

УДК 550.85.012(571.17; 571.513)

© В.О. Кобышев, А.Г. Горелов

*В.О. Кобышев, А.Г. Горелов*

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ИСТИННЫХ СОДЕРЖАНИЙ ЗОЛОТА В РУДНЫХ ТЕЛАХ (НА ПРИМЕРЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ОРТОН-БАЛЫКСИНСКОГО РАЙОНА, КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)**

В практике геологоразведочных работ среднее содержание золота в рудном теле определяется по данным пробирных анализов статистически достаточной выборки рядовых бороздовых проб стандартного объема и переменной массы до 14 кг. Существует проблема достоверности оценки истинного содержания золота в рудных телах. Информационно-методические аспекты этой проблемы могут быть рассмотрены на примере Ортон-Балыксинского рудного района, в пределах которого с целью оценки перспектив золотеносности в разные годы проводились комплексные геологоразведочные работы.

Ортон-Балыксинский золотеносный район расположен в Мартайгинско-Верхнелебедской металлогенической и одноименной структурно-формационной зонах Кузнецкого Алатау [1]. В палеотектоническом плане он приурочен к поперечному блоку субмеридиональной раннепалеозойской андезибазальтовой островодужной гряды, перекрытой на террасах ее восточного склона нижнекембрийскими флишевыми и карбонатными толщами.

Вулканогенно-осадочные отложения в процессе каледонской коллизии были смяты в линейные складки северо-восточного простирания, разбиты разрывными нарушениями, прорваны густым каркасом субмеридиональных даек и небольшими массивами габброидов среднекембрийского кундустуяльского комплекса (рис. 1). Этап коллизионного, или раннеорогенного, развития каледонид Кузнецкого Алатау завершился становлением среднекембрийско-силурийских интрузий когтасского, мартайгинского и тигертышского гранитоидных комплексов. В позднеорогенный этап изостатической компенсации региона в межгорных впадинах и грабенах формировались девонские толщи красноцветных континентальных моласс и субщелочных андезибазальтов с субвулканическими интрузивами.

Золотеносный район прослеживается в северо-восточном направлении на 60 км вдоль

асимметричной Чашкатской антиклинали 1-го порядка с запрокинутыми на юго-восток крыльями, осложненными складками второго порядка. Ядро антиклинали выполнено раннекембрийскими терригенно-вулканогенными породами нижнекаембрийской подсветы атдабанского века, а крылья – флишевой пачкой верхнекаембрийской подсветы ботомского века. Эта флишевая пачка вмещает большую часть стратонидных и секущих минерализованных зон с прожилково-вкрапленными золото-сульфидно-кварцевыми рудами [7]. Ширина золотеносного района 15-20 км. На прилегающих к нему с севера, юго-запада и юга менее золотеносных площадях орогенные гранитоидные породы преобладают над нижнекембрийскими вулканогенно-осадочными. С юго-востока район ограничен девонскими породами Балыксинского грабена.

На протяжении с 1832 года по настоящее время из россыпей района добыто >40 т Au. В 30-х годах XX-го века подземными горными выработками на участке Золотой (см. рис. 1) были разведаны первые коренные источники россыпей – жилы Золотая и Комсомольская. Жила Золотая была вскрыта двумя шахтами до глубины 20-30 м от поверхности и отработана между ними на отрезке 200 м. При среднем содержании Au в товарной руде 20 г/т из жилы добыто >220 кг металла. На флангах отработанной части за мощными поперечными дайками габброидов жила была потеряна. Жила Комсомольская в нескольких сотнях метров юго-западнее Золотой разведывалась штольнями. По результатам опробования были определены низкие содержания Au, и разведочные работы были остановлены с началом Великой Отечественной войны в 1941 г.

Как показали последующие геологосъемочные и поисковые работы масштабов 1:200 000 и 1:50 000, проведенные в 50-60-х годах двадцатого века, коренная золотеносность связывалась с зонами сульфидной вкрапленности, вмещающими

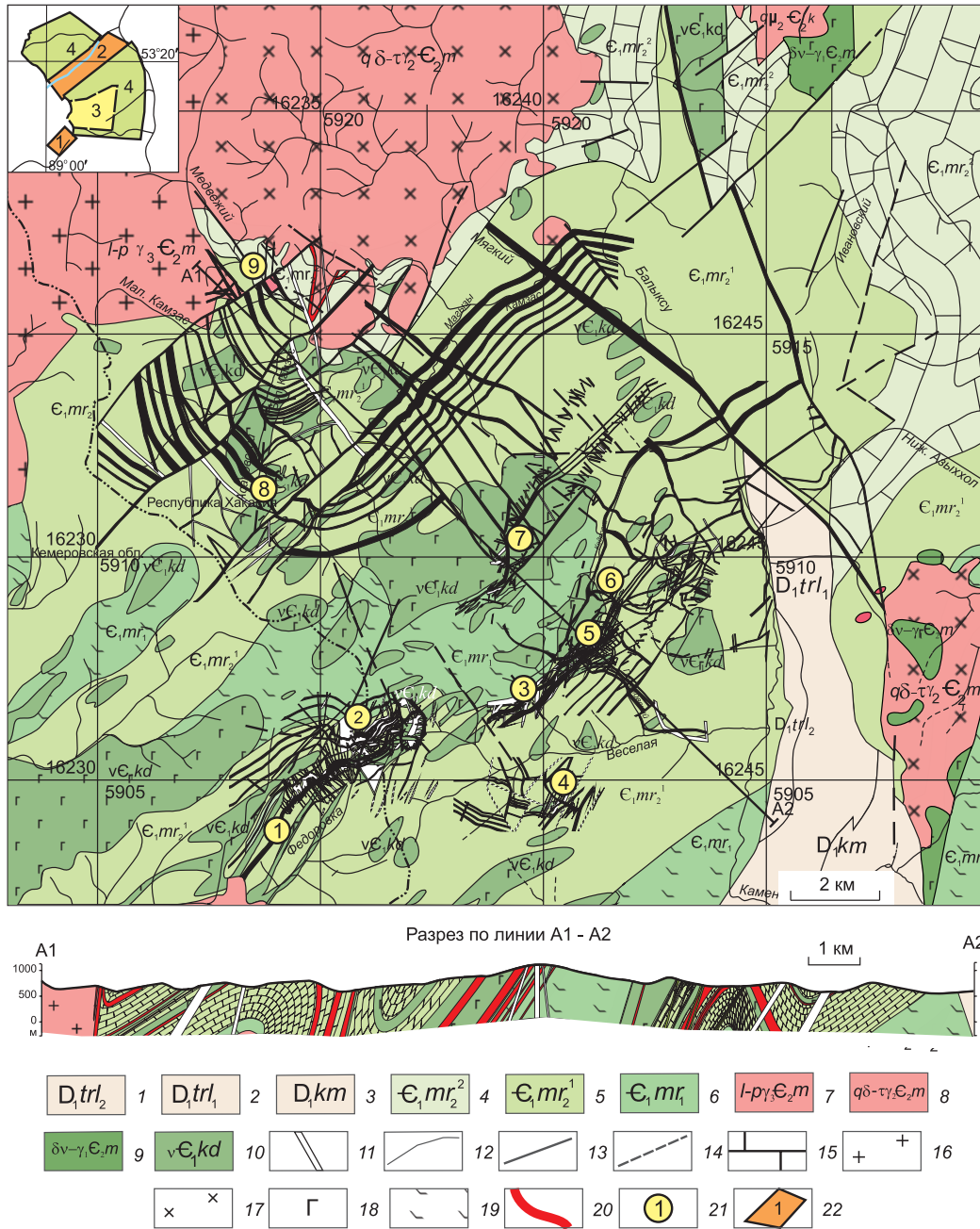


Рис. 1. Прогнозная карта золотоносности северо-восточной части Ортон-Балыксинского рудного района, по В.О. Конышеву [10]:

1 –  $D_1 tr_2$ , красноцветные песчаники, алевролиты, туфопесчаники, линзы конгломератов, лавобрекчий, покровы андезитовых, андезит-базальтовых порфиритов, >200 м; 2 –  $D_1 tr_1$ , афанитовые оливиновые порфириты, диабазы, лиловые андезит-лабрадорные порфириты, плагиопорфириты, линзы туфов, песчаников, туфопесчаников, в основании линзы конгломератов, 800 м; 3 –  $D_1 km$ , оливиновые, андезит-лабрадорные порфириты, фельзиты, плагиопорфиры, слои конгломератов, песчаников, туфопесчаников, ~1300 м; 4 –  $\epsilon_1 mr_2^2$ , серые мраморизованные известняки, доломитизированные известняки, горизонты кремнистых пород, глинистые сланцы, 1000 м; 5 –  $\epsilon_1 mr_2^1$ , туфы среднего и основного составов, андезиты, алевросланцы, углеродисто-кремнистые сланцы, 1000 м; 6 –  $\epsilon_1 mr_1$ , амфиболитизированные базальты, диабазы, андезитобазальты, их туфы, лавобрекчии, хлоритовые сланцы, прослои кремнистых пород, >1000 м; мартайгинский габбро-диорит-плагиогранитный комплекс: 7 – лейкоплагиограниты третьей фазы, 8 – кварцевые диориты, плагиограниты второй фазы, 9 – габбро-диориты, габбро первой фазы; 10 – кундусту-юльский габбро-диоритовый комплекс; 11 – дайки и мелкие массивы диабазов и порфиридных габбро, откартированные ЦНИГРИ; 12 – границы разновозрастных стратиграфических и интрузивных подразделений; разрывные нарушения: 13 – достоверные, 14 – предполагаемые; 15 – терригенно-карбонатные породы; 16 – лейкоплагиограниты; 17 – кварцевые диориты, плагиограниты; 18 – габбро-диориты, габбро; 19 – андезитобазальты, их туфы и сланцы по ним; 20 – минерализованные зоны, откартированные ЦНИГРИ; 21 – золоторудные месторождения и рудопроявления: 1 – Федоровское, 2 – Кедровское, 3 – Золотое, 4 – Веселое, 5 – Пахомовское, 6 – Аномальное, 7 – Чашкатское, 8 – Асановское, 9 – Медвежье; 22 – геологические и горные отводы (на врезке): 1 – Федоровский (ОАО «КЕ-МО»), 2 – Магызинский, 3 – Кедровский, 4 – Комсомольский

кварцевые жилы с гнездовым содержанием золота. При поисковых работах гнезда и бананцы случайно обнаруживались в жилах и минерализованных зонах и из-за небольших размеров считались пригодными только для кустарных разработок. Единичные разведочные пересечения, вскрывшие подобные жилы, были установлены в те годы на Асановском и Федоровском участках (см. рис. 1). Оценка содержаний Au в зонах прожилково-вкрапленных руд с учетом гнезд крупного золота в жилах обычно не проводилась.

В процессе геологического доизучения площадей ГДП-50 и поисков, проведенных на рубеже веков ОАО «Минусинская экспедиция» (Ю.В. Беспалов, 1997, 2001), ОАО «Южно-Кузбасская экспедиция» (В.М. Пенькин, 1995), ЗАО ГРК «Плутон» (В.И. Бондарев, 1996), ОАО «КЕМО» (В.О. Конышев, 2003), ОАО «Берег» (В.К. Кондрин, 2007), ООО «СибГео» (Е.А. Белоножко, 2011) за последние два десятилетия были обнаружены золоторудные проявления, золоторудные поля и перспективные площади, для которых на смежных территориях Республики Хакасия и Кемеровской области утверждены прогнозные ресурсы коренного золота категорий  $P_1$  15 т,  $P_2$  150 т,  $P_3$  313 т. По этим показателям Ортон-Балыкский золотоносный район считается самым перспективным для промышленного освоения в экономически благоприятных условиях Алтае-Саянской металлогенической провинции.

Основная причина запоздалого выявления золоторудных объектов в районе, где богатые золотоносные россыпи обрабатываются с 1832 г., – невысокая достоверность рядового опробования для руд с гнездовым и бананцевым распределением крупного золота. При поисках и оценке конкретных рудопроявлений В.О. Конышевым [7, 8] были проведены заверочные работы, показавшие низкую достоверность бороздового и кернового опробования. Для повышения достоверности оценки прогнозных ресурсов авторами статьи был предложен способ определения истинных содержаний Au в рудных телах по балансу металла в продуктах гравитационного обогащения групповых проб на примере рудопроявлений Федоровско-Кедровского рудного поля.

**Федоровско-Кедровское рудное поле** расположено в центральной части золотоносного района и разделено на две части по административной границе Республики Хакасия и Кемеровской области. В юго-западной Кемеровской части рудного поля находится золоторудное месторождение Федоровское I, в северо-восточной Хакасской – рудопроявление Кедровское (рис. 2).

*Месторождение Федоровское I* на ранней стадии изучения относилось к жильному. По обнаруженным бананцам и гнездам самородного золота

наибольшую известность получила жила Стержневая мощностью 0,73 м. При опытно-промышленной отработке небольшой ее части (748 т) ЗАО ГРК «Плутон» добыто >50 кг Au. Преобладающая часть золота (99,4%) была сконцентрирована в бананцах и гнездах, которые, по расчетам автора [6] слагали лишь 4,5% объема жилы (35 т руды). Остальной ее объем характеризовался непромышленными содержаниями на уровне 0,2-0,5 г/т. Несмотря на это, среднее содержание Au в отработанной части жилы, с учетом бананцев и некондиционных включений, составило 84,6 г/т.

Жилы окаймлены серицит-альбит-кварц-анкеритовыми метасоматитами с прожилково-вкрапленной золото-сульфидно-кварцевой минерализацией по карбонатно-вулканогенно-терригенным породам. Горнорудной компанией ОАО «КЕМО» [7] по бортовому содержанию 0,8 г/т Au на месторождении оконтурено семь рудных тел со средней мощностью 4 м и средним содержанием Au 3,7 г/т. В геологических блоках этих тел по результатам пробирных анализов 5000 бороздовых и керновых проб подсчитаны запасы Au в окисленных рудах до глубины 24 м категории  $C_1$  1200 кг,  $C_2$  2856 кг. До глубины 200 м оценены прогнозные ресурсы первичных руд категории  $P_1$  30 т

При бортовом содержании Au 0,2 г/т все рудные тела объединяются в единую стратоидную залежь мощностью 66 м, локализованную в контурах рудоносного горизонта березитизированных граувакковых туфопесчаников с прослоями черных сланцев, известняков и силлами анкеритизированных андезидацитов. Горизонт залегаёт между мощными пластами известняков флишевой пачки верхне-мраморской подсвиты и падает на северо-запад под углами 60-75°. В 2000-2002 гг. горными и буровыми работами ОАО «КЕМО» стратоидная залежь была прослежена по простиранию в северо-восточном направлении на 1560 м и на глубину до 250 м. Среднее содержание Au в ней составило 1,13 г/т [6]. На государственную экспертизу подсчитанные запасы и оцененные прогнозные ресурсы недропользователем не представлялись. В Кадастре прогнозных ресурсов по состоянию на 01.01.2014 г. на участке Федоровское I (площадь 9,8 км<sup>2</sup>) числятся лишь прогнозные ресурсы Au категории  $P_3$  30 т.

На месторождении Федоровское I были впервые выявлены факты многократного занижения содержаний Au пробирными анализами в рядовых бороздовых пробах по рудам с видимым золотом [8]. Для заверки рядовых проб отбирались групповые и крупнообъемные валовые пробы. Истинные содержания Au определялись по балансу металла в продуктах гравитационного обогащения полных



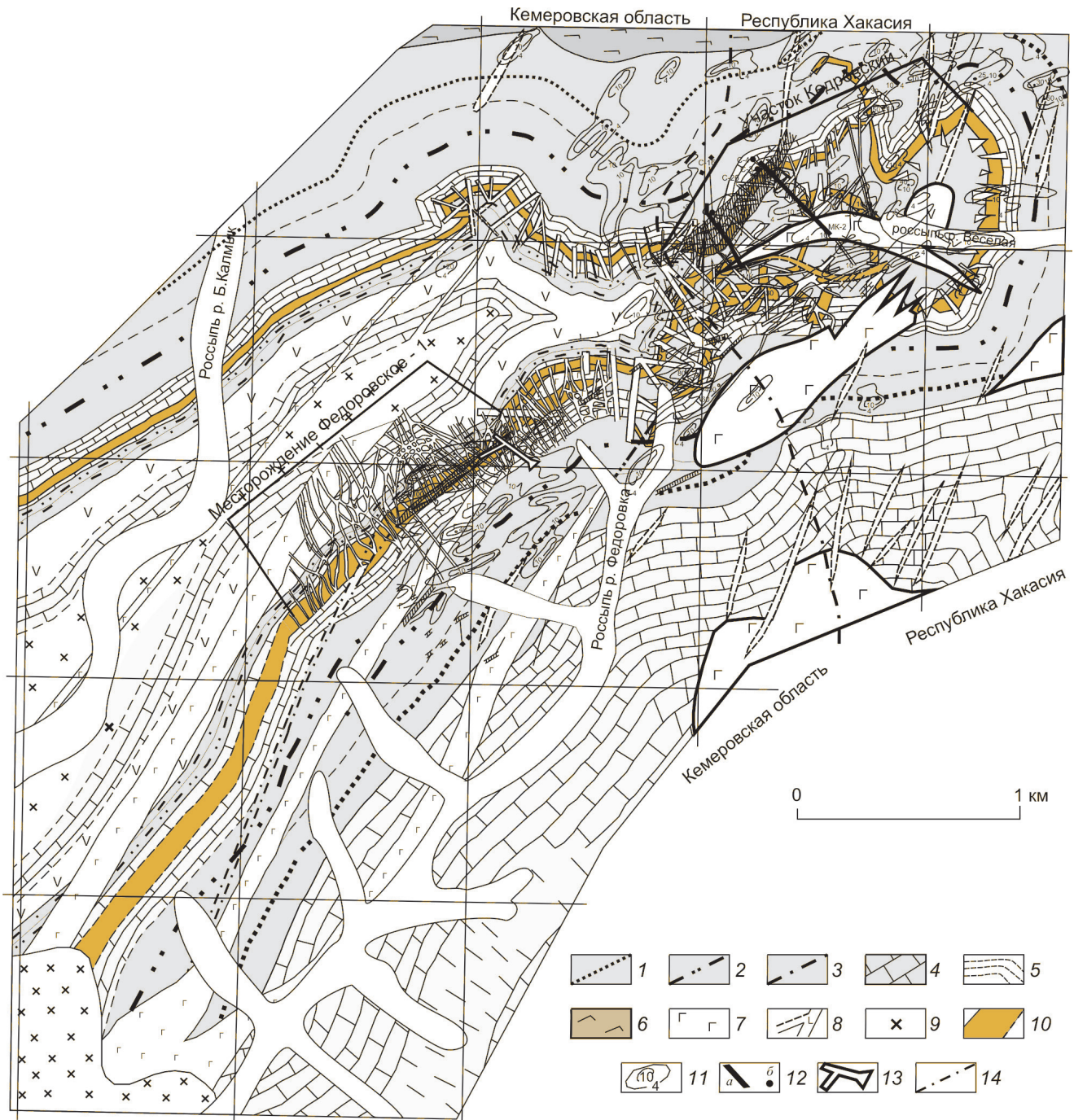


Рис. 2. Рудоносные горизонты грауваковых песчаников и черных сланцев Федоровско-Кедровского рудного поля, по В.О.Конышеву [10]:

$\epsilon_1mr^1_2$ , нижняя пачка (ботомский ярус):

1 – песчаники, 2 – алевролиты, 3 – углеродистые аргиллиты и черные сланцы, 4 – известняки, 5 – андезиты, их туфолавы и туфы; 6 –  $\epsilon_1mr_1$  (атдабанский ярус) – андезиты, базальты, их туфы, кристаллические зеленые сланцы, серые филлиты; 7 – габбро порфириновидное в диабазовой оторочке; 8 – дайки диабазов; 9 – габбро-диориты; 10 – горизонты рудоносных песчаников и черных сланцев; 11 – литохимические аномалии Au; 12 – поисковые выработки (а – каналы; б – скважины); 13 – штольня ОАО «КЕМО»; 14 – административная граница

масс заверочных проб и сопоставлялись со средними содержаниями, полученными по рядовому опробованию. Установлено, что в зависимости от богатства руд на объекте наблюдалось занижение содержаний рядовым опробованием в 2,82-5,58 раза.

*Участок Кедровский* выявлен в 1997 г. ОАО «Минусинская экспедиция» при ГДП-50 на северо-восточном фланге месторождения Федоровское 1 за пределами Кемеровской области на смежной территории Республики Хакасия. По результатам поисковых работ ОАО «Берег» в 2007 г. здесь установлено шесть стратоидных минерализованных зон северо-восточного простирания (см. рис. 2). Крайняя юго-восточная зона участка Кедровский сопрягается по простиранию с минерализованной зоной месторождения Федоровское 1. Однако наиболее крупная рудная залежь участка Кедровский, содержащая 50% от его апробированных прогнозных ресурсов категории  $P_2$  80 т золота, приурочена к другому рудоносному горизонту, отстоящему на 550 м к северо-западу от первого. В промежутке между главными рудоносными горизонтами обнаружены еще несколько менее мощных минерализованных зон. К настоящему времени на участке выявлено 16 рудных залежей, по которым ОАО «СибГео» предварительно оценены прогнозные ресурсы категории  $P_1$  23 т при среднем содержании 1,74 г/т золота.

Для заверки результатов рядового опробования из материала бороздовых проб разведочных пересечений минерализованных зон Кедровского участка в 2007 г. составлены две групповые лабораторные технологические пробы (ЛТП) 1- и 2-Кедр. По балансу золота, извлеченного из них в продукты обогащения, определены истинные содержания Au ( $C_{ист}$ ). Они в 1,62-1,97 раза превысили расчетные средние содержания ( $C_{ср}$ ) по пробирным анализам бороздовых проб, полные массы которых вошли в состав ЛТП.

По результатам исследований крупнообъемных проб месторождения Федоровское 1 и 2-х групповых проб участка Кедровского составлены диаграммы и формулы полиномиальной зависимости третьей степени для определения  $C_{ист}$  и коэффициентов коррекции (Кд) к средним содержаниям [8]:  $C_{ист} = -0,0074C_{ср}^3 + 0,4166C_{ср}^2 + 0,5411C_{ср} + 0,3045$ , при достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,9994$ ;  $Кд = -0,0007C_{ср}^3 + 0,0136C_{ср}^2 + 0,2236C_{ср} + 1,1147$ , при  $R^2 = 0,9792$ . Установлена тенденция возрастания Кд от 1,57 до 5,57 с увеличением  $C_{ср}$  от 0,58 до 17,4 г/т. По полученным результатам разработан способ определения истинных содержаний золота в рудных телах, защищенный патентом [9].

С 2008 по 2014 годы поисковыми работами ООО «СибГео» с применением группового опро-

бования выявлены рудопроявления Пахомовское, Аномальное, Чашкатское и проведена детализация на Кедровском участке с заверкой средних содержаний в разведочных пересечениях балансовыми (истинными) содержаниями обогащенных групповых проб. Аналогичные исследования проведены и для рудопроявления Ортонского, 4 минерализованные зоны которого были изучены в 2013 году таким же образом при поисковых работах ОАО «Тетис-Т» в юго-западной части рудного района.

Таким образом, для рудопроявлений Ортон-Балыксинского рудного района составлены 23 групповые или лабораторные технологические пробы (ЛТП), иногда разделенные на самостоятельные части, которые подверглись раздельному гравитационному или гравитационно-цианистому обогащению с определением балансовых или истинных содержаний Au. Рудопроявления сопредельных рудных районов Алтае-Саянской провинции охарактеризованы еще 18 аналогичными ЛТП. Основные параметры всех этих ЛТП и содержания золота, оцененные по рядовому опробованию и по балансу металла в продуктах обогащения, приведены в табл. 1.

По мере накопления данных по 9 валовым, крупнообъемным и групповым пробам (номера 1-6 и 13-15 табл. 1) были уточнены составленные ранее диаграммы в области низких и рядовых содержаний [10]. Уточненные диаграммы описываются выражениями параболической функции, позволяющими рассчитывать соответствующие  $Кд = 0,0064C_{ср}^2 + 0,1100C_{ср} + 1,7418$  и  $C_{ист} = 0,2495C_{ср}^2 + 1,2271C_{ср} + 0,1939$  по значениям  $C_{ср}$  для заданной 100%-ной достоверности (вероятности) бороздового опробования при высоких коэффициентах аппроксимации ( $R^2 = 0,9259$  для Кд и  $R^2 = 0,9992$  для  $C_{ист}$ ). Использование диаграмм и формул позволило получить инструмент для оперативного определения ожидаемых истинных содержаний золота в разведочных пересечениях при оценке прогнозных ресурсов на стадии поисковых работ.

Диаграммы зависимости  $C_{ист}$  и Кд от  $C_{ср}$ , построенные по ЛТП, составленных из керновых проб [10], вследствие недостаточности данных описывались линейными уравнениями. Отрезки этих диаграмм не противоречат тенденции изменения  $C_{ист}$  и Кд от  $C_{ср}$  на фоне более общей диаграммы полинома 2-й степени, но установлены более высокие Кд по результатам обогащения единичных ЛТП, составленных из керновых проб, по сравнению с составленными из бороздовых проб с массой в 2 раза большей.

Обнаружена новая тенденция возрастания Кд в 7-9 раз с уменьшением  $C_{ср}$  в диапазоне от 0,58 до 0,13 г/т, а не только с отмеченным ранее [9] возрастанием Кд

Таблица 1

Сопоставление средних содержаний золота, определенных по результатам рядового опробования ( $C_{cp}$ ) и по балансу металла ( $C_{мет}$ ) в продуктах гравитационного обогащения крупнообъемных и групповых проб рудопроявлений золотоносных районов Алтае-Саянской металлогениической провинции

№	Наименование золоторудных объектов и характеризующих их ЛТП	Число и вид проб в составе ЛТП	Массы групповых ЛТП, кг	Средние содержания золота, г/т			Кд, от – до, (средний)
				По пробирным анализам рядовых проб	По балансу Аи в продуктах обогащения ЛТП		
					Пробирные анализы	Данные цианирования	
1	2	3	4	5	6	7	8
Рудопроявления Ортон-Балыксинского золотоносного района Кузнецкого Алатау							
1	Месторождение Федоровское-1. Рудный блок №4С <sub>1</sub>	13 крупнообъемных, заверивших 82 бороздовые	36200	17,4	97,0	–	5,58
2	Месторождение Федоровское-1. Полупромышленная ППТП №10	1 валовая, заверившая 12 ямковых	23100	6,8	20,7	–	3,04
3	Месторождение Федоровское-1. ЛТП №10	Групповая, из 14 бороздовых	100	5,09	14,35	–	2,82
4	Участок Кедровский. ЛТП №1-Кедр	Групповая из 31-ой бороздовых	343,35	4,06	7,62	8,38	1,88-2,06 (1,97)
5	Участок Кедровский. ЛТП №2-Кедр	Групповая из 97 бороздовых	948,93	1,50	2,27	2,60	1,51-1,73 (1,62)
6	Участок Чашкатский. ЛТП №1-Комсомол	Групповая из 26 бороздовых	292,45	0,78	1,67	1,77	2,14-2,27 (2,20)
7	Участок Кедровский, ЛТП №3-1-Кедр	Групповая из 68 бороздовых	603,58	1,24	1,31	1,38	1,06-1,12 (1,09)
8	Участок Кедровский, ЛТП №3-2-Кедр	Групповая из 39 бороздовых	327,53	0,08	0,49	0,54	6,29-6,96 (6,62)
9	Участок Кедровский, ЛТП №3-Кедр	Групповая из 107 бороздовых	931,11	0,83	1,02	1,09	1,24-1,31 (1,28)
10	Участок Ортонский, ЛТП №1-1-Ортон	Групповая из 28 бороздовых	253,75	1,37	1,57	1,60	1,15-1,17 (1,16)
11	Участок Ортонский, ЛТП №1-2-Ортон	Групповая из 25 бороздовых	181,75	0,10	0,36	0,37	3,54-3,69 (3,61)
12	Участок Ортонский, ЛТП №1-1,2-Ортон	Групповая из 53 бороздовых	435,5	0,84	1,06	1,08	1,26-1,29 (1,27)
13	Участок Аномальный. ЛТП №3-Комсомол	Групповая из 40 керновых	160,66	0,13	0,91	1,15	7,02-8,82 (7,92)
14	Участок Пахомовский. ЛТП №2-Комсомол	Групповая из 68 керновых без золотой головки 4	217,7	1,77	3,2562	3,34	1,82-1,87 (1,85)
15	Участок Пахомовский. ЛТП №2-Комсомол	Групповая из 68 керновых с золотой головкой 4	218,5	1,82	6,38	6,46	3,51-3,55 (3,53)
16	Участок Кедровский, ЛТП №5-1-Кедр	Групповая из 28 керновых без золотой головки 4	142,76	2,78	2,62	2,66	0,94-0,96 (0,95)
17	Участок Кедровский, ЛТП №5-1-1-Кедр	Групповая из 28 керновых с золотой головкой 4	143,20	2,87	4,34	4,38	1,51-1,53 (1,52)



Продолжение таблицы 1

Моделирование геобъектов и геопроцессов

1	2	3	4	5	6	7	8
18	Участок Кедровский, ЛТП №5-2-Кедр	Групповая из 33 керновых	182,57	0,26	0,42	0,44	1,62-1,69 (1,65)
19	Участок Кедровский, ЛТП №5-1,2-1-Кедр	Групповая из 61 керновых без золотой головки 4	325,33	1,37	1,38	1,41	1,01-1,03 (1,02)
20	Участок Кедровский, ЛТП №5-1,2-2-Кедр	Групповая из 61 керновых с золотой головкой 4	325,77	1,41	2,14	2,17	1,52-1,54 (1,53)
21	Участок Кедровский, ЛТП №6-1-Кедр	Групповая из 50 керновых	214,41	1,27	1,62	1,66	1,28-1,31 (1,30)
22	Участок Кедровский, ЛТП №6-2-Кедр	Групповая из 15 керновых	71,69	0,07	0,64	0,73	9,14-10,42 (9,78)
23	Участок Кедровский, ЛТП №6-1,2-Кедр	Групповая из 65 керновых	286,10	0,97	1,37	1,43	1,42-1,47 (1,44)
Рудопоявление Покосное Шаманского рудного узла, Анзас-Кизасского золотоносного района Кандатской металлогенической зоны Западных Саян							
24	Покосное, ЛТП №1-2-покос	Групповая из 35 бороздовых	363,60	0,74	1,71	1,36	2,32-1,84 (2,08)
25	Покосное, ЛТП №1-1-покос	Групповая из 35 бороздовых	453,30	0,74	1,43	2,47	1,93-3,34 (2,64)
26	Покосное, ЛТП №3-1-покос	Групповая из 111 бороздовых	1506,8	0,31 (0,28)	0,552	0,738	1,78-2,38 (2,08)
27	Покосное, ЛТП №4-1-покос	Групповая из 31 бороздовых	401	0,49	0,852	1,046	1,74-2,14 (1,94)
28	Покосное, ЛТП №5-1-покос	Групповая из 45 бороздовых	317,80	0,94	1,357	1,808	1,44-1,92 (1,68)
29	Покосное, ЛТП №6-1-покос	Групповая из 91 керновых	467,46	0,37	0,927	0,891	2,41-2,51 (2,45)
30	Покосное, ЛТП №7-1-покос	Групповая из 74 керновых	443,64	0,59	0,647	0,702	1,10-1,19 (1,14)
31	Покосное, ЛТП №8-1-покос	Групповая из 35 керновых	183,83	0,49	0,671	0,762	1,369-1,555 (1,462)
32	Покосное, ЛТП №8-2-покос	Групповая из 19 керновых	113,17	0,26	0,635	0,672	2,44-2,58 (2,51)
33	Покосное, ЛТП №8-покос	Групповая из 54 керновых	297,0	0,40	0,657	0,727	1,642-1,819 (1,731)
Рудопоявления Успенское Верхнеамыльского рудного узла, Верхнеандреевское и Андреевское Хайлыкского рудного узла Куртушибинской металлогенической зоны Западных Саян							
34	Успенское, ЛТП №1-Амыл	Групповая из 47 бороздовых	416,32	0,61 (1,083*)	0,742	0,563	1,216-0,923 (1,069)
35	Успенское, ЛТП №2-1-Амыл	Групповая из 39 керновых	185,84	0,962	0,904	1,01	0,940-1,05 (0,995)
36	Успенское, ЛТП №2-2-Амыл	Групповая из 39 керновых (аналит. навески)	32,32	0,928	1,01	1,020	1,088-1,099 (1,094)
37	Верхнеандреевское, ЛТП №1-2-Хайлык	Групповая из 16 бороздовых	98,56	1,3	1,930	2,066	1,485-1,589 (1,537)
38	Андреевское, ЛТП №2-1-Хайлык	Групповая из 32 керновых	184,92	(1,18)*	0,928	0,920	0,786-0,780 (0,783)

Продолжение таблицы 1

1	2	3	34	5	6	7	9
	Золото-серебряное рудопроявление Водораздельное Алгаинско-Березовского рудного поля, Кабурчакского рудного узла, Тельбесского золото-серебро-железорудного района Горной Шории						
39	Зона Центральная, ЛТП №1-Алгаин	Групповая из 23 бороздовых	191,7	1,174/ 10,836**	1,3/ 9,16**	1,535/ 17,95**	1,11/0,85-1,18/1,66 (1,15/1,26)
	Ак-Мрасская минерализованная зона золото-кварцевых руд в березитизированных гранитоидах Тибечекского рудного поля Мрасского золотоносного района Горной Шории						
40	Ак-Мрасская зона, ЛТП №1-Тибечек	Групповая из 33 бороздовых	343,3	1,675	2,163	2,344	1,291-1,399 (1,345)
41	Ак-Мрасская зона, ЛТП №2-1-Тибечек	Групповая из 26 керновых	106,2	0,74	1,07	1,13	1,45-1,53 (1,49)

\* – по результатам спектрохимических анализов (заверенных позднее пробирными). Для отбора материала для первоочередных спектральных анализов производился просев пробы с нарушением технологии обработки проб дроблением с последовательным сокращением. Поэтому использование значений по данной пробе проблематично.

\*\* – данные по попутному серебру.

от 1,57 до 5,57 раз при повышении богатства руд от 0,58 до 17,4 г/т.

К настоящему времени (см. табл. 1) для рудопроявлений Ортон-Балыксинского золотоносного района определены истинные содержания золота по 12 ЛТП, составленным из крупнообъемных и бороздовых проб (выборка 1), а также по 11 ЛТП, составленным из керновых проб (выборка 2).

Диаграмма зависимости истинных от средних содержаний золота для выборки 1 характеризуется формулой полинома 2-ой степени:  $C_{ист} = 0,248C_{ср}^2 + 1,238C_{ср} - 0,022$ . При высоком коэффициенте аппроксимации ( $R^2 = 0,999$ ) она позволяет рассчитывать близкие истинным содержания в широком диапазоне средних значений от 0,07 до 17,4 г/т.

Диаграмма зависимости истинных и средних содержаний для выборки 2 характеризуется аппроксимирующим полиномом 2-й степени:  $C_{ист} = -0,298C_{ср}^2 + 2,154C_{ср} + 0,215$ . При значимом, но невысоком коэффициенте аппроксимации ( $R^2 = 0,507$ ) этой формулой характеризуется лишь диапазон средних содержаний от 0,07 до 2,87 г/т.

Поскольку величины  $C_{ист}$ , установленные по ЛТП, составленным из керновых и бороздовых проб, отличаются несущественно, то имеет смысл объединить данные по 23 ЛТП. Для единой диаграммы (рис. 3), построенной по представительной выборке из 23-х ЛТП в диапазоне средних содержаний от 0,07 до 17,4 г/т для рудопроявлений Ортон-Балыксинского золотоносного района предлагается следующая уточненная формула:  $C_{ист} = 0,262C_{ср}^2 + 1,010C_{ср} + 0,276$  при  $R^2 = 0,9945$ . Полученная эмпирическая формула позволяет статистически уточнять и прогнозировать

близкие истинным содержания в разведочных пересечениях и их совокупностях в минерализованных зонах, рудных залежах и подсчетных блоках золоторудных объектов Ортон-Балыксинского золотоносного района с целью повышения достоверности оценки прогнозных ресурсов и подсчета запасов.

Диаграмма зависимости истинных и средних содержаний для выборки 3, включающей 10 ЛТП участка Покосный Анзас-Кизасского рудного района Кандатской металлогенической зоны Западных Саян. Она характеризуется аппроксимирующим полиномом:  $C_{ист} = 0,542C_{ср}^2 + 1,165C_{ср} + 0,232$  при значимом, но невысоком коэффициенте аппроксимации ( $R^2 = 0,573$ ) в диапазоне значений средних содержаний от 0,26 до 0,94 г/т. К сожалению, при ревизионных работах 2009-2011 гг. не выявлено рудных пересечений с содержаниями в несколько г/т в залежи Центральная Покосного участка, хотя по работам предшественников такие пересечения были отмечены. С учетом всех имеющихся пересечений прогнозные ресурсы залежи Центральная при пересчете содержаний могут возрасти в 2 раза и превысят 32 т золота.

В выборку 4 вошли 8 единичных или парных ЛТП золото-сульфидно-кварцевых проявлений в гранитоидных дайках Верхнеамыльского и Хайлыкского рудных узлов Куртушибинской металлогенической зоны Западных саян, золото-кварцевых руд в березитизированных гранитоидах Тибечекского рудного поля Мрасского рудного района Горной Шории, золото-серебряного рудопроявления Водораздельное в вулканитах Алгаинско-Березовского рудного поля Тельбесского рудного района Горной



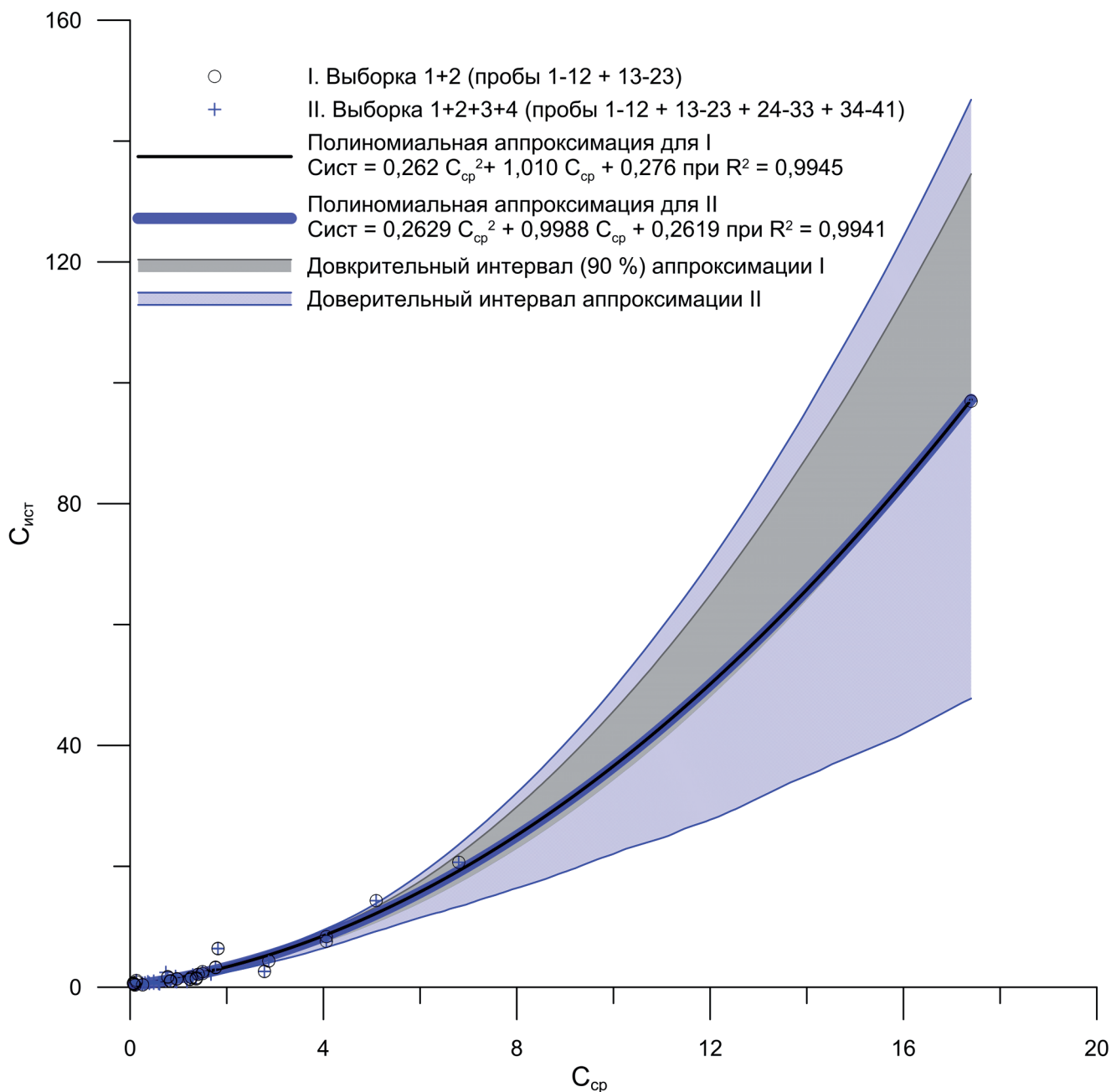


Рис. 3. Диаграмма соотношения истинных ( $C_{ист}$ ) и средних ( $C_{ср}$ ) содержаний золота, составленная по 41-й ЛТП золото-сульфидно-кварцевых рудопроявлений Ортон-Балыксинского и сопредельных золотоносных районов Алтае-Саянской металлогенической провинции

Шории. Диаграмма зависимости истинных и средних содержаний для выборки 4 при высоком коэффициенте аппроксимации ( $R^2 = 0,9857$ ) характеризуется полиномом лишь 4-й степени:  $C_{ист} = 44,632C_{ср}^4 - 139,24C_{ср}^3 - 152,37C_{ср}^2 - 67,314C_{ср} + 10,444$  в узком диапазоне значений средних содержаний от 0,6 до 1,3 г/т. Полиномы второй и третьей степеней имеют низкие ( $<0,5$ ) коэффициенты аппроксимации. Для выборки 4 имеются свои особенности, обусловленные нарушениями технологии составления и анализа групповых проб, изложенных в примечаниях к табл. 1 и работе «Способ определения средних содержаний золота в рудных телах» [9].

Поскольку выборки 2, 3 и 4 характеризуют лишь узкие интервалы средних содержаний, то они использованы для построения универсальной диаграммы на базе выборки 1 в широком диапазоне значений средних содержаний от 0,07 до 17,4 г/т (рис. 3). Эта универсальная диаграмма составлена по данным представительной выборки из 41 ЛТП золотоносных районов Алтае-Саянской провинции. Она характеризуется формулой:  $C_{ист} = 0,2629C_{ср}^2 + 0,9988C_{ср} + 0,2619$  при высоком коэффициенте аппроксимации ( $R^2 = 0,9941$ ). Эту формулу рекомендуется применять для оценки близких к истинным содержаний золота, на рудопроявлениях Алтае-Саянской провинции,

поскольку поправки к содержаниям для объектов различных районов незначительны.

Так, поправки к истинным содержаниям ( $\Delta C_{\text{ист}} = -0,001C_{\text{ср}}^2 + 0,011C_{\text{ср}} + 0,014$ ), определенные вычитанием из универсальной для Алтае-Саянской провинции частной для Ортон-Балыксинского района формул, хотя и показывают необходимость исследований групповых проб для объектов каждого рудного района, но в целом эти поправки незначительны. Так, при  $C_{\text{ср}} = 10$  г/т поправка  $\Delta C_{\text{ист}} = 0,024$  г/т. При более низких  $C_{\text{ср}}$  эти поправки еще меньше.

Не подлежит сомнению, что для достоверного подсчета запасов или оценки прогнозных ресурсов конкретного рудного блока, тела или минерализованной зоны среднее содержание следует заменять истинным после экспериментального определения последнего по балансу золота в продуктах гравитационного обогащения групповой пробы, составленной из полных масс рядовых проб разведочного пересечения или их совокупности.

Поскольку в пределах поисковых участков затраты на отбор и исследование групповых проб проектами предусматриваются не для всех разведочных пересечений, то по аналогии для повышения достоверности оценки прогнозных ресурсов средние содержания с учетом богатства руд следует заменять близкими истинным, определяемым по диаграммам и формулам. Такая же замена необходима для вновь обнаруженных объектов для решения задачи по повышению достоверности оценки прогнозных ресурсов и подсчета запасов.

В качестве примера для упрощенных геологических блоков 16 рудных залежей, обнаруженных на участке Кедровский, где рядовые пробы большинства разведочных пересечений были сгруппированы в 5 групповых ЛТП, по данным рядового опробования проведена оценка прогнозных ресурсов золота категории  $P_1$  при различных бортовых ( $C_{\text{борт}}$ ) содержаниях (табл. 2), а именно: 23,8 т при  $C_{\text{борт}} 0,2$  г/т и  $C_{\text{ср}} = 1,4$  г/т; 22,0 т при  $C_{\text{борт}} 0,4$  г/т и  $C_{\text{ср}} = 1,74$  г/т; 19,2 т при  $C_{\text{борт}} 0,8$  г/т и  $C_{\text{ср}} = 2,39$  г/т; 16,4 т при  $C_{\text{борт}} 1,6$  г/т и  $C_{\text{ср}} = 3,75$  г/т.

При пересчете содержаний по формуле:  $C_{\text{ист}} = 0,262C_{\text{ср}}^2 + 1,010C_{\text{ср}} + 0,276$ , учитывающей данные по выборке из 23-х обработанных ЛТП рудопроявлений Ортон-Балыксинского района, в том числе 5-ти ЛТП по Кедровскому участку, оценка прогнозных ресурсов категории  $P_1$  изменилась (см. табл. 2), а именно: 37,4 т при  $C_{\text{борт}} 0,2$  г/т и  $C_{\text{ср}} 2,21$  г/т. Прогнозные ресурсы оцениваются 35,8 т при  $C_{\text{борт}} 0,4$  г/т и  $C_{\text{ср}} 2,83$  г/т; 33,6 т при  $C_{\text{борт}} 0,8$  г/т и  $C_{\text{ср}} 4,19$  г/т; 33,9 т при  $C_{\text{борт}} 1,6$  г/т и  $C_{\text{ср}} 7,76$  г/т. При этом прогнозные ресурсы и качество руд возросли в среднем в 1,754 раза, при колебаниях коэффициента коррекции в пределах

от 1,574 до 2,067 в зависимости от богатства руд, определяемого бортовыми содержаниями. При апробации прогнозных ресурсов участка Кедровский категории  $P_2$  80 т золота экспертами ФГУП ЦНИГРИ в 2007 году был принят минимальный коэффициент коррекции 1,5, который в целом подтвердился и был превышен по данным проведенных дополнительных исследований еще по 3-м ЛТП и их самостоятельным частям.

Для оконтуренных по бортовому содержанию 0,2 г/т рудных тел и минерализованных зон Чашкатского участка по результатам рядового опробования были оценены прогнозные ресурсы категории  $P_1$  11,6 т Au в 4,765 млн т руды со средним содержанием 2,43 г/т и категории  $P_2$  3,2 т Au. в 1,125 млн т руды со средним содержанием 2,82 г/т. Часть разведочных пересечений этого участка была охарактеризована групповой пробой ЛТП №1-Комсомол, по которой  $C_{\text{ист}}$  превысило  $C_{\text{ср}}$  в 2,2 раза.

При пересчете содержаний по формуле:  $C_{\text{ист}} = 0,262C_{\text{ср}}^2 + 1,010C_{\text{ср}} + 0,276$ , учитывающей данные по выборке из 23 обработанных ЛТП рудопроявлений Ортон-Балыксинского района, в том числе 1 ЛТП по Чашкатскому участку, оценка прогнозных ресурсов возросла, а именно: категории  $P_1$  22,4 т при  $C_{\text{борт}} 0,2$  г/т и  $C_{\text{ист}} 4,71$  г/т; категории  $P_2$  5,9 т при  $C_{\text{борт}} 0,2$  г/т и  $C_{\text{ист}} 5,25$  г/т. Переоцененные по результатам группового опробования прогнозные ресурсы почти в 2 раза превышают таковые, рассчитанные по  $C_{\text{ср}}$  рядового опробования. Участок Чашкатский после переоценки предстал в качестве среднего по размерам коренного золоторудного объекта с богатыми рудами, допускающими отработку комбинированным способом.

На участке Пахомовский большинство разведочных пересечений минерализованных зон включены в состав групповой пробы ЛТП №2-Комсомол массой 217,7 кг с расчетным средним содержанием 1,79 г/т. Технологические исследования этой ЛТП, как и большинства других групповых проб, проведены на установке ОАО «ТулНИГП» по схеме непрерывного гравитационного обогащения с извлечением самородного золота и определением содержаний металла в тонких продуктах обогащения пробирными анализами и заверочным цианированием навесок массой 400 г. Получено балансовое содержание золота или  $C_{\text{ист}} = 3,34$  г/т, которое в 1,87 раза превысило  $C_{\text{ср}} = 1,79$  г/т.

Важно отметить, что этот экспериментально полученный  $K_d = 1,87$  оказался ниже, чем по ЛТП №1-Комсомол ( $K_d = 2,20$ ), составленной из борздовых проб, более представительных по массе, чем керновые. Причиной занижения  $K_d$ , по-видимому, является исключение из состава ЛТП №2-Комсомол

Таблица 2

Оценка прогнозных ресурсов категории P<sub>1</sub> при бортовом содержании 0,2 г/т рудных залежей участка Кедровский по результатам рядового и группового опробования

№ рудного тела	Параметры подсчетного блока			Мощность истин., м	Объем рудного блока, тыс. м <sup>3</sup>	Коэффициент рудоности	Объем раб. блока с учетом коэф. рудоности, тыс. м <sup>3</sup>	Объемная масса, т/м <sup>3</sup>	Ресурсы руды, тыс. т	Среднее содержание Au, г/т	Прогнозные ресурсы Au, кг(P)	Истинное содержание Au, г/т	Прогнозные ресурсы Au, кг
	Длина по простиранию, м	Длина по падению, м	Площадь блока, тыс. м <sup>2</sup>										
1	285	155	44	18	817	0,73	596	2,81	1676	1,03	1727	1,594	2672
2	190	210	39	29	1181	0,73	862	2,81	2422	1,40	3392	2,204	5338
3	240	170	40	25	1024	0,73	747	2,81	2100	2,64	5546	4,768	10017
4	385	210	80	8	695	0,73	507	2,81	1426	2,39	3409	4,186	5971
5	180	100	18	11	212	0,73	155	2,81	435	0,85	370	1,324	576
6	180	100	18	10	187	0,73	136	2,81	384	0,35	134	0,662	254
7	265	100	26	10	275	0,73	201	2,81	565	1,21	684	1,882	1063
8	1180	100	118	8	1038	0,73	758	2,81	2130	1,17	2492	1,816	3868
9	300	145	43	9	391	0,73	285	2,81	803	1,87	1502	3,081	2474
10	180	190	34	7	239	0,73	174	2,81	491	0,46	226	0,796	390
11	290	100	29	9	272	0,73	199	2,81	559	0,96	537	1,487	831
12	280	60	16	11	193	0,73	141	2,81	396	0,52	206	0,872	345
13	220	130	28	5	148	0,73	108	2,81	305	0,80	244	1,252	381
14	980	90	88	12	1076	0,73	785	2,81	2207	0,49	1082	0,834	1840
15	180	275	49	6	311	0,73	227	2,81	639	1,71	1094	2,769	1771
16	155	80	12	15	192	0,73	140	2,81	394	2,83	1116	5,233	2063
<b>Всего по 16 рудным телам</b>									<b>16937</b>	<b>1,40</b>	<b>23760</b>	<b>2,208</b>	<b>37404</b>

образца керна с крупными (до 5 мм) выделениями самородного золота (рис. 4).

Этот образец был взят при геологической документации керна скважины № 15 из состава рядовой креновой пробы № 3493, показавшей без него содержание 7,69 г/т. Раздробить музейный образец, чтобы извлечь из него золото не было дозволено.

Количество золота в этом образце, который условно в балансе продуктов обогащения рассматривается в качестве золотой «головки» 4, полученной «ручной рудоразборкой», было определено по разнице плотностей его золотоносной и слабо золотоносной частей. Длина образца 15 см, а масса – 844 г. Определение плотностей руд, вмещающих крупные включения золота и без таковых, было осуществлено в лаборатории ОАО «Минусинская ГРЭ». Для этого образец был распилен на 2 части.

Первая часть образца, не содержащая крупных выделений золота, имела массу в воздухе  $m_1 = 323,52$  г, а в воде –  $m_1^1 = 210,20$  г. По разнице масс объем этой части образца составил  $V_1 = 113,32$  см<sup>3</sup>, а плотность –  $D_1 = 2,855$  г/см<sup>3</sup>. Вторая часть образца с крупными выделениями золота имела массу в воздухе  $m_2 = 520,87$  г, а в воде –  $m_2^1 = 337,85$  г. По разнице масс объем этой части образца составил  $V_2 = 181,06$  см<sup>3</sup>, а плотность –  $D_2 = 2,877$  г/см<sup>3</sup>. Для определения массы крупного золота ( $C_{зол}$ ) было составлено уравнение, учитывающее разность плотностей золотоносной и слабо золотоносной частей образца при известной плотности химически чистого золота  $D_{зол} = 19,621$  г/см<sup>3</sup>:

$$D_2 m_2 = (m_2 - C_{зол}) D_1 + D_{зол} C_{зол}$$



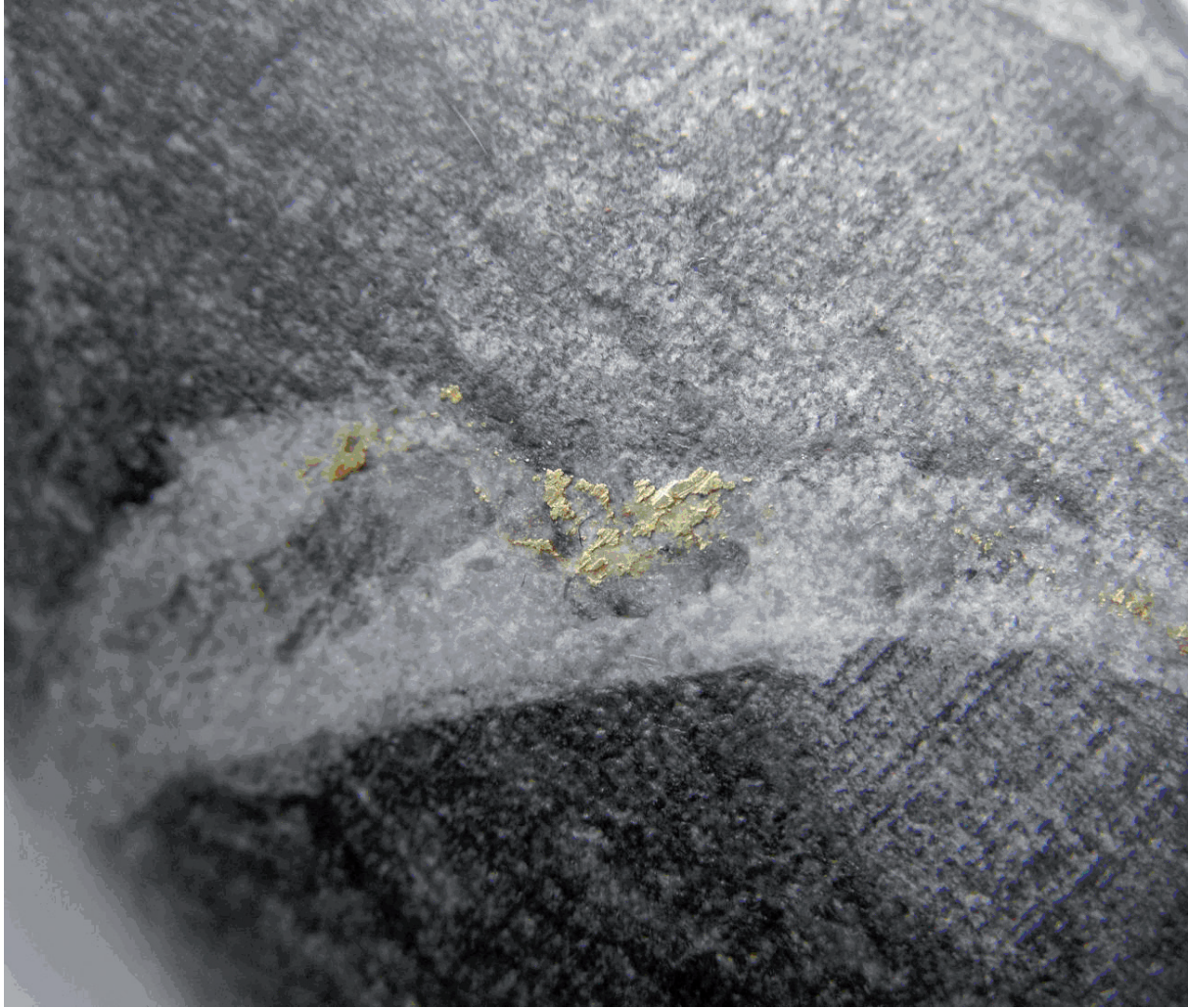


Рис. 4. Самородное золото в кварцевом прожилке. Участок Пахомовский, скважина 15, глубина 69,0 м, увеличение 6X. Фото В.О. Конышева

Из уравнения следует, что:  $C_{\text{зол}} = m_2 (D_2 - D_1) / (D_{\text{зол}} - D_1)$ . Решая уравнение, получим:  $C_{\text{зол}} = 520,87 \cdot (2,877 - 2,855) / (19,621 - 2,855) = 0,684$  г. Если учесть определенные расчетом 684 мг крупного золота в технологических показателях, то баланс золота, рассчитанный по продуктам гравитационного обогащения существенно изменится. В частности, на массу обеих частей образца (844 г) возрастет расчетная масса ЛТП №2-Комсомол (с 217,7 до 218,5 кг) и расчетное содержание золота в ней на 0,03 г/т за счет увеличения массы рядовой пробы № 4393 (7,69 г/т  $\times$  0,844 кг / 218,5 кг = 0,03 г/т).

На Пахомовском участке буровыми работами выявлено 3 залежи оконтуренные по бортовому содержанию 0,2 г/т. Длина залежей варьирует от 320 до 1100 м, истинная мощность – от 3,1 до 10,3 м, средние содержания – от 1,38 до 2,11 г/т и прогнозные ресурсы категории  $P_1$  – от 277 до 9279 кг золота.

$C_{\text{ист}} = 3,34 - 6,46$ , определенное по групповой пробе ЛТП № 2-Комсомол, составленной из полных масс 68 керновых проб большинства разведочных пересечений рудных залежей участка Пахомовский, откорректировано по формуле  $C_{\text{ист}} = 0,262C_{\text{ср}}^2 + 1,010C_{\text{ср}} + 0,276$ , которой аппроксимированы с высоким коэффициентом корреляции статистические зависимости  $C_{\text{ист}}$  от  $C_{\text{ср}}$  в зависимости от богатства руд по выборке из 23-х обработанных ЛТП рудопроявлений Ортон-Балыксинского района.

Рассчитанные по формуле  $C_{\text{ист}}$  в 3-х рудных телах составили 2,17, 3,57 и 2,38 г/т, соответственно. Для этих тел оценены суммарные прогнозные ресурсы категории  $P_1$  23,2 т Au при  $C_{\text{ист}} = 2,22$  г/т. Оцененные по  $C_{\text{ист}}$  прогнозные ресурсы участка Пахомовский превышают расчетные по  $C_{\text{ср}}$  в 1,58 раза.

На участке Аномальный канавой № 48 вскрыта минерализованная зона видимой мощностью 55,5 м

со средним содержанием 0,77 г/т, определенном по 2 рядам сопряженных бороздовых проб. По скважине № 27 эта зона имела среднее содержание 0,13 г/т по пробирным анализам 40 керновых проб, из которых была составлена групповая проба ЛТП № 3-Комсомол. При обогащении этой групповой пробы (см. табл. 1, пункт 13) получено  $C_{ист} = 1,03$  г/т, что в 7,92 раза превысило  $C_{ср}$ , но оказалось сопоставимым со средним содержанием, полученным по бороздовому опробованию полотна канавы № 48 [10].

При принятой протяженности по простиранию 400 м, по падению – 200 м, истинной мощности 48,4 м объем минерализованной зоны участка Аномальный составил 3376 м<sup>3</sup>, масса руды – 9217 тыс. т, прогнозные ресурсы категории  $P_2$  9,5 т Au при истинном содержании 1,03 г/т. Применение формулы  $C_{ист} = 0,262C_{ср}^2 + 1,010C_{ср} + 0,276$ , учитывающей результаты обогащения по выборке из 23 обработанных ЛТП рудопроявлений Ортон-Балыксинского района, для переоценки прогнозных ресурсов здесь не рационально, хотя при  $C_{ср} = 0,77$  г/т по канаве № 48  $C_{ист}$  по формуле оценивается в 1,24 г/т. Тогда среднее  $C_{ист}$  по 2 разведочным пересечениям составит 1,14 г/т. При этом прогнозные ресурсы категории  $P_2$  достигнут 11,4 т золота.

Для месторождения Федоровское 1 прогнозные ресурсы также могут быть уточнены применением формулы  $C_{ист} = 0,262C_{ср}^2 + 1,010C_{ср} + 0,276$ , учитывающей результаты обогащения по выборке из 23 обработанных ЛТП рудопроявлений Ортон-Балыксинского района. При протяженности по простиранию 1560 м, падению 224 м, истинной мощности 66 м объем минерализованной зоны составит 19,2 млн м<sup>3</sup>, а масса руды – 52,4 млн т. При  $C_{ср} 1,13$  г/т по 5 тысячам рядовых проб по той же рабочей формуле определяем  $C_{ист} = 1,75$  г/т. Крупнообъемная залежь месторождения Федоровское 1 имеет уточненные прогнозные ресурсы категории  $P_1$  91,8 т золота. Это один из самых крупных объектов Ортон-Балыксинского рудного района.

Суммарные прогнозные ресурсы золотоносного района, при легитимном использовании Патента RU №2383889С1 «Способ определения среднего содержания золота в рудных телах» по методу извлечения металла в продукты обогащения из групповых проб, составленных из полных масс рядовых проб разведочных пересечений, могут достичь следующих значений: категории  $P_1$  – 174,8 т, категории  $P_2$  – 87,3 т и категории  $P_3$  – 313 т при содержаниях от 1,41 до 4,81 г/т.

Оценка близких к истинным содержаниям с вероятностью 100% может производиться не только по диаграммам и формулам зависимости  $C_{ист}$  от  $C_{ср}$ , но и с помощью коэффициентов коррекции на

достоверность рядового опробования (Кд). В физическом смысле эти коэффициенты коррекции представляют собой величины, обратные вероятности (достоверности:  $D = C_{ср}/C_{ист}$ ) определения истинных содержаний золота при рядовом опробовании ( $Kд = C_{ист}/C_{ср}$ ). Для объектов Ортон-Балыксинского золотоносного района достоверность рядового опробования определялась экспериментально пределами от 18 до 92% (среднее 52% по 12 групповым пробам) при бороздовом и крупнообъемном опробовании, и от 10 до 100% (среднее 59% по 11 групповым пробам) при керновом опробовании диаметром 50 мм в зависимости от богатства руд.

В то же время полученные диаграммы соотношения Кд и  $C_{ср}$  хорошо корреспондируются с последовательными кривыми восстановления давления и падения давления, описывающими процессы при гидродинамических исследованиях скважин, в том числе и при гидравлическом разрыве пласта, или процессами зарядки-разрядки конденсатора в электротехнике, а, в более общем случае, релаксации в материалах по модели Кельвина-Фойгта (рис. 5) [15], принятой авторами в данном случае. В рамках этой модели описывается природное явление, учитывающее процесс нагнетания рудного вещества в рудовмещающий комплекс пород с образованием золотоносных метасоматитов на первой стадии с последующей релаксацией напряженного состояния на второй стадии с образованием в метасоматитах трещин, заполненных прожилками и жилами кварца с видимым золотом (см. рис. 4).

Процесс восстановления системы после некоторого возмущения, который описывается экспоненциальным выражением  $Kд0 = Kд0' * (1 - EXP(-C_{ср}/tau))$  или  $Kд0 = Kд0' * EXP(-C_{ср}/tau)$ . Первое выражение описывает вынужденный процесс перехода системы в новое состояние равновесия – соответствует левой части нашей диаграммы. Второе выражение описывает самопроизвольный процесс возвращения системы в положение равновесия – соответствует правой части нашей диаграммы. Обобщенная же диаграмма соотношения коэффициента коррекции и среднего содержания золота в рудном теле по рядовому опробованию определяется соответственно как для левой части –  $Kд = Kд' - Kд0' * (1 - EXP(-C_{ср}/tau))$ . Для правой части – аналогично с учетом второго выражения  $Kд = Kд' - Kд0' * EXP(-C_{ср}/tau)$ . В нашем случае  $Kд0' = const1$ ,  $tau = const2$ ,  $Kд' = const3$  определяются «свойствами рудообразующей среды» (рис. 6).

В диаграмме соотношения коэффициента коррекции и среднего содержания золота в рудной пробе, в зависимости от богатства руд по средним содержаниям подобраны экспоненциальные

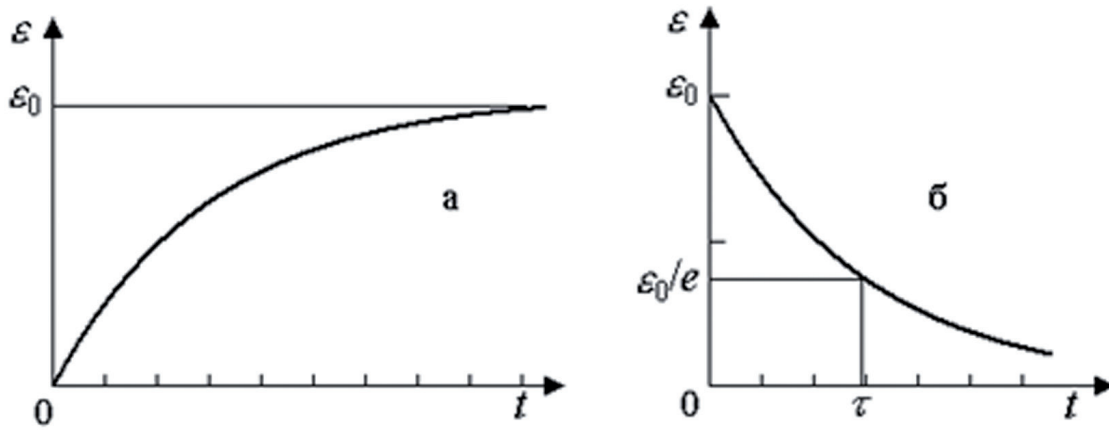


Рис. 5. Модель Кельвина-Фойгта. Диаграмма релаксации деформации.  
 а) нарастание деформации до снятия приложенного напряжения в момент времени  $t$ ;  
 б) релаксация деформации после снятия приложенного напряжения

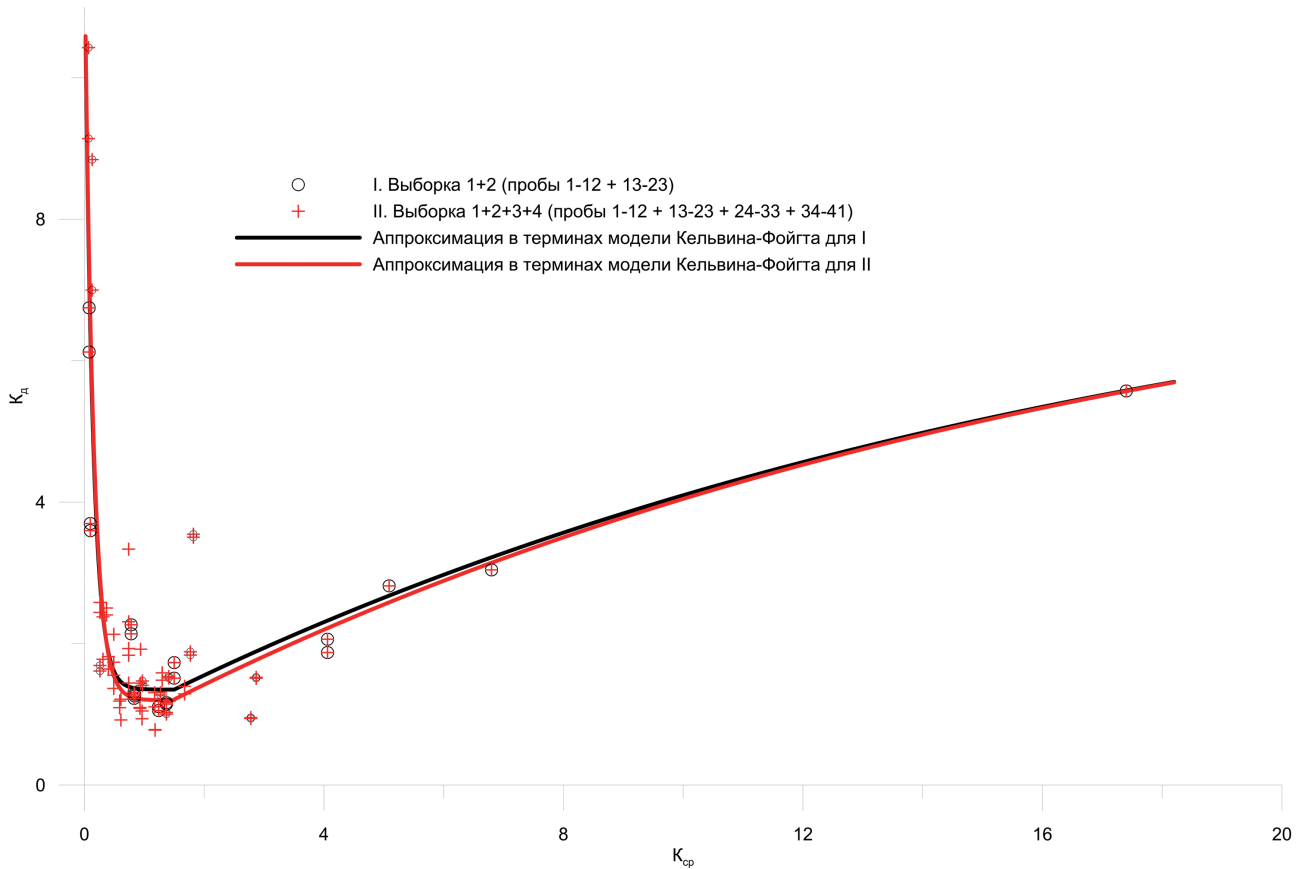


Рис. 6. Диаграмма соотношения коэффициента коррекции ( $K_d$ ) и средних ( $C_{cp}$ ) содержаний золота, составленная по 41-й ЛТП золото-сульфидно-кварцевых рудопроявлений Ортон-Балыксинского и сопредельных золотоносных районов Алтае-Саянской металлогенической провинции



части кривых для области убогих метасоматических руд и области относительно богатых прожилково-вкрапленных и жильных руд, залегающих в оторочке метасоматитов для выборок Ортон-Балыксинского района и обобщенной с рудопроявлениями сопредельных районов Алтае-Саянской провинции. Их сопоставление различает особенности реализации рудного процесса.

*Способ определения среднего содержания золота в рудных телах* (RU № 2383889) [9] решает основную проблему опробования – определение истинного содержания Au в геологических блоках запасов, рудных телах, разведочных пересечениях минерализованных зон или их совокупностях для достоверного подсчета запасов и оценки прогнозных ресурсов.

По этому способу истинные содержания Au определяются по балансу золота, извлеченного в продукты гравитационного обогащения. В отличие от традиционных методов [2-6, 11-14, 16, 17] для этого используются не единичные рядовые пробы или их части, а групповые пробы, составленные из полных масс всех рядовых проб, характеризующих геологический блок запасов, рудное тело, разведочное пересечение минерализованной зоны или всю их совокупность. Предварительное оконтуривание рудных тел при этом производится по данным пробирных анализов рядовых проб по общепринятой методике [11].

Масса групповой пробы (150-300 кг и более) включает полные массы >30 керновых или бороздовых рядовых проб и статистически достоверно характеризует рудное тело или блок запасов в целом. Она представительна для частиц золота любой крупности.

Балансовое содержание Au, извлеченного в продукты гравитационного обогащения из совокупностей полных масс рядовых проб, устраняет необходимость каким-либо другим способом учитывать единичные ураганные значения и гнезда золота в перемешанных рудах групповой пробы. Понятие «ураганная проба» [5] уходит в прошлое. Необходимость ограничения таких проб весьма сомнительна для золоторудных объектов, поскольку в мелких гнездах и бонанцах, занимающих до 5% крупнообъемных рудных тел, сосредоточена преобладающая часть (99%) запасов золота, как это установлено исследованиями на месторождении Федоровское 1 [6].

Охарактеризованным способом решается основная проблема опробования – определение средних содержаний Au в рудных телах, а не уточнение содержаний в рядовых единичных пробах. Его преимущество заключается в возможности обработки групповой пробы, отражающей усредненный для рудного тела состав, в течение 1-2 суток

на полупромышленной гравитационной установке с одновременным изучением технологических свойств руды. При этом в тысячи раз сокращается количество анализов, предусмотренных методиками обогащения единичных проб, в том числе большого числа законтурных.

Ограничительными пересчетами «ураганных» значений ранее искусственно удалялись самородки, гнезда и бонанцы золота и оставлялась лишь убого золотоносная матрица с содержаниями Au, часто не достигающими минимальных промышленных значений. Все это приводило к искажению геолого-экономической значимости и исключению многих перспективных объектов с видимым золотом из активной сферы геологоразведочных работ.

В перемешанных рудах групповых проб в полной мере учитывается не только «эффект самородков», но и влияние включений «некондиционных» руд и пустых пород как естественных элементов крупнообъемных рудных тел.

При определении истинного содержания Au в рудном теле достигается близкая к 100% достоверность, поскольку обогащается полная масса всей совокупности бороздовых или керновых проб, характеризующих рудное тело. Других проб на данной стадии геологоразведочных работ просто не существует. Точнее определить содержание Au, чем по балансу его в продуктах обогащения всей совокупности масс рядовых проб, также не представляется возможным.

Погрешность определения содержания Au по групповой пробе не превышает 10%, поскольку в нее не входят навески для анализов массой ~1 кг от каждой рядовой бороздовой пробы [6, 8], отбор которых предусмотрен стандартной методикой разведки. Для керновых проб в зависимости от диаметра колонкового бурения погрешность может быть ниже или выше. Если дополнительно извлечь золота из совокупностей навесок, оставшихся после производства пробирных анализов, то погрешность опробования может быть сведена к нулю.

### Выводы

Используя «Способ определения среднего содержания золота в рудных телах», защищенный Патентом на изобретение RU № 2383889 С1. 10.03.2010, сопоставлены истинные и средние содержания золота по экспериментальным исследованиям 41 групповых проб золоторудных объектов Ортон-Балыксинского и сопредельных золотоносных районов Алтае-Саянской металлогенической провинции. По результатам исследований разработаны рабочие диаграммы и формулы, позволяющие по результатам рядового опробования невысокой достоверности

оценивать истинные содержания в рудных объектах с крупным и гнездовым распределением золота.

Для оценки коэффициентов коррекции на достоверность рядового опробования предложена модель нагнетания вещества при метасоматозе с последующей релаксацией пластических напряжений в образование трещин, запаянных высококонцентрированным флюидом-расплавом, раскристаллизованным в кварцевые прожилки богатые золотом. Процесс описывается в рамках модели Кельвина-Фойгта. По эмпирическим данным подобраны экспоненциальные диаграммы, описанные формулами, позволяющими определять коэффициенты коррекции к средним содержаниям золота на стадии нагнетания вещества и стадии релаксации напряженного состояния. Для области убогих метасоматических руд и области относительно богатых прожилково-вкрапленных руд подобраны экспоненциальные диаграммы соотношения Кд и средних содержаний. Эти диаграммы позволяют определять Кд к средним содержаниям золота в разведочных пересечениях, по которым отбор и обогащение групповых проб не предусматривались на стадии поисковых работ при оценке прогнозных ресурсов.

Построенные диаграммы и рабочие формулы позволили выполнить переоценку прогнозных ресурсов золоторудных объектов Ортон-Балыксинского и смежных районов Алтае-Саянской металлогенической провинции.

Использование методики по определению истинных содержаний в соответствии с классификацией запасов и прогнозных ресурсов золоторудных объектов предлагается в следующих областях:

- для классификации прогнозных ресурсов категории  $P_3$ , когда золотоносные узлы и площади в рудных районах прогнозируются по поисковым критериям и признакам при неполных характеристиках основных параметров рудопроявлений, близкие к истинным содержания золота принимаются по аналогии с объектами изученных рудных узлов золотоносных районов;
- для классификации прогнозных ресурсов категории  $P_2$ , когда на рудных полях вблизи дневной поверхности поисковыми выработками установлены единичные разведочные пересечения, достаточно определить истинное содержание золота по одной групповой пробе, составленной из полных масс рядовых проб окисленных руд одного или полной совокупности разведочных пересечений. По разведочным пересечениям, не охарактеризованным подобным групповым опробованием, следует использовать средние содержания, установ-

ленные по результатам рядового опробования. Допускается их корректировка по аналогии с изученными рудными полями с использованием установленных формул и диаграмм и отнесением прогнозных ресурсов также к категории  $P_2$ ;

- для классификации прогнозных ресурсов категории  $P_1$ , когда рудные залежи вскрыты вблизи дневной поверхности редкой сетью поисковых канав и прослежены единичными скважинами на глубину, необходимо и достаточно определить истинные содержания золота по двум групповым пробам, объединяющим совокупности разведочных пересечений одного или нескольких рудных тел отдельно для природных типов окисленных и первичных руд. По разведочным пересечениям, не охарактеризованным подобным групповым опробованием, используются средние содержания, установленные по результатам рядового опробования. Допускается их корректировка по аналогии с изученными залежами рудопроявлений.

Для уточнения инвестиционной привлекательности проектов освоения участков Ортон-Балыксинского района сопоставлены оцененные по истинному содержанию с апробированными прогнозными ресурсами по данным рядового опробования. Установлено занижение истинных содержаний и прогнозных ресурсов Au рядовым опробованием в 1,2-2 раза. Рекомендовано использование диаграмм и формул, как инструмента для оперативного определения ожидаемых близких к истинным содержания Au по расчетным средним в разведочных пересечениях при оценке прогнозных ресурсов.

Локализованные прогнозные ресурсы Ортон-Балыксинского рудного района, расположенного в благоприятной экономической обстановке могут быть положены в основу разработки крупного инвестиционного проекта. Через пос. Балыксу проходит действующая электрифицированная железная дорога Абакан – Новокузнецк. В непосредственной близости разрабатываются железорудные скарновые месторождения. Имеются квалифицированные кадры для производства горных работ, как на территории Кузбасса, так и Республики Хакасия.

Применение разработанного способа определения истинных содержаний Au в рудных телах позволит переоценить многие объекты России с крупными выделениями золота.

Авторы выражают искреннюю благодарность руководству и сотрудникам ОАО «ТулНИГП», обеспечившим качественные технологические исследования во главе с М.Н. Сычевой, руководителю «Хакаснедра» В.В. Кяргину, начальнику произ-

водственного отдела А.А. Булатову, генеральному директору ООО «СибГео» В.К. Кондрину, главным геологам Е.А. Белоножке и И.Ю. Крутошинскому, ведущим геологам А.М. Цепкову, А.В. Королеву, С.А. Романовичу, геологам Ф.Ф. Панину, Л.Е. Тюриной за поддержку направления исследований по совершенствованию методики опробования руд с крупным золотом на территории Ортон-Балыксинского рудного района.

**Ключевые слова:** Кузнецкий Алатау, Ортон-Балыксинский золотоносный район, золоторудный участок, минерализованная зона, разведочное пересечение, групповая проба, истинное содержание Au, прогнозные ресурсы, модель Кельвина-Фойгта.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Алабин Л.В., Калинин Ю.А. Металлогения золота Кузнецкого Алатау. – Новосибирск : СО РАН, 1999.
2. Савосин М.Н., Саклаков В.А., Захваткин В.А. Временное методическое руководство по обработке геологических проб золоторудных месторождений с предварительным извлечением металла. – М. : ЦНИГРИ, 1975.
3. Кавчик Б.К. Схемы пробоподготовки при пробирном анализе на золото // Золотодобыча. – 2008. – № 119. – С. 12-14.
4. Казимиров М.П., Никитенко Е.М., Лукиных В.Е., Новикова Т.М. Применение технологических методов пробоподготовки для оценки запасов большеобъемных золоторудных объектов на примере Наталкинского месторождения // Золотодобыча. – 2008. – № 119. – С. 16-21.
5. 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.
6. Коньшев В.О. О граничных условиях определения золота методом предварительного извлечения // Отечественная геология. – 2005. – № 3. – С. 84-87.
7. Коньшев В.О. Федоровско-Кедровское золоторудное поле – литолого-стратиграфический контроль золотоносности // Отечественная геология. – 2006. – № 2. – С. 13-20.

8. Коньшев В.О. Пути повышения достоверности опробования руд с крупным золотом // Руды и металлы. – 2007. – № 2. – С. 40-54.
9. Способ определения среднего содержания золота в рудных телах : патент на изобретение RU № 2383889 С1 / В.О. Коньшев, С.С. Варганян, А.Г. Горелов ; заявл. 16.09.2008 ; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 7.
10. Коньшев В.О. К методике оценки содержаний Au в рудопроявлениях с крупным золотом Ортон-Балыксинского района, Кузнецкий Алатау // Руды и металлы. – 2014. – № 2. – С. 46-66.
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. Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р./ Золото рудное. ГКЗ, 2007 – 50 с.
13. Многофакторная модель крупнообъемного золоторудного месторождения Дегдекан (Магаданская область) / Б.К. Михайлов, С.Ф. Стружков, Н.Б. Цимбалюк и др. // Отечественная геология. – 2010. – № 2. – С. 20-31.
14. Романчук А.И., Богомолов В.А., Никитенко Е.И., Кушнарев П.И. Сравнительная оценка достоверности определения содержания золота в рудах Дегдеканского рудного поля традиционным пробирным анализом и по методике с предварительным гравитационным концентрированием свободного золота // Недропользование XXI век. – 2011. – № 3. – С. 58-63.
15. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии Поверхностные явления и дисперсные системы – М : Химия, 1988. – 464с.
16. Dominy S.C., Platten I.M. Gold particle clustering: a new consideration in sampling applications // Applied Earth Science (Trans. Inst. Min. Metall. B). – 2007. – V. 116 – Issue 3. – P. 130-142.
17. Pitard F.F. Sampling Theory and Methods. A short Course presented at the University of the Witwatersrand. – 2006. – October.