)								
Min	84.07	0	1.1	0	0	0	0	841
Max	97.88	0	15.93	0	0	0.57	1.46	0
\bar{X}	91.37	0	8.28	0	0	0.14	0.21	0
$S_{\bar{X}}$	4.92	0	5.43	0	0	0.24	0.55	0
$V_{\bar{X}}, \%$	5.4	0	66	0	0	171	262	0

Примечание. Min-max — размах колебаний, \bar{X} — среднее, $S_{\bar{X}}$ — стандартное отклонение, $V_{\bar{X}}$ — коэффициент вариации. В скобках — число анализов.

Под растровым электронным микроскопом в режиме упруго отраженных электронов пленочное золото выглядит довольно однородным по составу, что обусловлено его высокой пробой. Тем не менее, в режиме вторичных электронов, благодаря топографическому эффекту, в исследуемом минерале удалось обнаружить очень необычную для неорганических объектов сотово-ячеистую текстуру, которую мы объясняем неравномерностью распределения в золоте примеси серебра (рис. 55).

В качестве малых элементов в пленочном золоте выявлены Fe, Cu, Pb, Br, S, которые, скорее всего, являются неструктурными примесями. На это в частности указывают и результаты корреляционного анализа, согласно которым Pb в пленочном золоте прямо коррелируется с Br ($r = 0.43$), Cu с S ($r = 0.47$), а Fe не обнаруживает корреляции ни с золотом, ни с выше упомянутыми элементами-примесями.

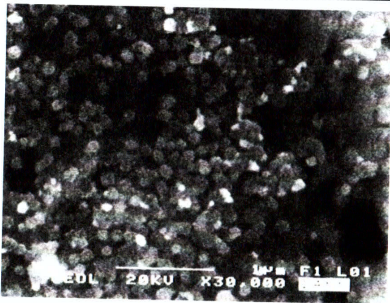


Рис. 55. Сотово-ячеистая неоднородность распределения в пленочном золоте примеси серебра. РЭМ-изображение в режиме вторичных электронов

Определение состава золота поздней генерации затруднено слишком малым размером его индивидов, нарастающих на выделения бромидов. Однако даже ограниченные данные, полученные при исследовании наиболее крупных золотинок этой генерации, указывают на их существенное обогащение серебром по сравнению с золотом ранней генерации, вплоть до появления ртутистого кюстелита состава $Ag_4(Au_{0.6}Hg_{0.4})$.

Характерной акцессорной примесью к золоту в исследуемых пленках выступают золотосодержащая **самородная медь** и варьierende по составу **золото-свинцовые** твердые растворы (табл. 18). Последние вызывают наибольший интерес, поскольку в настоящее время стали рассматриваться как новый специфический компонент полигенных аллювиальных россыпей (Евстигнеева, 1997).

Как известно, в системе Au—Pb выделяются только два минеральных вида — анюит $AuPb_2$ и хуньчуит Au_2Pb . Из обнаруженных нами двух золото-свинцовых фаз лишь одна может быть согласована с такой номенклатурой и представлена как **серебристый анюит**. Вторая же фаза со стехиометрией $AuPb$ фактически отвечает эквимолекулярной смеси анюита и хуньчуита. Не исключено, что этот факт прямо указывает на существование в границах $AuPb_2$ — Au_2Pb достаточно широкой серии природных твердых растворов как это происходит в хорошо изученной системе Au—Cd (Вол, Коган, 1976; Мурзин, Сустанов, 1986).

Рентгеноспектральный микрозондовый анализ глобулярно-кристаллитных форм **галенита**, выявленного в составе пленочной минерализации, указывает на весьма необычное его обогащение золотом (табл. 19) при сохранении фазовой гомогенности. Содержание золота, с одной стороны, и свинца с серой, с другой, находятся в этой фазе в очень сильной обратной корреляции. При этом интенсивности линий Pb и S в энергодисперсионных рентгеновских спектрах варьируют согласованно, сохраняя между собой пропорцию практически на постоянном уровне (рис. 56). На основании этого можно предположить, что в рассматриваемом случае мы фактически имеем дело с **твердым раствором** самородного золота в галените. Исходя из такой гипотезы, содержание гале-

нитового минала в рассматриваемых фазах мы оцениваем в 50–70 мол.%, а растворенную примесь аппроксимируем средне-низкопробным **свинцово-серебристым золотом**.

Таблица 18

Химический состав акцессорных самородных металлов из золотых пленок, мас. %

№ п/п	Pb	Au	Ag	Cu	Fe	S	Эмпирические формулы
1	0	1.83	0	89.99	5.93	2.25	$Cu_{0.88}Fe_{0.07}Au_{0.01}S_{0.04}$
2	0.91	2.26	0	90.57	5.53	0.73	$Cu_{0.91}Fe_{0.06}Au_{0.01}S_{0.02}$
3	91.58	0	0	0	8.42	0	$Pb_{0.75}Fe_{0.25}$
4	66.64	28.84	3.9	0	0.62	0	$(Au_{0.84}Ag_{0.21})_{1.05}(Pb_{1.86}Fe_{0.09})_{1.95}$
5	50.72	49.28	0	0	0	0	$Au_{1.02}Pb_{0.98}$

Таблица 19

Химический состав золото-галенитовых твердых растворов в золотых пленках

№ п/п	Компоненты, мас. %					Минальный состав
	Au	Ag	Pb	Fe	S	
1	44.88	4.16	45.65	0	5.31	$0.51PbS+0.49Au_{0.71}Ag_{0.12}Pb_{0.17}$
2	41.44	4.38	47.76	0	6.42	$0.59PbS+0.41Au_{0.75}Ag_{0.14}Pb_{0.11}$
3	43.57	0	49.3	0.76	6.37	$0.59PbS+0.41Au_{0.81}Pb_{0.14}Fe_{0.05}$
4	33.45	3.58	55.13	0	7.84	$0.69PbS+0.31Au_{0.76}Ag_{0.15}Pb_{0.09}$
5	33.99	3.79	54.77	0.6	6.85	$0.61PbS+0.39Au_{0.64}Ag_{0.13}Pb_{0.18}Fe_{0.04}$
6	31.62	3.65	56.17	0.61	8	$0.69PbS+0.31Au_{0.71}Ag_{0.15}Pb_{0.09}Fe_{0.05}$
7	57.92	0	36.56	0.59	4.9	$0.48PbS+0.52Au_{0.9}Pb_{0.07}Fe_{0.03}$
8	47.06	0	45.02	1.43	6.49	$0.59PbS+0.41Au_{0.86}Pb_{0.06}Fe_{0.09}$
9	44.89	0	48.37	0.63	6.21	$0.58PbS+0.42Au_{0.82}Pb_{0.14}Fe_{0.04}$

Анализ состава выявленных в пленочной минерализации **бромидов** сильно осложнен субмикронным размером их индивидов и тесным срастанием с самородным золотом. В таких условиях вклад в рентгеновские спектры паразитонных излучений становится весьма значительным, что в полной мере демонстрируют и результаты наших исследований. Хаотический характер колебаний интенсивности линий Au в рентгеновских спектрах бромидов, сильная обратная корреляция линий Au и Br, а также отсутствие в исследуемых пленках фаз, отвечающих по составу собственно бромидов золота, дают нам основание исключить Au из числа бромидообразующих элементов.

Полученные данные приводят к выводу о том, что в большинстве исследуемых бромидов в качестве катионов выступают только Pb и Ag. Судя по энергодисперсионным рентгеновским спектрам (рис. 57), среди таких бромидов встречаются (в скобках — частоты в %) как смешанные свинцово-серебряные (40), так и практически монометалльные — свинцовые (37) или серебряные (23). Кроме того, в качестве небольшой примеси в пленочной минерализации установлены бромиды железа и железа-свинца (рис. 58).

Согласно результатам рентгеноспектрального микрозондового анализа, исследуемые бромиды характеризуются значительным дефицитом брома, кото-

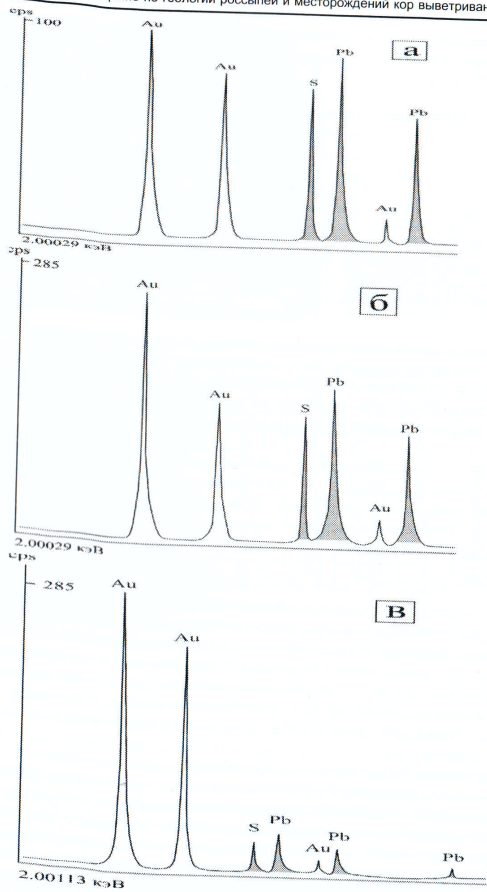


Рис. 56. Корреляция интенсивностей основных линий в энергодисперсионных рентгеновских спектрах золото-галенитовых твердых растворов с преобладанием золота (а), с субэквимолекулярным соотношением мишалов (б), с преобладанием галенита (в).

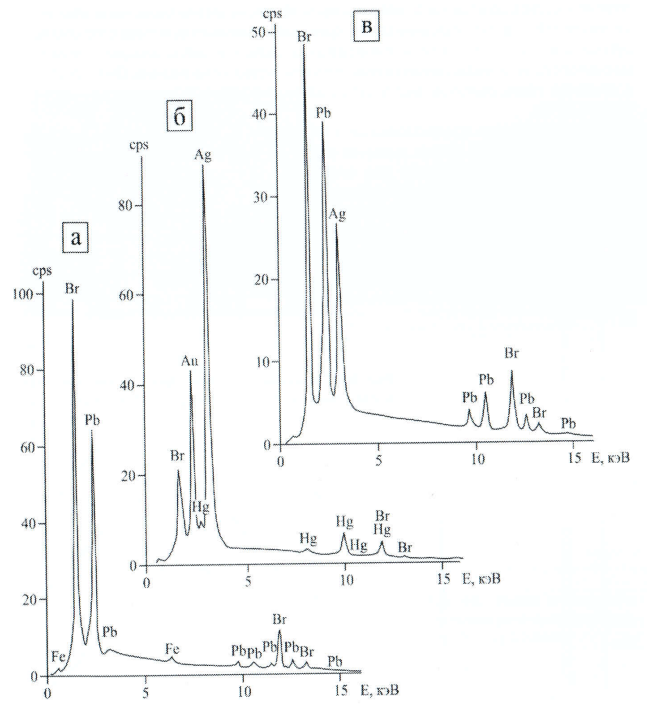


Рис. 57. Типичные энергодисперсионные рентгеновские спектры свинцовых (а), серебряных (б) и свинцово-серебряных (в) бромидов

рый не коррелируется ни с размерами и формой индивидов, ни с составом катионов (Pb, Ag, Fe). Как известно, подобный дефицит свидетельствует о присутствии в соответствующих минералах дополнительного аниона, регистрация которого энергодисперсионным спектрометром невозможна. Очевидно, что в качестве таких анионов выступают легкие галогены (F⁻) или гидроксильные группы (OH⁻).

В нашем случае предположение о вхождении в состав Pb—Ag—Fe бромидов дополнительных легких анионов косвенно подтверждается эффектом испарения вещества бромидов под электронным зондом (рис. 59). Для более веских доказательств этого нами были получены волновые спектры, отвечающие области рентгеновского излучения атомов фтора и кислорода. Во всех зарегистрированных спектрах отсутствовала линия фтора, но всегда обнаруживалась сильная линия кислорода (рис. 60), интенсивность которой прямо коррелировалась с величиной дефицита брома в исследуемых минералах.

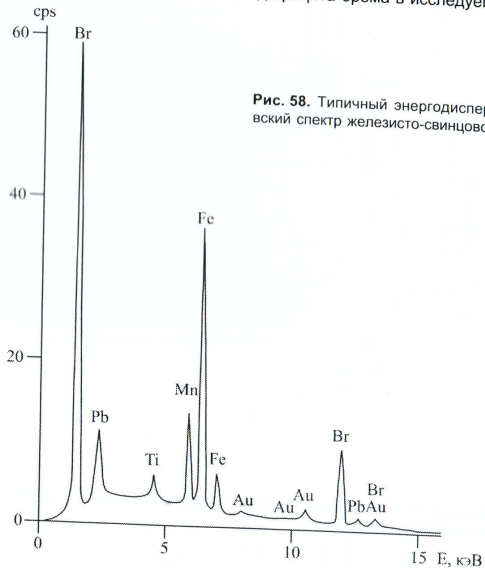


Рис. 58. Типичный энергодисперсионный рентгеновский спектр железисто-свинцового бромида

Проведенный эксперимент показал, что в исследуемых бромидных фазах действительно имеется кислород, содержание которого на основе магнетитового эталона оценивается в 2–7 мас.%. Отмеченный выше факт испарения вещества бромидов под электронным зондом явно указывает на то, что кисло-

род в них находится в составе гидроксил-аниона. Оценка содержания бромкомпенсирующего гидроксил-аниона, осуществленная по волновому спектру кислорода, довольно близко совпала с результатами пересчета данных микроскопического анализа на гидроксил-бромидную стехиометрию.

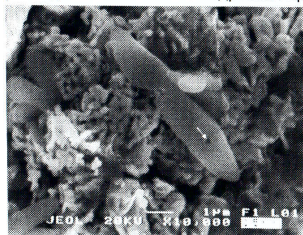


Рис. 59. Проявление эффекта испарения вещества Pb—Ag бромидов под электронным зондом, стрелкой показан кратер

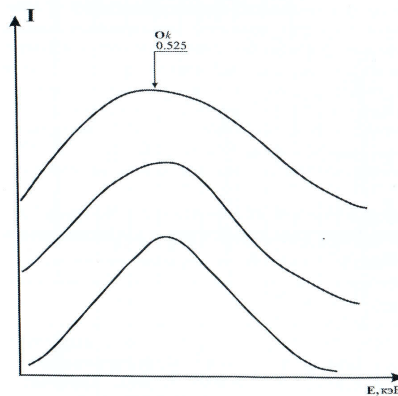


Рис. 60. Линия кислорода в волновом рентгеновском спектре Pb—Ag бромида

Таким образом, полученные данные приводят нас к следующему заключению. Выявленные в золотых пленках Большешалдинской россыпи бромсодержащие фазы являются **гидроксил-бромидами**, подразделяющимися по составу катионов на две серии — *свинцово-серебряную* и *свинцово-железную*. Каждая из этих серий, в свою очередь, может быть разделена на виды и разновидности с постепенными переходами между собой (табл. 20). В частности для свинцово-серебряной серии устанавливается почти непрерывная вариация гидроксил-бромидных фаз по составу катионов от свинцовых (наименее дефицитных по брому) до серебряных (наиболее дефицитных по брому). Как следует из частот встречаемости, именно промежуточные по составу свинцово-серебряные фазы и преобладают в исследуемых пленках.

Таблица 20
Химический состав и стехиометрия гидроксил-бромидов из пленочной минерализации в Большешалдинской россыпи,
мас. %

Параметры	Au	Ag	Pb	Hg	Cu	Fe	Mn	S	Br	OH	Эмпирические формулы
Min	0	0	22.63	0	0	0	0	0	13.86	0	
Max	55.43	0	69.37	0	3.19	18.84	0.44	0.93	43.27	6.78	
\bar{X}	11.13	0	51.6	0	0.17	4.56	0.02	0.08	30.35	2.09	$(Pb_{0.82}Cu_{0.18})Br_{1.22}OH_{0.78}$
$S_{\bar{X}}$	18.81	0	12.93	0	0.73	5.91	0.1	0.25	8.49	1.84	
$V_{\bar{X}}, \%$	169	0	25	0	429	130	500	312	28	88	
Серебряно-свинцовые гидроксил-бромиды (21)											
Min	5.63	5.73	2.26	0	0	0	0	0	2.08	0	
Max	84.39	46.91	40.97	1.65	0	3.46	0	4.93	45.27	6.99	
\bar{X}	21.35	18.82	30.82	0.19	0	0.51	0	0.23	25.42	2.61	$(Pb_{0.14}Ag_{0.34}Hg_{0.05}Cu_{0.02})Br_{0.11}OH_{0.14}$
$S_{\bar{X}}$	19.95	8.15	10.18	0.5	0	0.85	0	1.08	11.93	1.85	
$V_{\bar{X}}, \%$	93	43	33	263	0	167	0	470	47	71	
Серебряные гидроксил-бромиды (10)											
Min	16.45	26.59	0	0	0	0	0	0	3.27	1.9	
Max	63.51	65.15	2.89	1.27	0	0.69	0	0	25.66	8.1	
\bar{X}	35.03	46.83	0.81	0.45	0	0.1	0	0	11.78	5	$(Ag_{0.85}Pb_{0.08}Hg_{0.02})Br_{0.94}OH_{0.26}$
$S_{\bar{X}}$	13.7	11.23	1.11	0.59	0	0.23	0	0	6.28	2	
$V_{\bar{X}}, \%$	39	24	137	131	0	230	0	0	53	40	

Примечание. Min-max — размах колебаний, — среднее, — стандартное отклонение, — коэффициент вариации; * — определено расчетным способом. В скобках — число анализов.

Таблица 21

Химический состав гидроксил-бромидов, выделившихся на поверхности "техногенного" золота

№	Au	Ag	Hg	Fe	Pd	Br	OH*	Эмпирические формулы
1	20.8	1.22	16.7	1.81	1.03	24.4	3.22	$(Au_{0.44}Ag_{0.05}Hg_{0.34}Fe_{0.13}Pd_{0.04})Br_{1.26}OH_{0.78}$
2	24.8	1.25	19.0	1.91	0	24.3	4.21	$(Au_{0.47}Ag_{0.04}Hg_{0.35}Fe_{0.14}Br_{1.14}OH)_{0.94}$
3	23.68	1.38	20.2	0.94	9.98	27.0	6.07	$(Au_{0.35}Ag_{0.04}Hg_{0.29}Fe_{0.05}Pd_{0.27})Br_{0.96}OH_{1.04}$

В заключение следует остановиться на анализе особенностей состава "техногенной" минерализации, происхождение и общие свойства которой рассмотрены выше. Анализ показал, что техногенно-модифицированное золото гораздо в большей степени, чем естественное (обломочное и пленочное), обогащено примесями и характеризуется в среднем на 70—100 % более низкой пробой (табл. 2). Еще более сложная картина вырисовывается по результатам исследований «техногенных» бромидов. Согласно полученным данным, эти фазы являются ртутно-золотыми с небольшой примесью Ag, Fe и Pd. Особенно любопытно, что в их составе был обнаружен палладий, который в составе естественной пленочной минерализации отсутствует. Бромидные фазы техногенного происхождения, также как и природные, характеризуются значительным дефицитом брома, компенсирующимся примесью гидроксильного иона (табл. 21). Таким образом, при всем кажущемся внешнем сходстве техногенно-модифицированная минерализация существенно отличается от природной.

5.3. Природа и практическое значение аутигенной минерализации в аллювиальных россыпях

Полученные нами данные показывают, что золотая минерализация в Большешалдинской россыпи присутствует не только в обломочной фации, но и в аутигенной, представленной золото-бромидными пленками. Отсутствие даже минимальных признаков механического разрушения этих пленок приводит к выводу об их образовании *in situ* уже после накопления аллювиальных осадков.

Некристаллографичная морфология, необычный способ агрегации, нанометрическая размерность минеральных индивидов — все это в сочетании с экзогенной обстановкой дает основание отнести исследуемые пленки к *микробиажно индуцированному* (Lowenstan, 1981) типу минерализаций. В настоящее время экспериментально доказано (Куимова, Жипин, 2002), что эффект извлечения золота из растворов, например, микроскопическими грибами обеспечивает его концентрацию до 50 кг на 1 т сухой биомассы. Осажденное таким образом золото по морфологии и характеру срастания индивидов, картинам перекристаллизации первичных биоморфных частиц в кристаллографичные золотины (Маракушев, 1991) обнаруживает большое сходство с изученными нами золотыми пленками.

Нам представляется, что вывод о значительной роли в образовании золотых пленок микробиального фактора находит подтверждение и в данных газо-

вой пирохромографии. Согласно этим данным, пиролизат пленочного золота Большешалдинской россыпи в сравнении с пиролизатом гипергенно-модифицированного золота из кор выветривания (Хазов, 2005) содержит на порядок меньше H_2 и N_2 , но, напротив, обогащен углеводородами (табл. 22). При этом газы, выделившиеся из исследуемого нами золота, отличаются низким отношением iC_4H_{10}/nC_4H_{10} , что расценивается как признак углеводородов, имеющих источник именно органическое вещество (Рогозина, 1983). Кроме того, в полученном нами пиролизате зафиксированы углеводородные газы, еще более тяжелые, чем C_4 . Появление таких компонентов в продуктах пиролиза так же может свидетельствовать о примеси в шалдинском золоте биогенного материала.

Таблица 22
Результаты пирохромографического анализа самородного золота

Объекты	H_2	N_2	CO	CO ₂	H ₂ O	CH ₄
1	$\frac{0.35}{0.04}$	$\frac{0.94}{0.1}$	$\frac{10.88}{1.19}$	$\frac{78.91}{8.66}$	$\frac{817}{89.67}$	$\frac{0.45}{0.05}$
2	$\frac{0.82}{0.07}$	$\frac{2.28}{0.2}$	$\frac{21.5}{1.88}$	$\frac{681.5}{59.55}$	$\frac{431}{37.66}$	$\frac{1.87}{0.16}$
3	$\frac{4.07}{0.37}$	$\frac{6.41}{0.59}$	$\frac{11.24}{1.03}$	$\frac{132.14}{12.09}$	$\frac{929}{84.98}$	$\frac{3.63}{0.33}$
	C_2H_6	$C_3H_6+C_3H_8$	C_4H_8	iC_4H_{10}	nC_4H_{10}	Сумма
1	$\frac{0.06}{0.01}$	$\frac{0.77}{0.08}$	$\frac{0.7}{0.08}$	$\frac{0.18}{0.02}$	$\frac{0.36}{0.05}$	$\frac{911.08}{100}$
2	$\frac{0.76}{0.07}$	$\frac{2.31}{0.2}$	$\frac{0.42}{0.04}$	$\frac{0.43}{0.04}$	$\frac{0.02}{0}$	$\frac{1144.45}{100}$
3	$\frac{0.48}{0.04}$	$\frac{3.42}{0.31}$	$\frac{0.17}{0.02}$	$\frac{0.08}{0.01}$	$\frac{0.03}{0}$	$\frac{1093.22}{100}$

Примечание. Объекты: 1 — пленочное золото из Большешалдинской россыпи; 2 — "техногенное" золото той же россыпи; 3 — самородное золото из коры выветривания (Каталамбинское месторождение, Приполярный Урал). Эксперимент: газовый хроматограф "Цвет-800" с пиролизической приставкой, температура пиролиза 400°С. Данные: выше черты — в мкг/г образца, ниже черты — в % к общей массе газа.

В связи с рассматриваемым вопросом весьма показательными выглядят результаты газовой хроматографии пиролизата "техногенных" золотин. В этом случае в продуктах нагревания оказались резко повышенными концентрации углеводородных газов (H_2 , N_2 , CO_2) и метана, но резко снизилось содержание C_4 . Такой состав газов свидетельствует о том, что в золотинах, подвергнутых нагреванию, примесь органического материала или резко сократилась, или вовсе отсутствует.

Выявленные в составе исследуемой пленочной минерализации гидроксил-бромидные фазы являются новыми не только для минералогии, но в известной степени и для химии. Как известно, в современных минеральных номенклатурах собственно бромиды представлены бромаргиритом $AgBr$, его хлористой разновидностью *эмболитом* $Ag(Br, Cl)$ и *кузминитом* $Hg_2(Br, Cl)_2$. Кроме

того, бром отмечается в качестве примеси в некоторых минеральных глинках, например, арзаките $(H_3S_2(Br, Cl)_2)$, каппараните $HgSAg(Cl, Br, I)$, иллитите $HgSAg(Cl, Br)$, перрудите $Hg_{5-6}Ag_2S_{5-6}(Cl, I, Br)_{4-6}$. В отличие от этих минералов обнаруженные нами фазы являются **гидроксил-бромидами** переменного состава, характеризующимися широким варьированием пропорций, как в катионной, так и анионной подрешетках.

Важно подчеркнуть, что уже в настоящее время данные о природных гидроксил-бромидных фазах не исчерпываются результатами изучения шалдинской пленочной минерализации. Так, весьма похожие по составу фазы, рассчитывающиеся на формулу со значительным дефицитом брома ($AgBr_{0.83-1}$), были обнаружены в аллювии р. Сосвы (Наумова, Макеев, 2005). И хотя сами авторы соответствующей публикации отнесли эти образования к бромидам, объяснив их генезис "взаимодействием золотины с бромформом", мы допускаем, что, на самом деле, сосывенские фазы имеют вполне естественное происхождение и являются, очевидно, не бромидами, а гидроксил-бромидами.

Второй пример относится к результатам изучения недавно открытого Мазуевского стронциево-галогенида меди (Чайковский, Чайковская, 2004). Проведенные РЭМ-исследования показали, что упомянутый минерал представляет собой *атакамитоподобную* фазу состава $(Cu_{1.8-2}Zn_{0-0.11}Fe_{0-0.12}Ca_{0-0.02})_2[Br_{0.59-0.82}Cl_{0.46-0.65}(OH)_{2.53-2.88}]$, образующую тонкие пленки желтовато-зеленого цвета на поверхности кристаллов целестина.

В связи с рассматриваемым вопросом значительный интерес вызывает также находка дефицитного по бром галида серебра в зоне окисления одного из южноуральских месторождений. Авторы этой находки решили, что причиной "преобладания серебра над суммой анионов" в галиде является "избыточное значение напряжения" тока при микроразновом анализе (Зайков и др., 2003). Однако в реальности, зафиксированный ими дефицит анионов может быть обусловлен всего лишь неполным определением состава соответствующего минерала, т.е. выявленный на Южном Урале галид, вероятно, является не галидом, а существенно бромсодержащим гидроксил-галидом.

Обнаруженные в составе золотых пленок Большешалдинской россыпи гидроксил-бромиды явно напоминают приповерхностную гипергенно-инфильтрационную и эксфильтрационную минерализацию. Однако в большинстве описанных случаев такого рода свинцовые, серебряные и медные галиды были представлены не бромидами, а окси- и гидроксил-хлоридами (Краснов и др., 1999; Тарбаев и др., 1989; Чухров, 1979), что находится в соответствии с относительно высокими концентрациями в природных водах именно хлора. Отдельные факты аномального обогащения продуктов гипергенно-экзогенного минералообразования бромидными фазами обычно объясняют более низкой их растворимостью в сравнении с хлоридами (Щербина, 1970). Однако в нашем случае загадочная причина появления бромидных фаз на поверхности золотых пленок может быть трактована по-другому.

Как известно, золото в нормальных условиях имеет наибольшее химическое сродство не с хлором, а с бромом (Паддефет, 1982). Поэтому, если образование галидных фаз происходило на поверхности бромсодержащих золотых пленок в результате топохимических реакций (Продан, 1998), то состав

галидов должен был оказаться именно бромидным. А появление в составе бромидов гидроксильных групп легко объясняется дефицитом брома в среде минералообразования.

Аутигенное происхождение, по меньшей мере, части благороднометалльной минерализации в Большешалдинской россыпи, имеет важное значение не только для уточнения потенциала упомянутой россыпи, но и для совершенствования критериев прогноза региональной россыпной золотоносности на Западном Урале. При этом следует понимать, что для оценки экономических перспектив таких россыпей с гетерогенным оруденением недостаточно иметь только ориентировки на вероятные коренные источники самородного золота, учитывать закономерности их эрозии, представлять себе механизмы гидравлической дифференциации обломочного материала в водном потоке. Для практической реализации обнаруженного на Среднем Урале феномена не менее важно знать и понимать условия возникновения стабильных биотопов в погребенных речных отложениях, биомеханизмы извлечения золота и других металлов из малоконцентрированных ионных растворов, особенности перегруппировки и диагенетического преобразования биогенно осажденного золота, роль при этом брома и галогенов вообще.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований дают основание отнести золотоносную россыпь на р. Большой Шалдинке к особому «**большешалдинскому**» типу. Необычность таких россыпей состоит в том, что в них наряду с кластической не менее существенную роль играет и аутигенная минерализация, т.е. россыпи большешалдинского типа являются в отношении основного продуктивного компонента – самородного золота – не только полихронными (олигоцен–голоцен), но и резко гетерогенными. Не исключено, что формирование подобных «живых» россыпей на Урале не завершилось и до настоящего времени.

Коренным источником обломочного металла для исследуемой россыпи, скорее всего, послужила рассеянная золотокварцевая минерализация, пространственно связанная с зеленосланцевыми толщами Центрально-уральского поднятия. Образование этой минерализации, судя по изотопным данным (Мальцева, Чайковский, 2005б), обусловлено проявлением на пассивной континентальной окраине коллизионного этапа варисского (кадомского) геодинамического цикла, завершившегося образованием Уральского орогена. Образование золоторудных и хрусталеносных жил происходило в конце коллизии, когда надвиговые движения сменились сбросовыми (откатными). Судя по морфологии индивидов, первичное золото кристаллизовалось из метаморфогенных растворов, проникавших на локальные участки растяжений в пределах полей сдвиговых деформаций.

В позднем мезозое на тектонизированном субстрате Западного Урала сложились эрозионно–тектонические депрессии, последующее развитие которых сопровождалось сначала образованием коры выветривания, а затем мно-

гократной эрозией, перегруппировкой и механической дифференциацией обломочного материала. Все это создавало условия для достаточно эффективно обособления и гравитационного концентрирования золота в россыпях. Следует также подчеркнуть, что многие особенности кластогенных золотин в Большешалдинской россыпи свидетельствуют о незначительных расстояниях их водного переноса.

С наступлением в позднем плейстоцене эпохи чередующихся ледниковых и межледниковых периодов переуглубленные участки речных долин стали перекрываться мощным чехлом гляциальных и делювиально–солифлюкционных отложений, создавая условия для захоронения и длительной консервации золотоносных россыпей. Именно это вероятно и стало главной причиной значительного развития в россыпях Большешалдинского типа аутигенной минерализации.

Наш вывод о микробальном происхождении аутигенных золотых пленок и гидроксил–бромидов в Большешалдинской россыпи является пока только гипотезой. По нашей просьбе известный микробиолог В.К. Орлеанский организовал визуальную экспертизу некоторых из описанных объектов. Как это часто бывает, результаты экспертизы оказались противоречивыми. Известный микропалеонтолог Е.А. Жегалло (ПИН РАН) не исключила вероятности того, что выявленные нами формы действительно могут оказаться минерализованными бактериоформами, а крупный знаток золоторудных месторождений Р.А. Амосов, напротив, твердо высказался в пользу абиогенного происхождения обсуждаемых образований. Для окончательного решения вопроса происхождения аутигенного золота в россыпях большешалдинского типа потребуются, очевидно, новые исследования. Однако уже в настоящее время очевидно, что разгадка феномена россыпей с гетерогенным золотом послужит не только весомым вкладом в развитие теории рудообразования, но и может дать импульс к экономической переоценке золотороссыпного потенциала Среднего Урала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Борзенкова И.И.* Изменение климата в кайнозое. СПб: Гидрометеиздат, 1992. 247 с.
- Вол А. В., Каган И. К.* Строение и свойства двойных металлических систем. Т. 3. М.: Наука, 1976. 405 с.
- Высоцкий Н.К.* Платина и районы ее добычи. Петроград: Изд-во РАН, 1923–1925. 692 с.
- Гольцева А. А.* Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. Сыктывкар–Элиста, 2001. 200 с.
- Евсигнеева Т. П.* Минералы благородных металлов в аллювиальных отложениях Эфиопии // Важнейшие промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания, технология оценки и освоения. Тезисы докладов XI Международного совещания. М.: Изд-во ИГЕМ РАН, 1997. С. 89.
- Зайков В. В., Белогуб Е. В., Котляров В. А.* Галогениды серебра и само-

- родное золото из зоны окисления месторождения Балта-Тау (Южный Урал) // Материалы IV Всероссийского совещания "Минералогия-2003". Миасс: ИМин, 2003. С. 16—20.
- Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. —М.: Экология. 1997. — Кн.5: Редкие d-элементы. —576 с.
- Иванов А.А., Рожков И.С. Золото-платиновая промышленность Молотовской области. ОГИЗ. Молотовское областное изд-во. Молотов, 1946. —180 с.
- Карлов Г.А. Описание алмазных приисков в Бисерском заводе графини Полье // Горный журнал, ч. II, кн. 4, 1831. —240 с.
- Краснов А. Н., Добровольская М. Г., Мохов А. В. Новые данные по минералогии Куранахского золоторудного месторождения (Центральный Алдан, Якутия) // Минералогическое общество и минералогическая наука на пороге XXI века. СПб, 1999. С. 78.
- Куимова Н. Г., Жилин О. В. Биогенная кристаллизация ионного золота микрометрами // Доклады РАН, 2002. Т. 386. № 6. С. 809—812.
- Курбачка Ф.А., Чайковская Е.В. Железные руды вендской спаргмитовой формации Среднего Урала // Вестник Пермского ун-та. Геология, 1994. Вып.3. с. 55-70.
- Малыч К.Н. Платиноиды клинопироксенит-дунитовых массивов Восточной Сибири. СПб. ВСЕГЕИ, 1999. 296 с.
- Мальцева М.В., Чайковский И.И. Типохимизм сульфидов из проявлений Вишерского Урала // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Сб. науч. статей / Перм. ун-т. Пермь, 2002. Вып. 4. С. 78-83.
- Мальцева М.В. Закономерности распределения проявлений золота и серебра в пермской части Ляпинско-Кутимского мегантиклинория // Гео логия и полезные ископаемые Западного Урала: Материалы рег. науч.-практич. конф. / Перм.ун-т. — Пермь, 2003. С. 88-91.
- Мальцева М.В. Морфология золота россыпи р. Бол.Шалдинка (Средний Урал) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Матер. регион. науч.-практ. конф. / Перм. ун-т. Пермь, 2004. С. 114-118.
- Мальцева М.В., Чайковский И.И. Россыпь р. Бол. Шалдинка: геологическое положение, минералогический состав аллювия и возможные коренные источники золота // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Сб. науч. статей / Перм. ун-т. Пермь, 2005а. Вып. 7. С. 40-52.
- Мальцева М.В., Чайковский И.И. Главная россыпеобразующая формация золота западного склона Среднего и Северного Урала // Тезисы XIII Международного совещания по россыпям и месторождениям кор выветривания (РКВ-2005): факты, проблемы, решения / Перм. ун-т. — Пермь, 2005б.
- Малюгин А. А., Мурзин В. В. Минеральные фазы системы Au—Ag на Урале (особенности состава, условия нахождения) // Новые и малоизученные минералы и минеральные ассоциации Урала. Свердловск: Наука, 1986. С. 121—123.
- Маракушев С. А. Геомикробиология и биохимия золота. М.: Наука, 1991. 109 с.
- Минералы благородных металлов: справочник / О.Е. Юшко-Захарова и др. —М.: Недра. 1986. 272 с.
- Мурзин В. В., Покровский П. В., Молошаг В. П. Ртуть в самородном золоте Урала и ее типоморфное значение // Геология рудных месторождений, 1981. № 4. С. 86—91.
- Мурзин В. В., Сустанов С. Г. Находка золото-кадмиевой фазы в Быньговском месторождении // Новые и малоизученные минералы и минеральные ассоциации Урала Свердловск, 1986. С. 134—142.
- Наумова О. Б., Макеев А. Б. О находке золото-серебряного бромидов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Сб. науч. статей / Перм. ун-т. Пермь, 2005. Вып. 7. С. 71—73.
- Новгородова М.И. Самородные металлы в гидротермальных рудах. М.: Наука, 1983. 288 с.
- Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 345 с.
- Платинометалльное оруденение в геологических комплексах Урала / К.К. Золоев и др., —Екатеринбург, 2001. 199 с.
- Паддефет Р. Химия золота. М.: Мир, 1982. 264 с.
- Продан Е. А. Топохимия кристаллов. Минск: Наука и техника, 1998. 246 с.
- Рогозина Е. А. Газообразование при катагенезе органического вещества осадочных пород. Л.: Недра, 1983. 164 с.
- Сигов А.П. Металлогения мезозоя и кайнозоя Урала. М.: Недра, 1969. 296 с.
- Сигов А.П., Шуб В.С. Палеогеновая и неогеновая системы // Проблемы стратиграфии Урала. Свердловск: Наука, 1977. С. 23—40.
- Силаев В. И., Майорова Т. П. Типохимизм самородного золота Европейского Северо-Востока СССР. Сыктывкар: Изд-во Коми ФАН СССР, 1986. 16 с.
- Силаев В.И., Яковлева О.А., Ивановский В.С. Генетико-информационное значение пробы аллювиального золота // Доклады АН СССР, 1987. Т. 294. № 6. С. 1432—1435.
- Силаев В.И., Мальцева М.В., Филиппов В.Н., Чайковский И.И. Большешалдинская россыпь на Среднем Урале: Феномен аутигенеза самородного золота и свинцово-серебряных гидроксил-бромидов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Сб. науч. статей. Перм. ун-т. — Пермь, 2005. Вып.7. С. 52-71.
- Смолин А.П. Самородное золото Урала. Свердловск, 1970. —180 с.
- Ронов А.Б., Балуховская А.Н. Климатическая зональность материков и общие тенденции изменения климата в позднем мезозойе и кайнозое // Литология и полезные ископаемые, 1981. № 5. С. 118—136.
- Тарбаев М. Б., Янулова Л. А., Филиппов В. Н. Минералогия золота зоны окисления одного из рудопроявлений Урала // Минералогия Тиманско-Североуральского региона. Сыктывкар: Изд-во Института геологии КНЦ УрО РАН, 1989. С. 130—136.
- Типоморфизм минералов платиновой группы / В.Г. Лазаренков, А.Г. Мочалов, А.В. Неупокоев. Санкт-Петербургский гос. горный ин-т, СПб, 1994. 175 с.
- Хазов А. Ф. Состав литогенной газовой фазы в горных породах как индикатор их гипергенного модифицирования (на примере золотоносной коры выветривания) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 8. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2005. С. 58—66.

Чайковский И.И., Чайковская Е.В. Золото-кварцевая формация Северного Урала // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Материалы рег. науч.-практич. конф. Перм. ун-т. – Пермь, 2000. С. 58-62.

Чайковский И.И. Петрология и минералогия интрузивных алмазоносных пирокластитов Вишерского Урала. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001. 324 с.

Чайковский И.И., Чайковская Е.В. Типоморфизм минералов Мазуевского месторождения целестина // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Сб. науч. статей. Перм. ун-т. – Пермь, 2004. Вып.6. -с. 31-42.

Чухров Ф. В. О конвергенции некоторых гипергенных и гипогенных процессов минералообразования // Геология рудных месторождений, 1979. № 4. С. 3—15.

Щербина В. В. Геохимия серебра в зоне окисления сульфидных месторождений // Геология рудных месторождений, 1970. № 6. С. 73—79.

Harris D.C., Cabri L.J. The nomenclature of the natural allous of Os, Ir and Ru based on new compositional data of allous from world — wide occurrences // Canad. Mineral., 1973. V. 12. P. 104—112.

Lowenstan H. A. Minerals formed by organisms // Science, 1981. V. 221. No. 4487. P. 1126—1131.

ФОНДОВАЯ ЛИТЕРАТУРА

Брюхова М.И. Отчет по геологической съемке масштаба 1:10 000 и поискам рудного золота в районе г. Кварцевой, проведенным в 1958-1962 гг. Пермь, 1963. –203 с.

Зильберман А.М., Ведерников Н.П. и др. Прогнозная карта на россыпное и коренное золото западного склона Среднего и Северного Урала масштаба 1:200 000. Пермь, 1969. –599 с.

Петров Г.А., Тристан Н.И., Николаев Н.М. и др. Объяснительная записка к государственной геологической карте масштаба 1:200000 среднеуральской серии (Лист О-40-ХVIII) Екатеринбург. 1999.

Прозоровский С.Б., Курманаевский М.Е. и др. Отчет о поисково-оценочных работах в пределах золотоносных россыпей в верховьях рек Вильва, Вижай за 1987-1994 гг. Пермь, 1995. – 284 с.

Ушков Б.К., Тетерин И.П. и др. Отчет о геологическом доизучении масштаба 1:50 000 Верхне-Вильвенской площади и водораздельной части Среднего Урала и общих поисках на россыпное золото на участках Гремячий Ключ и Рассоха в Горнозаводском районе Пермской области, проведенных в 1982-1987 гг. Пермь, 1987. –410 с.

Научное издание

Наумов Владимир Александрович
Силаев Валерий Иванович
Чайковский Илья Иванович
Мальцева Мария Валерьевна
Хазов Антон Федорович
Филиппов Василий Николаевич

**ЗОЛОТОНОСНАЯ РОССЫПЬ
НА РЕКЕ БОЛЬШОЙ ШАЛДИНКЕ
НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ**

Издается в авторской редакции

Компьютерная верстка — Неведомская С.

Подписано в печать 08.08.2005. Формат 60x84/16
Печать офсетная. Бумага ВХИ.
Тираж 100 экз. Усл.печ.л. 3,07. Заказ 10117

Издательство Пермского университета.
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
Отпечатано в цифровой типографии «Скорость света».
г. Пермь, Большевикская, 24