

УДК 553.411.043 (571.1)

© В.О. Конышев, А.Г. Горелов

Моделирование геообъектов и геопроцессов

В.О. Конышев, А.Г. Горелов

# ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗА КРУПНООБЪЕМНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С БОНАНЦАМИ ЗОЛОТА В ЗОЛОТОРОССЫПНЫХ РАЙОНАХ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ПРОВИНЦИИ

## Введение

Во многих золотоносных районах Алтае-Саянской провинции количество золота, добытого из крупных и богатых россыпей во много раз превышает добычу, запасы и прогнозные ресурсы выявленных коренных объектов. В мировой практике в хорошо освоенных золоторудных районах обычно наблюдается обратная картина. Следовательно, основные коренные источники крупных россыпей могут долгое время оставаться неустановленными при поисковых работах по ряду причин:

1. Поиски коренных объектов проводятся преимущественно на приводораздельных и склоновых пространствах с исключением перспективных территорий, погребенных под мощными подсклоновыми отложениями, отвалами вскрышных пород, гали и эфелей отработанных полигонов.
2. Недооценивается роль нетрадиционных коренных источников наиболее богатых отрезков отработанных россыпей, первичные руды под которыми, как правило, не разбуриваются под глубокими отработками – «ямами».
3. Недооценивается роль бонанцев и гнезд золота, определяющих промышленные содержания в мощных минерализованных зонах с рассеянным оруденением, а оцениваются отдельные жилы и только небольшие части крупнообъемных объектов.
4. Не исключаются систематические погрешности рядового опробования низкой достоверности и представительности при крупном золоте.

Рассмотрим перечисленные положения на примерах конкретных объектов.

### 1. О перспективах территорий, погребенных под мощными подсклоновыми отложениями, отвалами вскрышных пород, гали и эфелей отработанных полигонов на примере Успенско-Троицкого участка Шаманского рудного узла

В Шаманском рудном узле Анзас-Кизасского района Западных Саян добыто около 30 т россыпного золота и только 2 т из коренного месторождения Жила Волшебная (Кировский рудник) с остаточными запасами и прогнозными ресурсами категории  $P_1$  – 6 т золота. Поисковыми работами выявлены рудопроявления Тигримское, Татьянинское, Успенско-Троицкое, Шаманское, Покосное, Медвежье. Они, преимущественно, располагаются во флишевой верхнешаманской подсвите раннего кембрия. Эта свита залегает на среднешаманской флишеидной подсвите, в свою очередь, лежащей на андезибазальтовой нижнешаманской подсвите, содержащей элементы сланцевой формации.

В каледонский этап тектогенеза породы были смяты в линейные субширотные складки, подверглись региональному рассланцеванию, преимущественно ориентированному вдоль кливажа осевых поверхностей складок, разбиты на блоки со складчатыми поперечными и диагональными нарушениями. Породы прорваны раннеорогенными гранитоидными массивами маинского комплекса среднекембрийско-ордовикского возраста, предшествующими золотому оруденению.

Успенско-Троицкий участок, приуроченный к поперечному к напластованию пород блоку, является наиболее перспективным для выявления значительного золоторудного месторождения (рис. 1) в пределах рудного узла.

На этом участке из крупной россыпи добыто 19,3 т золота. Причем, на приводораздельных территориях и склонах долин этой россыпи поисковыми работами золоторудных объектов не установлено. Лишь в северо-западных бортах полигонов выявлено 4 золоторудных тела, представленных кварцевыми жилами в оторочках прожилково-вкрапленной минерализации мощностью до 5 м. По ним апробированы прогнозные ресурсы категории  $P_2$  – 23,1 т при среднем содержании 9,8 г/т золота. Для других минерализованных зон Успенско-Троицкого участка при неопределенных параметрах золоторудной

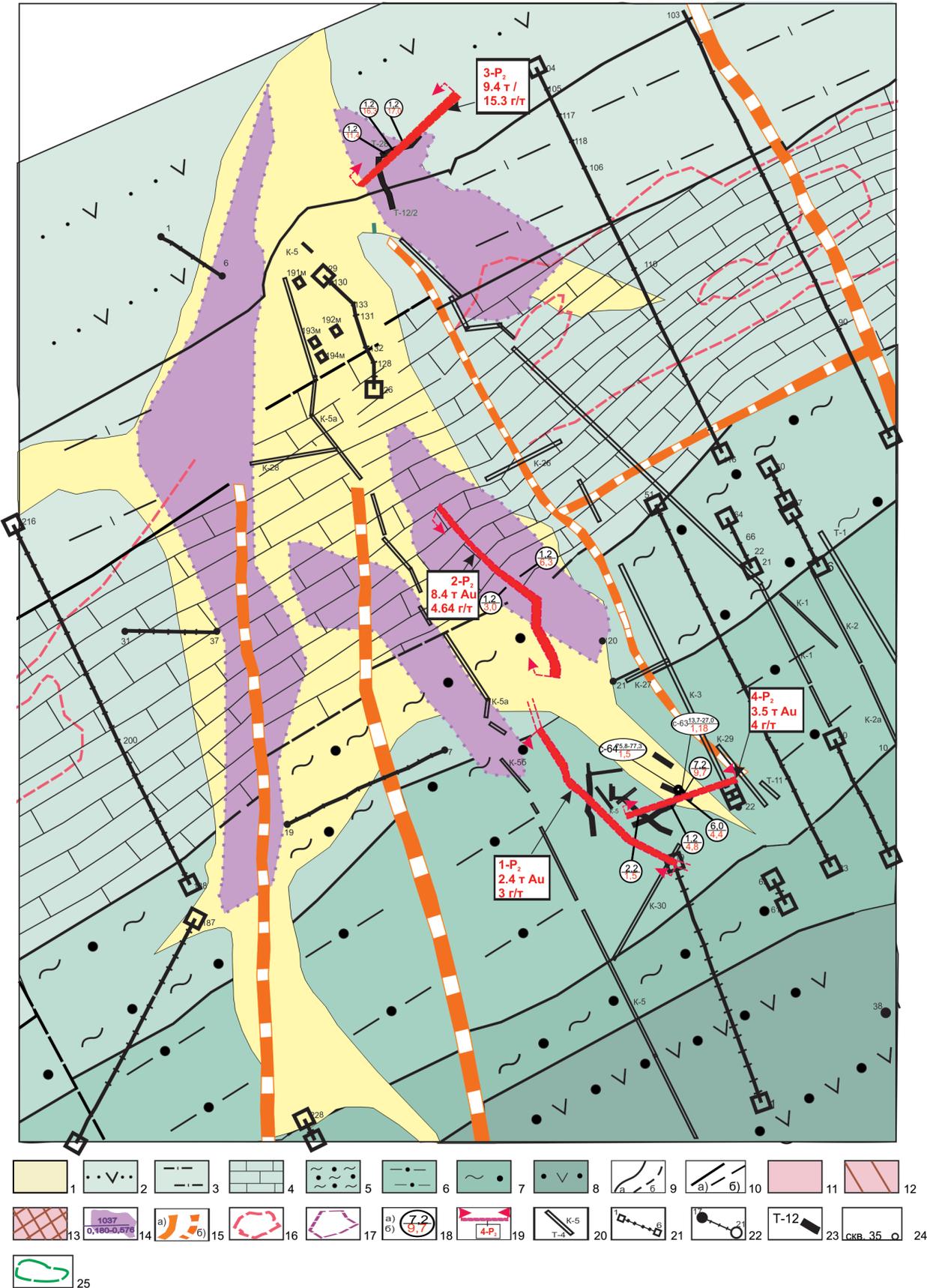


Рис. 1. Геолого-поисковый план участка Успенско-Троицкий с элементами золотоносности. Составлено с использованием материалов В.О. Кобышева (2008); И.В. Кудрявцева, И.Ю. Крутошинского, М.И. Курочкина (2011); А.Д. Кирилова, Т.Н. Черновой (1977), К.В. Лобанова (1998), Ю.М. Михалёва (1996), Е.С. Единцева, З.И. Томской, В.Б. Кинзерского (1996)

**Условные обозначения**

1 – четвертичные отложения. Современный, верхний и средний отделы нерасчлененные. Аллювий русел, пойм первой второй и третьей надпойменных террас. 2-8 – Шаманская свита, верхнешаманская подсвита: 2 – алевролиты и песчаники зеленовато-серые; 3 – переслаивание алевролитов зеленовато-серых со сланцами темно-серыми и черными, углисто-глинисто-кремнистыми, прослой известняков; 4 – известняки, мраморизованные известняки с прослоями алевролитов, песчаников, известковых гравелитов и конгломератов; 5 – сланцы светло-серые, грязно-серые, темно-серо-фиолетовые в переслаивании с алевролитами, песчаниками, конгломератами с прослоями известняков; 6 – переслаивание алевролитов, песчаников, конгломератов табачно-зеленых, зеленовато-серых и грязно-бирюзовых; 7 – переслаивание алевролитов, песчаников, конгломератов интенсивно рассланцеванных темно-серо-фиолетовых с маломощными прослоями известняков; 8 – переслаивание алевролитов, песчаников и конгломератов серо-зеленых, темно-зеленых и черно-зеленых. 9 – геологические границы: а – достоверные, б – предполагаемые. 10 – разрывные нарушения: а – достоверные, б – предполагаемые. 11 – техногенные россыпи золота с содержанием до 10 мг. 12 – участки с содержанием золота от 10 до 100 мг/м. 13 – участки с содержанием золота выше 100 мг/м (по данным Кириллова А.Д., 1977, ф). 14 – отработанные участки россыпи: в числителе – количество добытого золота (кг), в знаменателе – содержание (г/м<sup>3</sup>). 15 – минерализованные зоны, откартированные ЦНИГРИ в 2007 г.: а) – прослеженные, б) – предполагаемые. 16 – зона интенсивно пиритизированных пород по данным профильной (масштаба 1:5 000) электроразведки методом ЕП. 17 – зона интенсивно пиритизированных окварцованных пород по данным профильной (масштаба 1:10 000) электроразведки методом КП. 18 – рудный интервал: а) – видимая мощность, м; б) – среднее содержание, г/т. 19 – блокировка прогнозных ресурсов, номер блока, количество золота (т) и среднее содержание (г/т). 20-22 – выработки предшественников: 20 – траншеи, каналы и их номера; 21 – линии шурфов с номерами выработок; 22 – картировочные и поисковые скважины и их номера. 23-24 – выработки, пройденные ОАО «Берег»: 23 – траншеи, каналы; 24 – картировочные и поисковые скважины и их номера. 25 – наиболее перспективные площади для обнаружения штокверкового золотооруденения в зонах сопряжения и пересечения литологических разновидностей пород и зон субширотной пиритизации региональным рассланцеванием субширотного простирания и субмеридиональными минерализованными зонами с прожилково-вкрапленным золото-сульфидным оруденением в метасоматитах альбит-анкерит-кварцевого состава

минерализации были апробированы прогнозные ресурсы категории P<sub>3</sub> – 40 т.

Золотая минерализация в двух из вскрытых горными выработками и колонковыми скважинами зон ориентирована вдоль межпластовых срывов и регионального рассланцевания пород, а в двух других – преимущественно в поперечном и диагональном к напластованию пород направлениях, вдоль разрывных нарушений, представленных брекчированными и рассланцованными породами, неравномерно замещенными метасоматитами альбит-кварц-анкеритового состава с золото-сульфидно-кварцевыми жилами и прожилками.

В днище полигона отработанной россыпи по развалам обохренных метасоматитов автором откартировано более 17 км минерализованных зон как широтного межпластового, так и поперечного субмеридионального простирания (см. рис. 1). В местах сгущения подобных структур прогнозируются штокверки, представленные послонными и покливажными, а также диагональными и поперечными к ним золото-сульфидно-кварцевыми жилами с разнонаправленными оперяющими прожилками в оторочках альбит-кварц-анкеритовых метасоматитов с пиритовой вкрапленностью.

Зоны окисления прогнозируемых 4 штокверков до 1956 года были отработаны на глубины до 18 м при добыче россыпного золота, в том числе подземным способом. На локальных участках было добыто 1,0; 1,9; 9,6; 1,1; 0,5 и 4,5 т золота при средних содержаниях от 0,2 до 19,7 г/м<sup>3</sup> (см. рис. 1). В последние годы основные минерализованные зоны под

отработками оказались недоступными для изучения поверхностными горными выработками, поскольку во время половодий карьеры были заилены и заполнены современным аллювием.

Грядущими поисковыми работами ожидается буровыми профилями получить продольные и поперечные перекрытые разрезы прогнозируемых штокверков под богатыми участками отработанной крупной россыпи и локализовать прогнозные ресурсы категории P<sub>1</sub> – 60 т. Разработано геологическое обоснование поисковых работ на 2016 год по данному объекту, пока поставленному в перечень резервных Госзаказа.

**2. О нетрадиционных коренных источниках наиболее богатых отрезков отработанных россыпей, на примере Верхнеамыльского рудного узла**

При разработке аллювиальной Сийской россыпи в Республике Алтай производилась дополнительная выемка экскаватором на глубину 4,5 м окисленной минерализованной зоны в углеродистых сланцах, залегающих между двумя крутопадающими пластами известняков в днище полигона. Разработка россыпи р. Ортон в Кемеровской области сопровождалась выемкой бульдозером из под аллювия округлого тела брекчированных и лимонитизированных вулканитов, залегающих в неизмененных андезибазальтах плотика. Не исключена отработка подобных зон окисления коренных месторождений при дражной добыче, позволяющей черпаками зачищать плотики полигонов до скальных пород на многочисленных реках.

На многих россыпях Алтае-Саянской провинции известны «Ямы», из которых добыто аномальное количество золота. Иногда, в карбонатных породах плотика, эти «Ямы» отождествляются с золотоносным выполнением карстовых воронок или с зонами окисления золотоносных брекчированных и сульфидизированных известняков, подобных рудным телам Тибекского, Майского и Кузнецовского золоторудных месторождений Республики Хакасия.

Все углубления от разработки окисленных рудных залежей под россыпями во время паводков заиливаются или заполняются новым аллювием, что надежно предотвращает выявление коренных источников золота в плотиках россыпей. Наиболее эффективным методом их обнаружения является разбуривание наиболее продуктивных участков россыпей по профилям с составлением перекрытых разрезов коренных пород в крупных россыпных узлах и районах.

На территории Верхнеамыльского золотоносного узла Западных Саян из россыпей рек Акулька, Изинзюль и Кундус-Суг с притоками с 1838 года по настоящее время добыто свыше 20 т золота. Этот крупный золотоносный узел сложен вулканогенно-осадочными образованиями раннего палеозоя, представленными толеитовой андезибазальтовой формацией с элементами терригенно-кремнисто-сланцевой углеродистой и флишоидной. Породы смяты в складки СВ простирания, вмещают тела гипербазитов и прорваны небольшими штоками и дайками гранитоидов, которыми завершился каледонский раннеорогенный этап тектогенеза Западных Саян.

Для чередующихся бедных и богатых участков россыпей этого узла прогнозируются различные типы коренных источников. Коренная золотоносность на уровне средних содержаний 1,2-1,5 г/т установлена в дайках гранитоидов СВ простирания, пронизанных поперечными лестничными жилами и прожилками золото-сульфидно-кварцевого состава. Эти дайки идентичны рудным дайкам уникального Березовского месторождения Среднего Урала. Но основная роль в размещении богатых россыпей принадлежит оруденелым зонам рассланцевания, брекчирования и сульфидизации СЗ простирания в андезибазальтах (рис. 2). Такие зоны поперечно расположены к простиранию вулканогенно-осадочных пород и рудоносных даек, ограничивают по простиранию ореолы рассеяния золота в блоках пород и определяют участки повышенной концентрации лестничных прожилков в гранитоидных дайках. Вдоль этих зон ориентированы реки с богатыми россыпями.

На Березовском месторождении-аналоге в подобных поперечных дайках зонах залегают

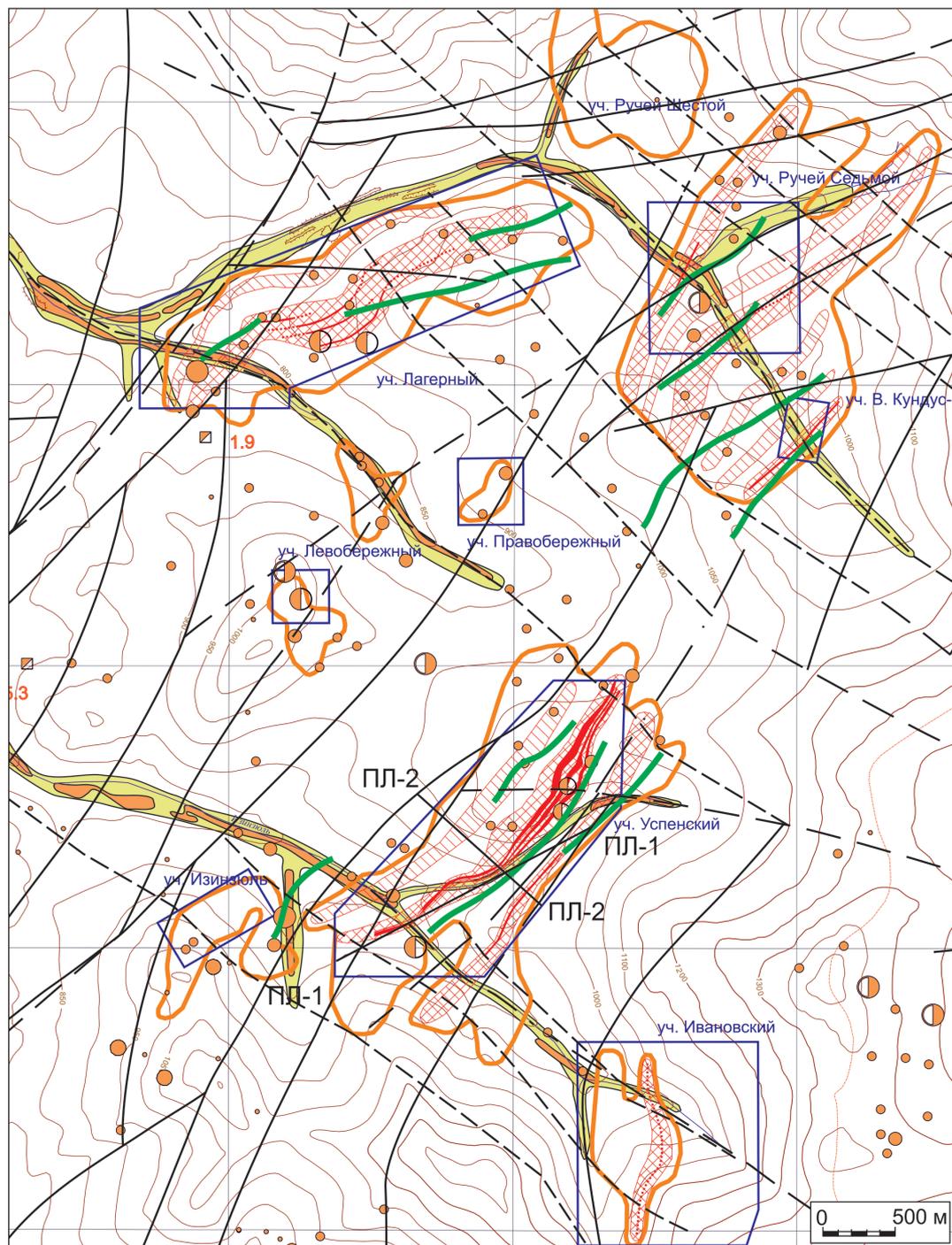
красичные жилы преимущественно сульфидного состава. Свое название эти жилы и зоны получили по причине использования охры окисленных руд для производства краски [1]. Содержания золота в красичных жилах и зонах прожилково-вкрапленной минерализации обычно в несколько раз выше (4-6 г/т), чем в дайках с лестничными прожилками. Подобная картина распределения рудной минерализации наблюдается и в Верхнеамыльском рудном узле.

В частности, по косо расположенному к дайке буровому профилю на Успенском участке (рис. 3) выявлено 4 интервала сгущения лестничных прожилков. Прогнозируется, что к ним вдоль россыпи р. Изинзюль подходят 4 красичные зоны минерализации. Если за счет выветривания, разрушения и размыва выступающих в рельефе оруденелых даек с мелким золотом сформированы небогатые участки аллювиальных россыпей ближнего переноса, то богатые «струи» россыпей с крупным золотом приурочены к выходам в понижениях рельефа красичных жил. Такие богатые части россыпей в Верхнеамыльском узле нередко обрабатывались нашими предками подземным способом под аллювием рек и элювиально-делювиальными отложениями в основаниях склонов золотоносных речных долин.

По результатам законченных ГПКК КНИИ-ГиМС в 2012 году поисковых работ в Верхнеамыльском узле апробированы прогнозные ресурсы золота категории  $P_1$  – 44,5 т со средним содержанием 5,1 г/т. Из них 34 т золота приходится на рудный столб зоны Западной участка Седьмой Ручей (см. рис. 2), где по данным работ предшественников установлено рудное пересечение мощностью 4 м с содержанием 19,6 г/т.

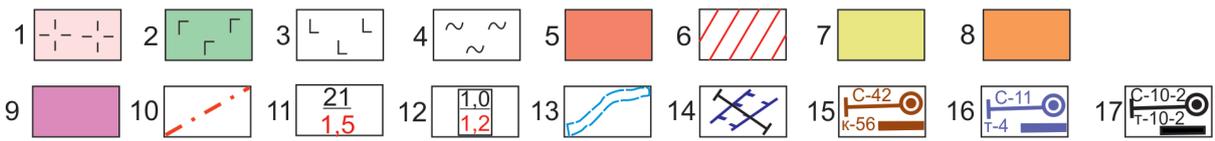
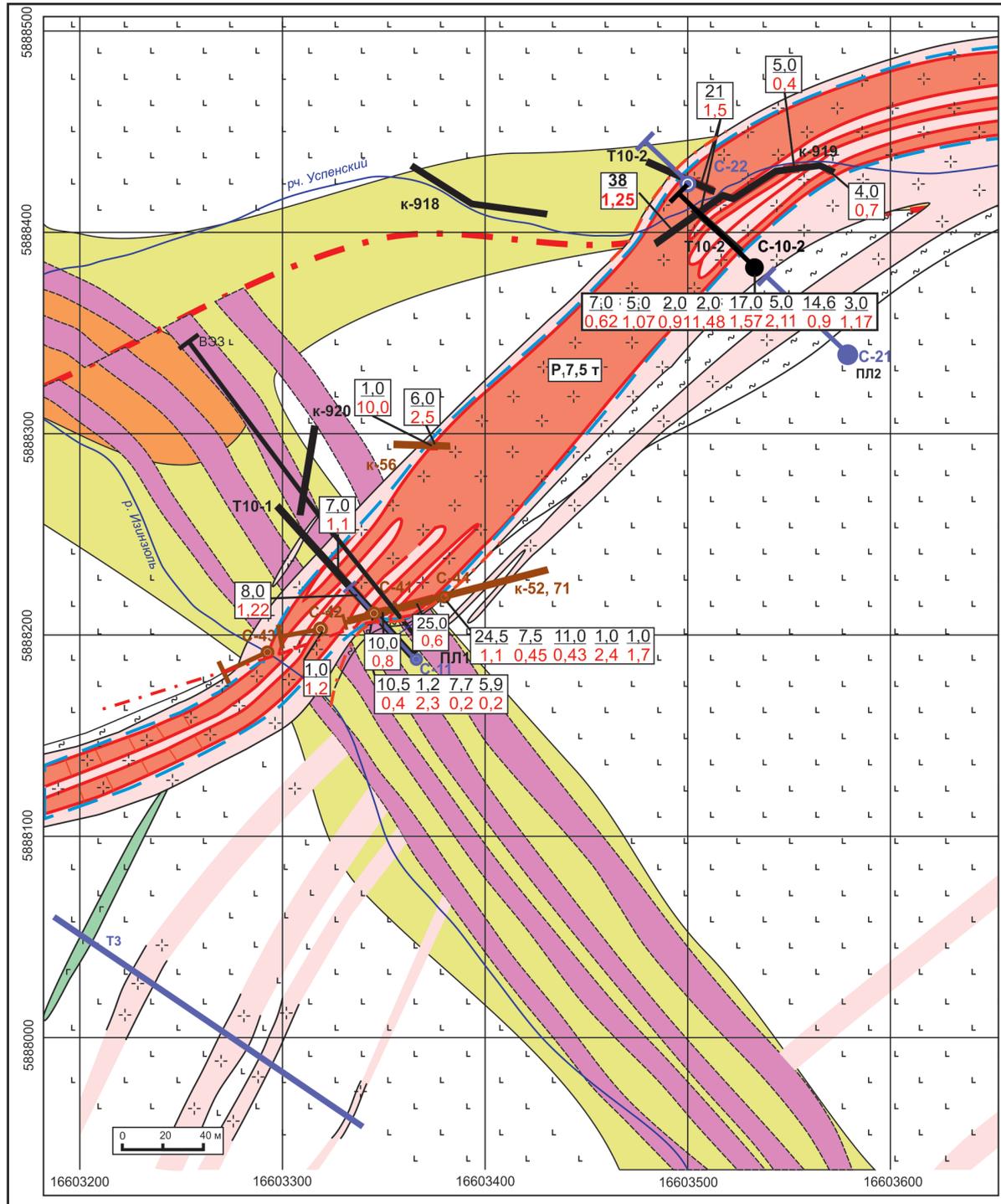
Автору представляется, что богатое разведочное пересечение, не имеющее точной геодезической привязки, было получено на полигоне богатой россыпи по красичной жиле вблизи ее сопряжения с гранитоидной дайкой зоны Западной. По дайке зоны Западной, как и по другим дайкам Верхнеамыльского рудного узла, среднее содержание золота находится на уровне 1,5 г/т, достаточном для отработки открытым способом окисленных руд на глубину до 55 м. Всего по дайкам апробированы прогнозные ресурсы категории  $P_1$  – 10 т и  $P_3$  – 30 т и приняты к сведению некондиционные для подземной добычи на глубинах от 55 до 200 м прогнозные ресурсы категории  $P_1$  – 31 т со средними содержаниями 1,5 г/т.

В 2015 году ФГУП ЦНИГРИ было разработано обоснование ревизионных поисковых работ с целью оценки прогнозных ресурсов категории  $P_1$  – 60 т для прогнозируемых красичных жил и минерализованных зон под богатыми «струями» россыпей на участках



- 1 – рудные зоны, выделенные по геолого-геофизическим и геохимическим данным с установленной опробованием золотоносностью;
- 2 – контур рудных зон, прогнозируемых по вторичным ореолам рассеяния (Au более 0,01 г/т), геофизическим и геологическим данным;
- 3 – рудные тела, выявленные горными выработками (а) и предполагаемые (б);
- 4 – контуры вторичных литохимических аномалий золота более 0,005 г/т;
- 5 – оси аномалий кажущегося сопротивления, вызванной поляризации;
- 6 – контуры перспективных участков;
- 7 – точечные аномалии золота во вторичном поле с содержанием г/т: 0,05-0,1, 0,1-1,0, >1,0 г/т;
- 8 – проявления золота; точки с высокими содержаниями золота в рыхлых образованиях, г/куб.м;
- 9 – нарушения установленные и предполагаемые;
- 10 – контуры россыпей отработанных (желтое), с оцененными запасами золота (оранжевое)

Рис. 2. Золотоносность Верхнеамурского рудного узла



1 – гранитоиды; 2 – габбро; 3 – базальты; 4 – сланцы; 5 – установленные рудные зоны; 6 – рудные тела с содержанием золота более 1,1 г/т; 7 – россыпи золота отработанные; 8 – контуры разведанных россыпей золота; 9 – прогнозируемые рудные зоны; 10 – нарушения; 11 – рудные пересечения в канавах; 12 – рудные пересечения в скважинах; 13 – контур ресурсов золота категории Р; 14 – профили ВЭЗ и аномалии кажущегося сопротивления; 15 – скважины и каналы, пройденные до 2009 года; 16 – скважины 2011 года; 17 – скважины 2009–2010 годов

Рис. 3. Модель месторождения березовского типа на примере Успенского участка

Успенский, Седьмой ручей и Лагерный. Однако это обоснование было отклонено Центрсибнедра по причине включения Верхнеамьельского рудного узла в план лицензирования с прежними прогнозными ресурсами, пространственная увязка рудных пересечений для которых сомнительна.

### 3. О влиянии бананцев и гнезд золота на средние содержания в крупнообъемных коренных источниках богатых россыпей

В Ортон-Балыксинском районе Кузнецкого Алатау, где из крупных россыпей было добыто более 40 т золота, на протяжении 150 лет считалось, что коренные источники россыпного золота уже эродированы. Затем, в конце XX века, к коренным источникам стали относить горизонты граувакковых песчаников флишевой пачки, неравномерно преобразованные в метасоматиты серицит-альбит-кварц-хлорит-анкеритового состава с прожилково-вкрапленной и жильной золото-сульфидно-кварцевой минерализацией с невысокими содержаниями золота [6]. В жильном кварце таких зон нередко обнаруживались гнезда и бананцы самородного золота, которые обычно рассматривались в ранге очень мелких самостоятельных коренных объектов невысокой промышленной значимости, рекомендованных только для кустарных разработок.

Количественная оценка средних содержаний в зонах метасоматитов и жилах кварца с учетом гнезд и бананцев видимого золота была выполнена лишь в 2003 году при поисково-оценочных работах на месторождении Федоровское 1 [4, 5]. По подсчетам автора, при отработке опытно-промышленным карьером до глубины 12 м небольшой части жилы Стержневой мощностью 0,73 м объем добытого кварца составил 274 м<sup>3</sup>, а его масса – 748 т. Ручной рудоразборкой из добытой руды было извлечено 34 т образцов с видимым золотом. При гравитационном обогащении этих образцов и последующем аффинаже концентрата было получено 50 кг химически чистого Au.

Расчетное среднее содержание золота в бананцах составило 1859 г/т с учетом содержания 380 г/т в неотвальных хвостах гравитационного обогащения при измельчении исходной руды только до класса – 3 мм. В хвостах ручной рудоразборки по многочисленным пробам кварца фиксировались содержания лишь на уровне 0,2–0,5 г/т. Для всей массы добытого из жилы кварца, с учетом извлеченного из бананцев золота, содержание составило 84,6 г/т.

Полученный уровень золотоносности жилы Стержневой был заверен при подземной отработке опытно-промышленного блока. Среднее содержание золота в этом блоке составило 17,4 г/т (без

исключения нулевых и ураганных значений) по 82 бороздовым пробам, отобраным по средней сети 2,2 x 2,2 м.

Заверка данных бороздового опробования в блоке была выполнена отбором 13 крупнообъемных или валовых проб [5], размещенных по сети 5,7 x 5,7 м. Содержания золота в крупнообъемных пробах определялись по балансу металла в продуктах гравитационного обогащения. Всего было переработано 36,2 т руды 13 крупнообъемных проб. Средневзвешенное содержание по этим пробам составило 97 г/т, что в 5,58 раза выше, чем по рядовому бороздовому опробованию блока. Оно оказалось сопоставимым с содержанием (84,6 г/т), полученным по результатам отработки верхней части жилы карьером.

Богатство Стержневой жилы (84,6–97 г/т), содержащей бананцы и гнезда золота, и наличие золота в околожильных метасоматитах позволяют допускать разубоживание в 20 раз и более с переходом от богатого жильного типа с бананцами и гнездами золота к промышленному типу мощных минерализованных зон с рядовыми содержаниями.

Итак, проведенными исследованиями выявлено, что бананцы размерами первые метры в плоскости жилы и первые сантиметры в ее поперечном сечении, сложенные из скоплений разобщенных гнезд, прожилков и вкрапленников крупного золота в ореолах мелкого и тонкого, составляют всего 4,5% (34 т от 748 т) объема руды и содержат 99,4% запасов золота. Полученные цифры показывают, что обнаружение промышленных рудных концентраций, вплоть до ураганных, обусловленных бананцами, статистически становится возможным только в одной из 22 поперечных разведочных выработок.

Обнаруженное этой выработкой ураганное содержание, как правило, в соответствии со стандартной методикой разведки [2, 3, 11, 12], подвергается ограничению. После ограничения ураганного содержания остается слабо золотоносная матрица минерализованной зоны, поскольку пробы по разведочным пересечениям остальных 21 разведочных выработок, вскрывших промежутки между бананцами золота, естественно, показывают низкие содержания. Неверная оценка средних содержаний золота, рассчитанных по рядовому опробованию, являлась причиной неэффективного проведения поисковых работ с отнесением перспективных зон района к категории непромышленных. Это привело к позднему выявлению рудопроявлений района, по которым за последние 15 лет апробированы прогнозные ресурсы категории  $P_1$  – 123 т,  $P_2$  – 14 т и  $P_3$  – 260 т золота.

#### 4. Методические рекомендации для определения близких к истинным содержаниям золота в рудных телах для повышения достоверности оценки прогнозных ресурсов

Для объективной оценки рудопроявлений с гнездовым распределением золота применяется способ определения средних содержания золота в рудных телах [8].

Сутью способа является определение достоверного содержания золота в золоторудных объектах по балансу металла в продуктах обогащения групповых проб, составленных из полных масс рядовых проб разведочных пересечений. В групповых пробах состав руды усредняется и становится независимым от гнездового распределения золота, крупности его выделений, наличия включений пустых пород и некондиционных руд в минерализованной зоне.

По групповым пробам успешно решается основная проблема опробования – определение достоверных содержания в рудных блоках, телах, минерализованных зонах и их совокупностях с исключением систематических и случайных погрешностей определения содержания золота в единичных рядовых пробах.

За последнее годы во ФГУП ЦНИГРИ разработана методика определения достоверных содержания золота в рудных телах [9, 10]. Она рассмотрена Экспертно-техническим советом Государственной комиссии по запасам (ЭТС ФБУ «ГКЗ»), протоколом которого от 18 ноября 2014 года наряду с замечаниями по доработке отмечено: «Рекомендовать к внедрению для оценки прогнозных ресурсов на стадии поисков и как способ контроля качества рядового опробования на других стадиях геологоразведочных работ разработанный и запатентованный авторами способ оценки средних содержания по балансу металла, извлеченного в продукты обогащения из лабораторных технологических проб (ЛТП), составленных из полных масс рядовых проб».

Разработанная ФГУП ЦНИГРИ методика определения близких к истинным содержаниям золота в рудных телах включает следующие операции:

1. Отбор и обработку бороздовых и керновых проб с выделением из них аналитических проб и навесок для пробирных анализов.
2. Производство пробирных анализов по навескам аналитических проб.
3. Оконтуривание разведочных пересечений по различным бортовым содержаниям с выбором оптимального варианта.
4. Составление групповой ЛТП из полных масс 30 и более бороздовых или керновых проб разведочных пересечений в контурах рудного тела с расчетом средневзвешенного содержания ( $C_{cp}$ ) по пробирным анализам.
5. Технологические исследования групповых ЛТП с разработкой рациональной схемы обогащения и попутным определением близких к истинным ( $C_{ист}$ ) содержаниям золота по балансу металла в продуктах обогащения по методике, представленной в [8].
6. Расчет достоверности ( $D = C_{cp} / C_{ист}$ ) рядового опробования и коэффициента занижения ( $K_d = C_{ист} / C_{cp}$ ) и балансового содержания золота в групповой ЛТП.
7. Определение фактического содержания золота во всей совокупности ЛТП изученного золоторудного объекта для достоверной оценки прогнозных ресурсов.
8. Аппроксимация диаграмм и формул зависимости  $C_{ист}$  от  $C_{cp}$  для статистически надежной коррекции содержания при оценке прогнозных ресурсов золоторудных объектов различных рудных районов и провинций.

По совокупности данных исследований 41 ЛТП рудопроявлений золотоносных районов Алтае-Саянской металлогенической провинции построена универсальная диаграмма (рис. 4) зависимости близких к истинным содержаниям ( $C_{ист}$ ), определенных по балансу золота в продуктах обогащения, от средних содержаниям ( $C_{cp}$ ), рассчитанных по данным пробирных анализов рядовых проб, полные массы которых включены в ЛТП [10].

Полученная диаграмма аппроксимирована формулой:

$$C_{ист} = 0,2629 C_{cp}^2 + 0,9988 C_{cp} + 0,2619.$$

При высоком коэффициенте корреляции ( $R^2 = 0,9941$ ) формула охватывает диапазон значений средних содержания от 0,07 до 17,5 г/т. Эту формулу рекомендуется применять для расчета ожидаемых близких к истинным содержаниям в подавляющей части слабо изученных рудопроявлений Алтае-Саянской провинции.

Применение этой формулы позволило уточнить прогнозные ресурсы месторождения Федоровское 1, где при истинной мощности рудной залежи 66 м, оконтуренной при бортовом содержании 0,2 г/т, среднем содержании 1,13 г/т, протяженности по простиранию 1560 м и падению – 224 м, масса руды составила 52,4 млн т, а прогнозные ресурсы категории  $P_1$  – 59,2 т золота (рис. 5). По рабочей формуле определено  $C_{ист} = 1,75$  г/т, что в 1,55 раза превышает  $C_{cp}$ , определенное по пробирным анализам свыше 5000 бороздовых и керновых проб. По уточненному содержанию крупнообъемная залежь месторождения Федоровское 1 имеет прогнозные ресурсы категории  $P_1$  – 92 т золота. Это один из наиболее крупных объектов Ортон-Балыксинского рудного района,

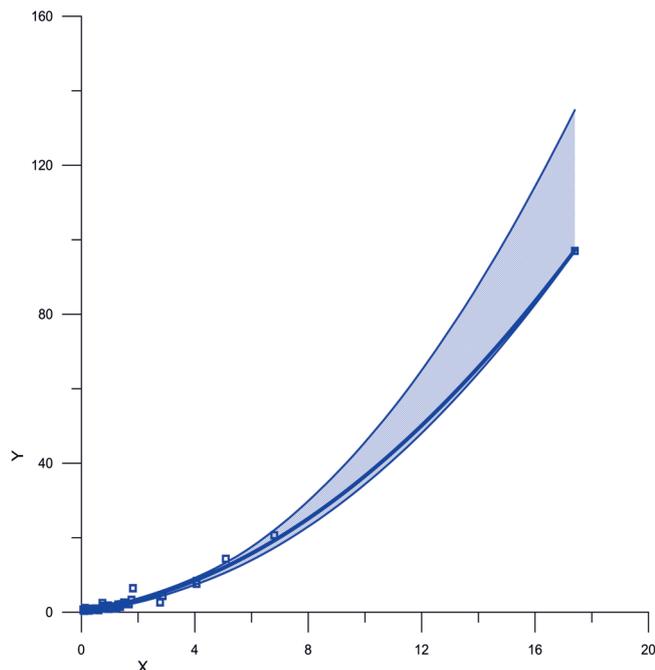


Рис. 4. Диаграмма зависимости  $C_{ист}$  ( $Y$ ) от  $C_{ср}$  ( $X$ ), аппроксимированная по результатам исследования 41 групповой ЛТП (79 точек сопоставления) для золоторудных объектов Ортон-Балыксинского и смежных золотоносных районов Алтае-Саянской провинции с доверительным интервалом, аппроксимированным при надежности 90%. По Конышев В.О., Горелов А.Г., 2014 [10]

для которого в настоящее время разрабатывается инвестиционный проект.

Вблизи месторождения Федоровское 1 имеется крупная россыпь, из которой было добыто 12 т золота на 6-км отрезке верховья р. Федоровка. Коренным источником для этой россыпи золота не является месторождение Федоровское 1, большая часть которого расположена в правом борту реки и отделена водоразделом от россыпи. Прогнозируется еще 3 аналогичные стратоидные минерализованные зоны под делювиальными отложениями правого и левого бортов реки и аллювием в ее днище. Именно там, в первой половине XIX века наши предки многоэтажными подземными лавами и глубокими шурфами разрабатывали зоны окисления минерализованных зон с бонанцами золота (рис. 6). Эти горизонты горных работ были вскрыты под рыхлыми отложениями долины реки при попытке отработать «целик» россыпи, уже отработанной подземным способом более ста лет назад.

Проектируется разбурить прогнозируемые зоны по перекрытым профилям и оценить в них достоверные содержания золота по результатам обогащения групповых ЛТП, составленных из полных масс рядовых проб разведочных пересечений. Ожидается локализовать прогнозные ресурсы золота категории  $P_1$  – 60 т.

### 5. Внедрение методики определения близких к истинным содержаниям, рекомендованной ЭТС ФБУ «ГКЗ»

Внедрение методики было впервые осуществлено на участке Кедровский Федоровско-Кедровского рудного поля (см. рис. 5). Выявленные ООО «СибГео» и оконтуренные по оптимальному бортовому содержанию 0,2 г/т 18 рудных залежей этого участка в контурах проектного карьера были объединены в 4 крупнообъемных блока при среднем коэффициенте рудоносности 0,236. По рядовому опробованию были оценены прогнозные ресурсы залежей в этих блоках категории  $P_1$  – 48,7 т золота при средневзвешенном содержании 1,56 г/т.

По 6 групповым ЛТП, общей массой 3184 кг, средневзвешенное балансовое содержание ( $C_{ист}$ ) составило 2,46 г/т (табл. 1). По уточненному близко к истинному содержанию (2,46 г/т), в 1,6 раза превышающему средневзвешенное содержание ( $C_{ср}$ ) по рядовому опробованию, дана более достоверная новая оценка прогнозных ресурсов категории  $P_1$  – 77 т золота. Уточненные прогнозные ресурсы категории  $P_1$  – 77,0 т золота со средним содержанием 2,46 г/т апробированы ФГУП ЦНИГРИ (Протокол №14 от 11 ноября 2014 года).

Переоценка качества и количества прогнозных ресурсов золота участка Кедровского в процессе внедрения разработанного способа [8] оценки близких к истинным содержаниям золота в рудных телах по балансу металла, извлеченного в продукты обогащения из групповых ЛТП, составленных из полных масс рядовых проб, позволили улучшить ожидаемые экономические показатели освоения будущего Кедровского месторождения (табл. 2).

Без существенного увеличения срока отработки этого объекта и капиталовложений в будущий рудник, проектная годовая добыча золота возрастает с 2,6 до 4,1 т, окупаемость снижается с 10 до 5 лет, внутренняя норма доходности увеличится с 10,1 до 19,7%, а индекс доходности – с 1,6 до 2,6.

Для Ортон-Балыксинского золотоносного района, где еще 20 лет назад не значилось золоторудных объектов, суммарные прогнозные ресурсы объектов, выявленных за средства федерального бюджета с использованием методики валового и группового опробования, достигли: категории  $P_1$  – 123 т,  $P_2$  – 14 т и  $P_3$  – 260 т золота.

Дальнейшая оценка перспектив выявления объектов с бонанцевым распределением золота в золотоносных районах Алтае-Саянской провинции осуществляется внедрением охарактеризованной методики при обосновании и производстве поисковых работ.

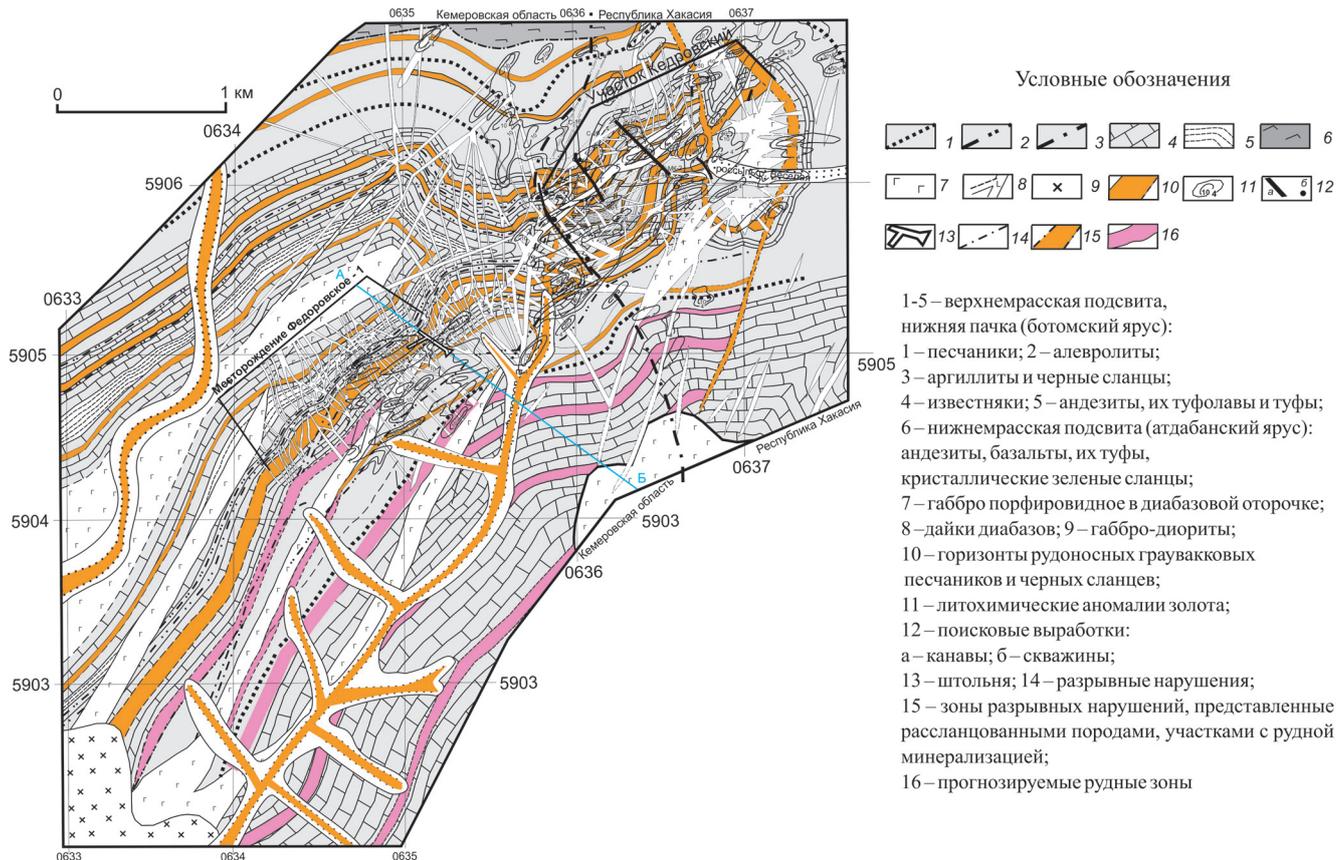
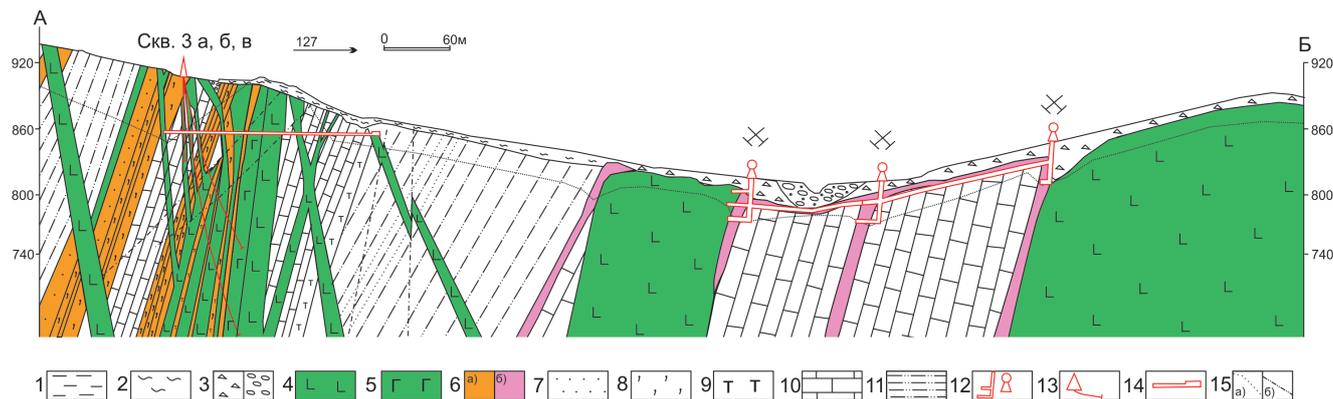


Рис. 5. Рудоносные горизонты Федоровско-Кедровского рудного поля



1 – техногенные отложения; 2 – покровные отложения, представленные щебнем и глыбами диабазов и песчаников с примесью желтых суглинков; 3 – а) – покровные отложения, представленные желтыми суглинками с редкими глыбами и щебнем диабазов, б) – аллювиальные отложения; 4 – долериты (диабазы), 5 – порфиридовое габбро; 6 – минерализованные зоны с прожилково-вкрапленными золото-магнетит-сульфидно-кварцевыми рудами в альбит-кварц-анкеритовых метасоматитах по различным породам; а – вскрытые штольней и скважинами в 1995-2003 гг.; б – вскрытые подземным способом в плотике россыпи в 1832-1847 гг. и карьером в 1997 г.; 7 – песчаники, 8 – золотоносные углеродистые серицит-хлорит-полевошпат-кварцевые сланцы с прожилково-вкрапленной золото-магнетит-сульфидно-кварцевой минерализацией (терригенные рудоносные горизонты флишевой толщи); 9 – серпентин-талк-карбонатные породы; 10 – известняки; 11 – алевролиты; 12 – подземные горные выработки, пройденные в 1 половине XIX в.; 13 – буровые скважины; 14 – штольня, пройденная в 2001 г.; 15 – а) – граница структурной коры химического выветривания и нижний контур развития ЗКХВ по пластообразным залежам первичных руд, б) – разрывные нарушения

Рис. 6. Модель золоторудных зон в бортах и плотике Федоровской россыпи, обработанной в XIX веке

Таблица 1

**Сопоставление средних содержаний золота, определенных по результатам рядового опробования (Ср) и по балансу металла (Сист) в продуктах гравитационного обогащения групповых ЛТП участка Кедровский**

№	№№ ЛТП	Число и вид проб в составе групповых ЛТП	Массы групповых ЛТП, кг	Средние содержания золота, г/т			Коэфф. занижен. Сист рядовым опробов. (Кд), от – до, (средний)
				По пробирным анализам рядовых проб (Ср)	По балансу Аи в продуктах обогащения ЛТП		
					Пробирные анализы	Данные цианирования	
1	ЛТП №1-Кедр	31 бороздовая	343	4,06	7,62	8,38	1,88-2,06 (1,97)
2	ЛТП №2-Кедр	97 бороздовых	949	1,50	2,27	2,60	1,51-1,73 (1,62)
3	ЛТП №3-1-Кедр	68 бороздовых	604	1,24	1,31	1,38	1,06-1,12 (1,09)
4	ЛТП №3-Кедр	107 бороздовых	931	0,83	1,02	1,09	1,24-1,31 (1,28)
5	ЛТП №5-1-1-Кедр	28 керновых с золотой головкой 4	143	2,87	4,34	4,38	1,51-1,53 (1,52)
6	ЛТП №6-1-Кедр	50 керновых	214	1,27	1,62	1,66	1,28-1,31 (1,30)
Сумма		381	3184	1,69	2,37	2,51	
Среднее			531	1,58	2,46		1,6

Таблица 2

**Сопоставление основных результатов оценки участка Кедровский по данным рядового и более достоверного группового опробования разведочных пересечений, оконтуренных по бортовому содержанию 0,2 г/т**

Показатели	По данным рядового опробования	По данным группового опробования
Ресурсы руды, млн т	31,3	31,3
Средневзвешенные содержания Аи, г/т	1,56	2,46
Прогнозные ресурсы Аи, т	48,7	77,0
Достоверность опробования, %	63	100
Коэффициент коррекции	1	1,56
<b>Результаты укрупненной геолого-экономической оценки</b>		
Срок отработки, лет	15	15
Годовая добыча Аи, т	2,6	4,1
Капиталовложения, млрд руб.	6,3	7,5
Окупаемость, лет	10	6
Внутренняя норма доходности (ВНД), %	10,1	19,7
Индекс доходности (ИД)	1,6	2,6

С 2015 года по Госзаказу выполняются поисковые работы на Магызинском участке Балыксу-Изасской площади Кузнецкого Алатау, где буровыми работами вскрыты мощные минерализованные зоны в днище и бортах крупной россыпи, 20% золота которой составляли самодки массой более 30 г.

Аналогичные работы по Госзаказу с 2015 года выполняются на Чанышской площади Рудного Алтая, где на рубеже XIX и XX веков из россыпей Воронцовского участка добыто несколько самородков массой от 5 до 24 кг.

Объект: «Ревизионно-поисковые работы с целью выявления золоторудных месторождений

с бананцевым распределением золота в золото-россыпных узлах Алтае-Саянской и Енисейской провинций» включен в качестве резервного в перечень по воспроизводству МСБ России за средства федерального бюджета на 2016 год.

### Выводы

1. В качестве коренных источников крупных россыпей Шаманского рудного узла Западных Саян прогнозируются золоторудные объекты штокверкового типа во флишевой толще, на пересечении благоприятных стратоидных горизонтов поперечными рудоносными тектоническими зонами с золото-сульфидно-кварцевым жильным и прожилково-вкрапленным оруденением в альбит-кварц-анкеритовых метасоматитах.

Для Ортон-Балыксинского рудного района, при аналогичном Шаманскому рудному узлу составе рудной минерализации, характерны стратоидные залежи золото-сульфидно-кварцевых руд в горизонтах граувакковых песчаников, расположенных вдоль сорванных контактов с карбонатными и вулканогенными пластами флишевой толщи (Федоровский тип с бананцевым и гнездовым распределением золота).

Для Верхнеамыльского рудного узла прогнозируются объекты березовского типа, представленные не только гранитоидными дайками с лестничными прожилками в вулканитах, но и более богатыми минерализованными зонами, ориентированными поперечно дайкам и расположенными под богатыми участками россыпей золота.

2. Для оценки объектов с крупным золотом разработаны методические рекомендации для определения близких к истинным содержаниям золота по балансу металла в продуктах обогащения групповых проб, составленных из полных масс рядовых проб разведочных пересечений. Методические рекомендации рассмотрены в ЭТС ФБУ ГКЗ и рекомендованы к внедрению для оценки прогнозных ресурсов на стадии поисков и контроля качества рядового опробования на других стадиях ГРР.

3. Опыт выявления золоторудных объектов с бананцами золота в Алтае-Саянской провинции в дальнейшем может быть распространен для поисков аналогичных объектов в долинах рек Магаданской, Байкало-Патомской, Енисейской и других провинций России, где для богатых и крупных россыпей не везде установлены богатые коренные источники.

4. Перспективы обнаружения коренных месторождений с бананцевым распределением золота вблизи крупных россыпей положены в основу обоснования поисковых работ для ряда объектов, включенных в перечень государственного заказа федерального агентства по недропользованию по

геологическому изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы за счет средств федерального бюджета на 2015 год и до 2020 года.

**Ключевые слова:** Алтае-Саянская провинция, россыпи золота, крупнообъемные золоторудные месторождения, групповое и рядовое опробование, достоверное содержание золота, прогнозные ресурсы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бородаевский Н.И., Бородаевская М.Б. Березовское рудное поле. – М. : Metallurgizdat, 1947. – 264 с.
2. Каждан А.Б. Разведка месторождений полезных ископаемых. – М. : Недра, 1977.
3. Каллистов П.Л., Камышев Ю.И. К проблеме выравнивания показаний проб при подсчете запасов месторождений с высокой изменчивостью оруденения // Руды и металлы. – 1995. – № 4. – С. 84-94.
4. Коньшев В.О. Опыт оценки погрешностей опробования и совершенствование методологии разведки месторождения с бананцевым распределением золота // Отечественная геология. – 2004. – № 6. – С. 22-35.
5. Коньшев В.О. О граничных условиях определения золота методом предварительного извлечения // Отечественная геология. – 2005. – № 3. – С. 84-87.
6. Коньшев В.О. Федоровско-Кедровское рудное поле (литолого-стратиграфический контроль и потенциал золотоносности) // Отечественная геология. – 2006. – № 2. – С. 22-28.
7. Коньшев В.О. Пути повышения достоверности опробования руд с крупным золотом // Руды и металлы. – 2007. – № 2. – С. 40-54.
8. Патент 2383889 Рос. Федерация, МПК7 G01N33/24, B03B7/00, G01N1/22. Способ определения среднего содержания золота в рудных телах / В.О. Коньшев, С.С. Вартамян, А.Г. Горелов. – № 2008137011/12 ; заявл. 16.09.2008 ; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 7.
9. Коньшев В.О. К методике оценки содержания Au в рудопроявлениях с крупным золотом Ортон-Балыксинского района, Кузнецкий Алатау // Руды и металлы. – 2014. – № 2. – С. 46-66.
10. Коньшев В.О., Горелов А.Г. Информационно-методические аспекты оценки истинных содержаний золота в рудных телах (на примере рудопроявлений Ортон-Балыксинского района, Кузнецкий Алатау) // Геоинформатика. – 2014. – № 3. – С. 39-55.
11. Методика разведки золоторудных месторождений / В.Н. Иванов, В.П. Кувшинов, В.И. Батрак, и др. – М. : ЦНИГРИ, 1991.
12. Методические рекомендации по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых : Золото рудное / ФГУ «ГКЗ» : утв. распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р. – М., 2007. – 48 с.