

УДК 553.411.043 (571.5)

© В.О.Коньшев, 2014

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЙ Au В РУДОПРОЯВЛЕНИЯХ С КРУПНЫМ ЗОЛОТОМ ОРТОН-БАЛЫКСИНСКОГО РАЙОНА, КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ

В.О.Коньшев (ФГУП «ЦНИГРИ»)

Установлена невысокая достоверность рядового опробования при оценке рудопроявлений с крупным золотом. Выявлено, что абсолютные погрешности определения рядовым опробованием средних содержаний Au повышаются не только с возрастанием богатства руд, но и в пробах с низкими содержаниями металла. Для керновых проб с поперечными сечениями в 2,5 раза меньшими, чем для бороздовых проб, установлены более высокие коэффициенты занижения истинных содержаний. Обосновывается необходимость использования этих коэффициентов для коррекции средних содержаний Au в рудных телах.

Ключевые слова: золоторудный участок, минерализованная зона, разведочное пересечение, групповая проба, истинное содержание Au, прогнозные ресурсы.

Коньшев Вилли Оттович, villi.konishev@gmail.com

TECHNIQUE OF GRADE EVALUATION IN COARSE GOLD OCCURENCES WITHIN ORTON-BALYKSI AREA, KUZNETSKY ALATAU

V.O.Konyshv

Reliability of ordinary sampling in evaluation of coarse gold occurrences was found to be low. It was determined that absolute errors for average gold grade assessment by ordinary sampling increase not only as ore grades enhance but also for low metal grade classes. For core samples with cross-sections 2,5 times less than for channel samples, higher rates of true grade understatement were found. The need to use these rates to correct average grades in orebodies.

Key words: gold field, mineralized zone, exploratory intersection, bulk sample, true gold grade, inferred resources.

Ортон-Балыксинский золотоносный район в пределах Мартайгинско-Верхнелебедской металлогенической и одноименной структурно-формационной зон Кузнецкого Алатау [1] в палеотектоническом плане 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 кундустульского комплекса (рис. 1). Этап коллизионного, или раннеорогенного, развития каледонид Кузнецкого Алатау завершился становлением среднекембрий-

Рис. 1. Прогнозная карта золотоносности северо-восточной части Ортон-Балыксинского рудного района, составлена с использованием материалов ООО «СибГео» (Е.А.Белоножко, 2011) и ОАО «Минусинская ГРЭ» (Ю.В.Беспалов, 1997, 2001):

1 — D_1trl_2 , красноцветные песчаники, алевролиты, туфопесчаники, линзы конгломератов, лавобрекчий, покровы андезитовых, андезит-базальтовых порфиров, >200 м; 2 — D_1trl_1 , афанитовые оливиниты, диабазы, лиловые андезит-лабрадоритовые порфиры, плагиопорфиры, линзы туфов, песчаников, туфопесчаников, в основании линзы конгломератов, 800 м; 3 — D_1kt , оливиниты, андезит-лабрадоритовые порфиры, фельзиты, плагиопорфиры, слои конгломератов, песчаников, туфопесчаников, ~1300 м; 4 — $E_1mr_2^2$, серые мраморизованные известняки, доломитизированные известняки, горизонты кремнистых пород, глинистые сланцы, 1000 м; 5 — $E_1mr_2^1$, туфы среднего и основного составов, андезиты, алевросланцы, углеродисто-кремнистые сланцы, 1000 м; 6 — E_1mr_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 — кундустульский габбро-диоритовый комплекс; 11 — дайки и мелкие массивы диабазов и порфировидных 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 «КЕМО»), 2 — Магизинский, 3 — Кедровский, 4 — Комсомольский

ско-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.

Золотоносный 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 сложено нижнекембрийскими терригенно-вулканогенными породами нижнемерасской подсви-

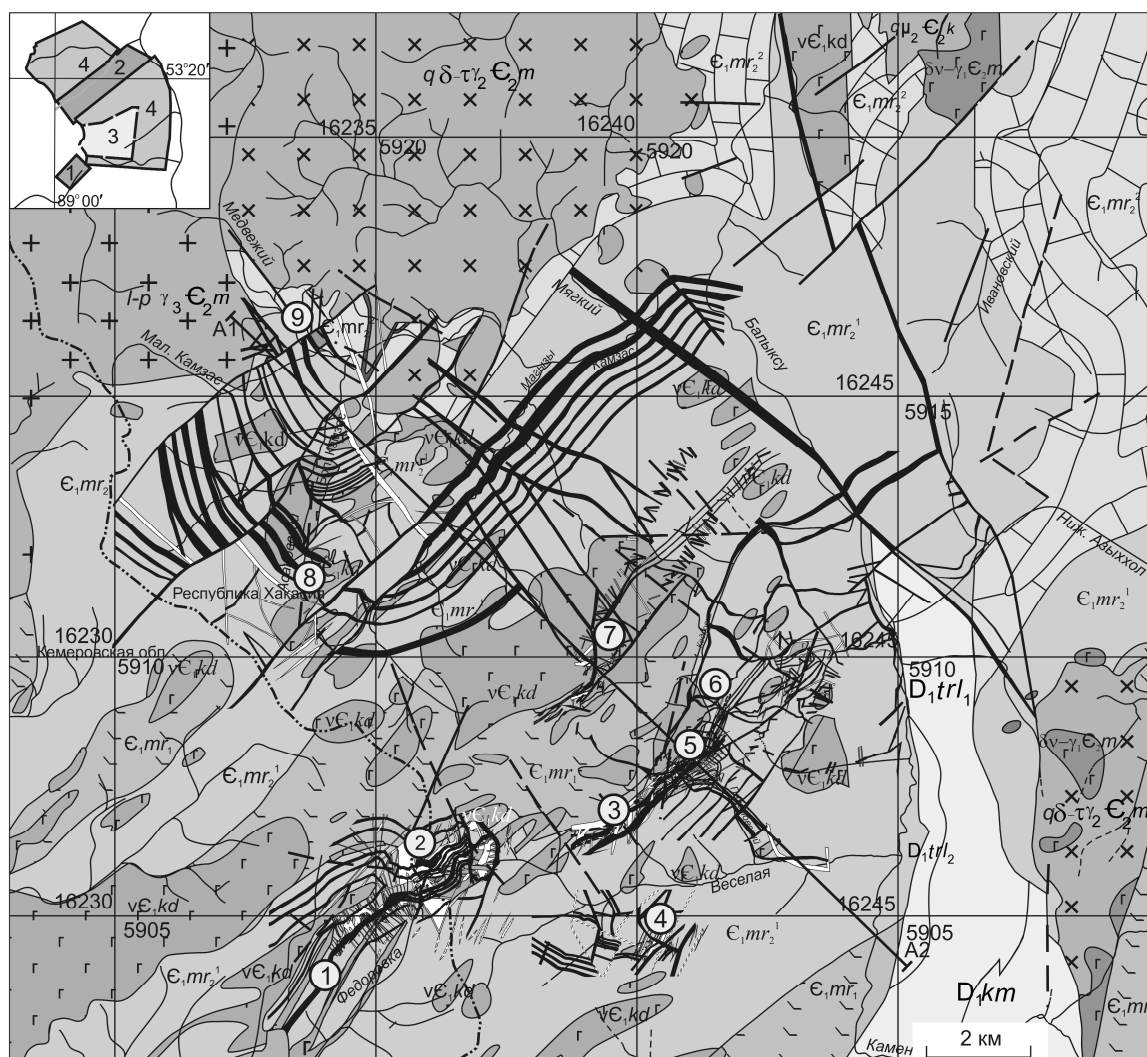




Рис. 2. Рудоносные горизонты граувакковых песчаников и черных сланцев Федоровско-Кедровского рудного поля, составил В.О.Коньшев, 2007 г. с использованием материалов ОАО «Берег» (В.К.Кондрин, 2007) и ОАО «Минусинская ГРЭ» (Ю.В.Беспалов, 2001):

$\epsilon_1mr_1^1$, нижняя пачка (ботомский ярус): 1 — песчаники, 2 — алевролиты, 3 — углеродистые аргиллиты и черные сланцы, 4 — известняки, 5 — андезиты, их туфолавы и туфы; 6 — ϵ_1mr_1 (атдабанский ярус) — андезиты, базальты, их туфы, кристаллические зеленые сланцы, серые филлиты; 7 — габбро порфировидное в диабазовой оторочке; 8 — дайки диабазов; 9 — габбро-диориты; 10 — горизонты рудоносных песчаников и черных сланцев; 11 — литохимические аномалии Au; 12 — поисковые выработки (а — канавы; б — скважины); 13 — штольня ОАО «КЕМО»; 14 — административная граница

ты атдабанского века, а крылья — флишевой пачкой верхнемрамской подбиты ботомского века. Флишевая пачка вмещает большую часть стратонидных и секущих минерализованных зон с прожилково-вкрапленными золото-сульфидно-кварцевыми рудами [7]. Ширина золотоносного района 15–

20 км. На прилегающих к нему с севера, юго-запада и юга менее золотоносных площадях орогенные гранитоидные породы преобладают над нижнекембрийскими вулканогенно-осадочными. С юго-востока район ограничен девонскими породами Балыксинского грабена.

В пределах района поисковыми работами 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.Коньшев, 2003), ОАО «Берег» (В.К.Кондрин, 2007), ООО «СибГео» (Е.А.Белоножко, 2011) за последние два десятилетия 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. Из россыпей района добыто >40 т Au. По этим показателям Ортон-Балыксинский золотоносный район следует относить к первоочередному для промышленного освоения в экономически благоприятных условиях Алтае-Саянской металлогенической провинции.

Основная причина запоздалого выявления золоторудных объектов в районе, где богатые золотоносные россыпи отрабатываются с 1832 г., — невысокая достоверность рядового опробования для руд с гнездовым и бонанцевым распределением крупного золота. При поисковых работах гнезда и бонанцы случайно обнаруживались в жилах и минерализованных зонах и из-за небольших размеров считались пригодными только для кустарных разработок. Оценка содержаний Au в крупнообъемных залежах с учетом гнезд крупного золота обычно не проводилась.

Автором при поисках и оценке конкретных рудопроявлений были проведены заверочные работы, показавшие низкую достоверность бороздового и кернового опробования [8]. Для повышения достоверности оценки прогнозных ресурсов предложен способ определения истинных содержаний Au в рудных телах по балансу металла в продуктах гравитационного обогащения групповых проб. Рассмотрим его применение на примерах изученных и прогнозируемых объектов рудного района с переоценкой прогнозных ресурсов.

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 1, в северо-восточной Хакасской — рудопроявление Кедровское (рис. 2).

Месторождение Федоровское 1 на ранней стадии изучения относилось к жильному. По обнаруженным бонанцам и гнездам самородного золота наибольшую известность получила жила Стерж-

невая. При опытно-промышленной отработке небольшой ее части (748 т) мощностью 0,73 м ЗАО ГРК «Плутон» добыто >50 кг Au. Преобладающая часть золота (99,4%) была сконцентрирована в бонанцах 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 бонанцев 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» 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 [7].

При бортовом содержании Au 0,2 г/т все рудные тела объединяются в единую стратойдную залежь мощностью 66 м, локализованную в контурах рудосного горизонта березитизированных граувакковых туфопесчаников с прослоями черных сланцев, известняков и силлами анкеритизированных андезидацитов. Горизонт залегает между мощными пластами известняков флишевой пачки верхнемрасской подсветы и падает на северо-запад под углами 60–75°. В 2000–2002 гг. горными и буровыми работами ОАО «КЕМО» стратойдная 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 01.01.2012 г. на участке Федоровское 1 (площадь 9,8 км²) числятся лишь прогнозные ресурсы Au категории P_3 30 т.

На месторождении Федоровское 1 автор впервые столкнулся с фактами 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 масс заверочных проб и сопоставлялись со

Сопоставление средних содержаний Au, определенных по результатам рядового опробования ($C_{\text{рп}}$) и по балансу металла ($C_{\text{мет}}$) в продуктах гравитационного обогащения групповых (технологических) проб, составлено с использованием результатов ранее опубликованных работ [8, 9]

Наименование проб	Число и вид проб в составе ЛТП	Массы групповых ЛТП, кг	Средние содержания Au, г/т			K _д от – до, (средний)
			По пробирным анализам рядовых проб	По балансу Au в продуктах обогащения ЛТП		
				Пробирные анализы	Данные цианирования	
Месторождение Федоровское-1						
Рудный блок 4 C ₁	13 крупнообъемных, заверивших 82 бороздовые	36 200	17,4	97,0	-	5,58
Полупромышленная ЛТП 10	1 крупнообъемная, заверившая 12 ямковых	23 100	6,8	20,7		3,04
ЛТП 10	14 бороздовых	100	5,09	14,35	-	2,82
Участок Кедровский						
ЛТП 1-Кедр	31 бороздовая	343,35	4,06	7,62	8,38	1,88–2,06 (1,97)
ЛТП 2-Кедр	97 бороздовых	948,93	1,50	2,27	2,60	1,51–1,73 (1,62)
Участок Чашкатский						
ЛТП 1-Комсомол	26 бороздовых	292,45	0,78	1,666	1,765	2,14–2,27 (2,20)
Участок Аномальный (разведочное пересечение мощностью 55,5 м, оконтуренное по борту 0,1 г/т Au)						
ЛТП 3-Комсомол	37 бороздовых по каждому из двух сопряженных рядов опробования		0,58 (среднее по двум рядам проб: 0,39 — по первому, 0,77 — по второму ряду)			1,57–1,98 (1,78)
	40 керновых	160,66	0,13	0,912	1,146	7,02–8,82 (7,92)
Участок Пахомовский						
ЛТП 2-Комсомол	68 керновых и золото из одной керновой	218,5	1,82	6,38	6,46	3,51–3,55 (3,53)

средними содержаниями, полученными по рядовому опробованию (таблица). 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 стратойдных 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 Р₂ 80 т золота, приурочена к другому рудонос-

ному горизонту, отстоящему на 550 м к северо-западу от первого. В промежутке между главными рудоносными горизонтами на Кедровском участке обнаружены еще четыре менее мощные минерализованные зоны.

Возможно, что главные рудоносные горизонты объекта залегают на одном стратиграфическом уровне в рудоносной флишевой пачке верхнемарасской подсвиты [7], располагаясь в запороженных на юго-восток под углами 50–85° противоположных крыльях Федоровской синклинали 2-го порядка. Эта синклиналь с северо-запада примыкает к ядру Чашкатской антиклинали 1-го порядка (см. рис. 1), сложенной менее золотоносными терригенно-вулканогенными породами нижнемарасской подсвиты.

Для заверки результатов рядового опробования из материала бороздовых проб разведочных пересечений минерализованных зон Кедровского участка в 2007 г. составлены две групповые лаборатор-

ные технологические пробы (ЛТП) 1- и 2-Кедр (см. таблицу). По балансу золота, извлеченного из них в продукты обогащения, определены истинные содержания Au. Они в 1,62–1,97 раза превысили расчетные содержания по пробирным анализам бороздовых проб, полные массы которых вошли в состав ЛТП. По результатам заверки автором составлены диаграммы и рассчитаны формулы для определения близких к истинным содержаний Au и коэффициентов коррекции к средним содержаниям, оцененным по рядовому опробованию [8]. При этом выявлена тенденция к возрастанию коэффициентов коррекции с увеличением богатства руд золоторудных тел Федоровско-Кедровского рудного поля.

В настоящее время на Кедровском участке силами ООО «СибГео» продолжают поисковые работы в целях локализации и оценки прогнозных ресурсов золота категории P_1 40 т и P_2 20 т. В процессе работ данные рядового бороздового и кернового опробования заверяются отбором и обогащением еще шести групповых ЛТП для повышения достоверности оценки прогнозных ресурсов на классах рядовых и низких содержаний Au.

С юго-запада Федоровско-Кедровское рудное поле ограничено небольшим Федоровским гранитоидным штоком среднекембрийско-ордовикского мартайгинского комплекса. Юго-западнее штока в рудоносной флишевой толще расположены Лазаретный и Ортонский золотоносные участки в рангах рудных полей, выявленные ОАО «Южно-Кузбасская экспедиция» (В.М.Пенькин, 1995). Минерализация на участках рассматривалась в качестве жильной. Для них в 2010 г. были апробированы прогнозные ресурсы категории P_2 23 и 33 т Au соответственно при среднем содержании Au 4 г/т.

Лазаретный участок с 1995 г. не изучался. На Ортонском в настоящее время проводятся ревизионные поисковые работы. Для Малоортонского участка, где рудоносная флишевая пачка залегает не в юго-восточном, а в северо-западном крыле Чашкатской антиклинали, апробированы прогнозные ресурсы категории P_3 70 т.

Участок Ортонский представлен тремя субпараллельными рудоносными горизонтами во флишевой пачке верхнемрасской (унушкольской) подсвиты. Они прослежены ревизионными поисковыми работами ОАО «Тетис» (А.Е.Авакумов, 2013) по простиранию на 1700 м, по падению на 200 м. Минерализованные зоны представлены брекчированными вдоль межпластовых срывов углеродистыми алевролитами и туфопесчаниками с прожилково-вкрапленной золото-сульфидно-кварцевой минерализацией. Контуры стратонидных залежей определены по результатам опробования. Для них

предварительно до завершения работ оценены прогнозные ресурсы категории P_1 7,2 т и P_2 17,7 т при среднем содержании Au 1,3 г/т. Средняя мощность зон 9 м. В настоящее время выполняются работы по заверке средних содержаний Au в выявленных залежах путем извлечения золота в продукты гравитационного обогащения из трех групповых проб, составленных из полных масс бороздовых и керновых проб.

Участок Золотой расположен на продолжении рудоносной флишевой пачки к северо-востоку от участка Кедровский (см. рис. 1). С северо-запада вдоль русла р. Кедровка он примыкает к андезибазальтам и сланцам нижнемрасской подсвиты ядра Чашкатской антиклинали. Вдоль осевой линии участка флишевая пачка перекрыта карбонатной пачкой верхнемрасской подсвиты, слагающей ядро Дресвянской синклинали 2-го порядка. Вдоль южного крыла синклинали над флишевой пачкой отработана крупная россыпь по р. Веселая и выявлены интенсивные аномалии Au и элементов-спутников во вторичных ореолах рассеяния. В коренных породах установлены минерализованные зоны участка Веселый. В 2011 г. по результатам рядового опробования единичных поверхностных горных выработок, вскрывших зоны участка Веселый, ООО «СибГео» не были обнаружены пересечения с промышленными параметрами.

В северо-западном крыле Дресвянской синклинали в 30-х годах XX в. подземными горными выработками на участке разведаны жилы Золотая и Комсомольская. Жила Золотая, расположенная в приводораздельной части истоков руч. Пахомовский и р. Кедровка, 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 определены низкие содержания Au, и разведочные работы были остановлены с началом Великой Отечественной войны в 1941 г.

Поисковыми работами при ГДП-50 (Ю.В.Беспалов, 1995) на участке Золотой и его флангах выделены многочисленные аномалии Au. Поисковыми работами ОАО «Берег» (В.К.Кондрин, 2007) для их заверки пройдены пять магистральных канав общей протяженностью 2200 м. На водоразделе рек Веселая и Кедровка во флишевой пачке канавами вскрыты две минерализованные зоны, представленные прожилково-вкрапленной золото-сульфид-

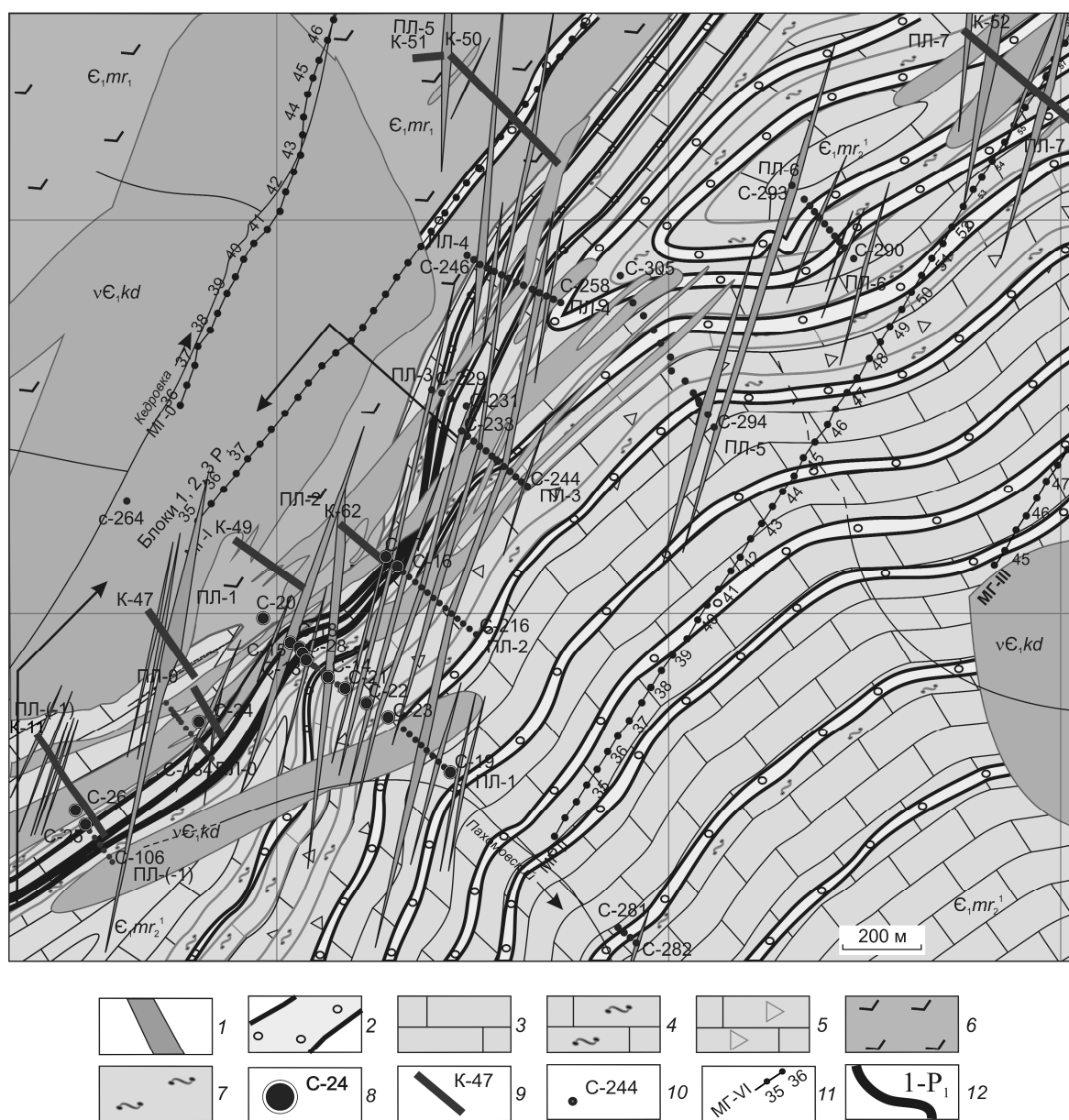


Рис. 3. Геолого-поисковый план участка Пахомовский, составлен с использованием материалов ООО «СибГео» (Е.А.Белоножко, 2011):

1 — послескладчатый дайковый комплекс (габбро-порфиры, габбро-долериты, габбро-диабазы); 2 — метасоматиты графит-хлорит-серицит-кварц-анкеритового состава по горизонтам терригенных пород, участками с золото-сульфидно-кварцевой прожилково-вкрапленной минерализацией; 3 — серые мраморизованные известняки, доломитизированные известняки, графитизированные известняки; 4 — тонкое чередование милонитизированных графитсодержащих сланцеватых алевритистых мраморизованных известняков и хлорит-серицит-полевошпат-кварцевых сланцев по аргиллитам и алевритистым аргиллитам; 5 — брекчированные известняки; 6 — андезибазальты, их туфы, хлоритовые сланцы, серицит-хлорит-полевошпат-кварцевые сланцы; 7 — эпидот-актинолит-хлоритовые сланцы, серицит-графит-кварцевые сланцы, хлорит-серицитовые графитсодержащие сланцы; 8 — скважины, их номера; 9 — каналы, их номера; 10 — мелкометражные поисковые скважины; 11 — элементы топографической сети литогеохимических поисков м-ба 1:10 000; 12 — рудное тело, номер геологического блока, категория ресурсов

но-кварцевой минерализацией в горизонтах граувакковых песчаников и углеродистых известковых алевролитов, частично преобразованных в альбит-кварц-анкеритовые метасоматиты. К северо-запад-

ной из этих зон и были приурочены жилы Золотая и Комсомольская.

На юго-западном фланге жилы Комсомольская вскрыты мощные жилы кварца в альбит-кварц-ан-

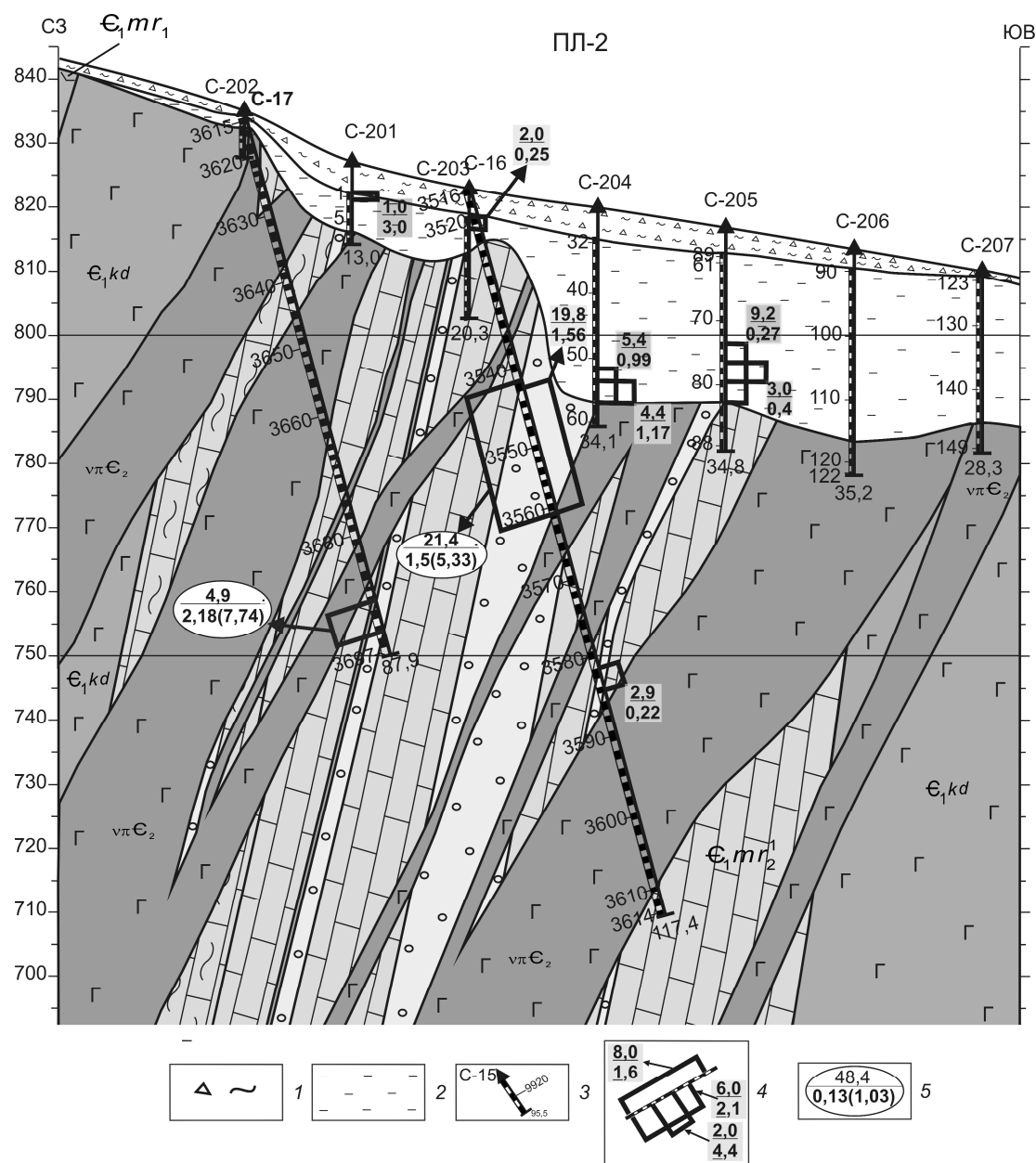


Рис. 4. Геологический разрез участка Пахомовский по поисковой линии-2, составлен с использованием материалов ООО «СибГео» (Е.А.Белоножко, 2011):

1 — элювиально-делювиальные отложения; 2 — структурная глинистая кора химического выветривания; 3 — поисковые скважины на разрезах, их номера, интервалы сплошного кернового опробования с номерами отдельных проб; 4 — параметры (числитель — мощность, м; знаменатель — среднее содержание Au, г/т) разведочных пересечений, оконтуренных по 0,2 г/т с детализацией по бортовым содержаниям 0,4 и 0,8 г/т; 5 — параметры золотоносных интервалов (числитель — мощность рудного интервала, м; знаменатель — среднее содержание по результатам рядового опробования, в скобках — близкое к истинному содержание Au с учетом K_d на достоверность рядового опробования); остальные усл. обозн. см. рис. 3

керитовых метасоматитах, а также прожилков кварца мощностью 5 см с гнездами видимого золота. В задирковой пробе из прожилка содержание Au достигло 113,6 г/т. По результатам бороздового опро-

бования золотоносных зон установлено 13 рудных пересечений мощностью от 1 до 12 м. Содержания Au в них варьировали от 0,2 до 35,15 г/т. Средняя мощность всей совокупности рудных пересечений

составила 4,8 м при средневзвешенном содержании Au 2,13 г/т.

Латеральная протяженность каждой из минерализованных зон, содержащих рудные пересечения, до сопряжения с золотоносными зонами участка Пахомовский Комсомольской площади составила по 2,4 км. Протяженность по падению по аналогии с месторождением-эталонном Федоровское 1 и участком Кедровский оценена в 200–300 м. По итогам поисковых работ на участке Золотой для двух минерализованных зон апробированы прогнозные ресурсы категории P_2 9 т золота. При расчетах применялся понижающий коэффициент ($K=0,73$) на поперечные дайки габброидов. Достоверность бороздового опробования рудных пересечений с крупным золотом заверочным опробованием не оценивалась.

Линейная продуктивность изученных зон до глубины 100 м на участке Золотой составила 1,88 т/км Au. Для части площади с прогнозируемой третьей минерализованной зоной, над которой расположена богатая россыпь золота р. Веселая и выявлены геохимические аномалии участка Веселый, с учетом установленной линейной продуктивности апробированы прогнозные ресурсы категории P_3 13 т золота.

Комсомольская площадь изучалась в 2008–2011 гг. поисковыми работами ООО «СибГео». Она включала золотоносные участки Пахомовский, Аномальный, Чашкатский, Асановский, Медвежий, разобщенные геологическими и горными отводами (см. рис. 1).

Участок Пахомовский примыкает к северо-восточному флангу участка Золотой, от которого прослеживается далее вдоль простирания флишевой пачки верхнемрасской подсивты. Пачка включает несколько горизонтов граувакковых песчаников (рис. 3) с прослоями углеродистых алевролитов, известняков и силлами андезидацитов, в разной степени преобразованных в альбит-кварц-анкеритовые метасоматиты с прожилками кварца, вкрапленностью сульфидов и видимого золота.

Поисковыми работами ООО «СибГео» на юго-западной площади участка по трем поисковым линиям, пройденным с шагом 400 м, обнаружены промышленные пересечения в трех минерализованных зонах. Северо-восточнее по следующим четырём поисковым линиям, пройденным с тем же шагом, рудных пересечений с промышленными параметрами короткометражными скважинами и канавами не зафиксировано. Причина этого в широком развитии лакколитов, даек и силлов габброидов, среди многочисленных тел которых под мощным покровом рыхлых отложений поиски отрезков

стратойдных золотоносных минерализованных зон затруднены (рис. 4). По геологическому строению и условиям локализации рудных тел участок Пахомовский аналогичен Кедровскому и Золотому.

Обнаруженные минерализованные зоны имеют крутое ($50\text{--}70^\circ$) северо-западное падение. Рудные залежи прослеживаются по простиранию на 320–1100 м, по падению до глубины 250 м. Их видимая мощность по скважинам варьирует от 1,2 до 21,4 м (средняя 10,3 м). Средняя истинная мощность рудных пересечений 7,2 м. Среднее содержание Au, рассчитанное по пробирным анализам 68 керновых проб всех рудных пересечений, составило 1,82 г/т. По указанным параметрам были апробированы до средней глубины 175 м прогнозные ресурсы золота категории P_1 10 т.

Для уточнения оценки прогнозных ресурсов Пахомовского участка проведены заверочные работы. Из полных масс 68 керновых проб всех разведочных пересечений составлена ЛТП 2-Комсомол массой 218,5 кг. По балансу металла, извлеченного в продукты обогащения, оценено истинное содержание Au 6,38–6,46 г/т (см. таблицу). Рядовым керновым опробованием оно было занижено в 3,53 раза, достоверность которого составила 28%. Поэтому достоверная (с вероятностью 100%) оценка прогнозных ресурсов требует поправки средних содержаний Au в разведочных пересечениях коэффициентом коррекции ($K_d=3,53$).

В авторских прогнозных ресурсах категории P_1 35,3 т для рудных залежей Пахомовского участка учтена коррекция содержаний Au (с 1,82 до 6,42 г/т). В процессе их апробации ФГУП «ЦНИГРИ» рекомендовано воздержаться от использования K_d к фактическим средним содержаниям до утверждения в ФБУ ГКЗ методики их определения по групповым пробам.

Участок Аномальный расположен северо-восточнее участка Пахомовский. При заверке геохимической аномалии Au канавой в горизонте филлитизированных углеродистых известковых алевролитов флишевой рудоносной пачки ООО «СибГео» выявлена минерализованная зона мощностью 55,5 м. Зона опробована по полотну канавы двумя сопряженными рядами бороздовых проб (рис. 5). Среднее содержание Au по первому ряду бороздовых проб составило 0,39 г/т, по второму — 0,77 г/т (среднее по двум сопряженным рядам 0,58 г/т). В пределах разведочного пересечения по борту 0,4 и 0,8 г/т Au установлены два рудных интервала с содержаниями $>1,1$ г/т с суммарной мощностью 24,6 м. Коэффициент рудоносности равен 0,48.

По керну скв. 27 (диаметр керна 50 мм при бурении коронками диаметром 76 мм) среднее

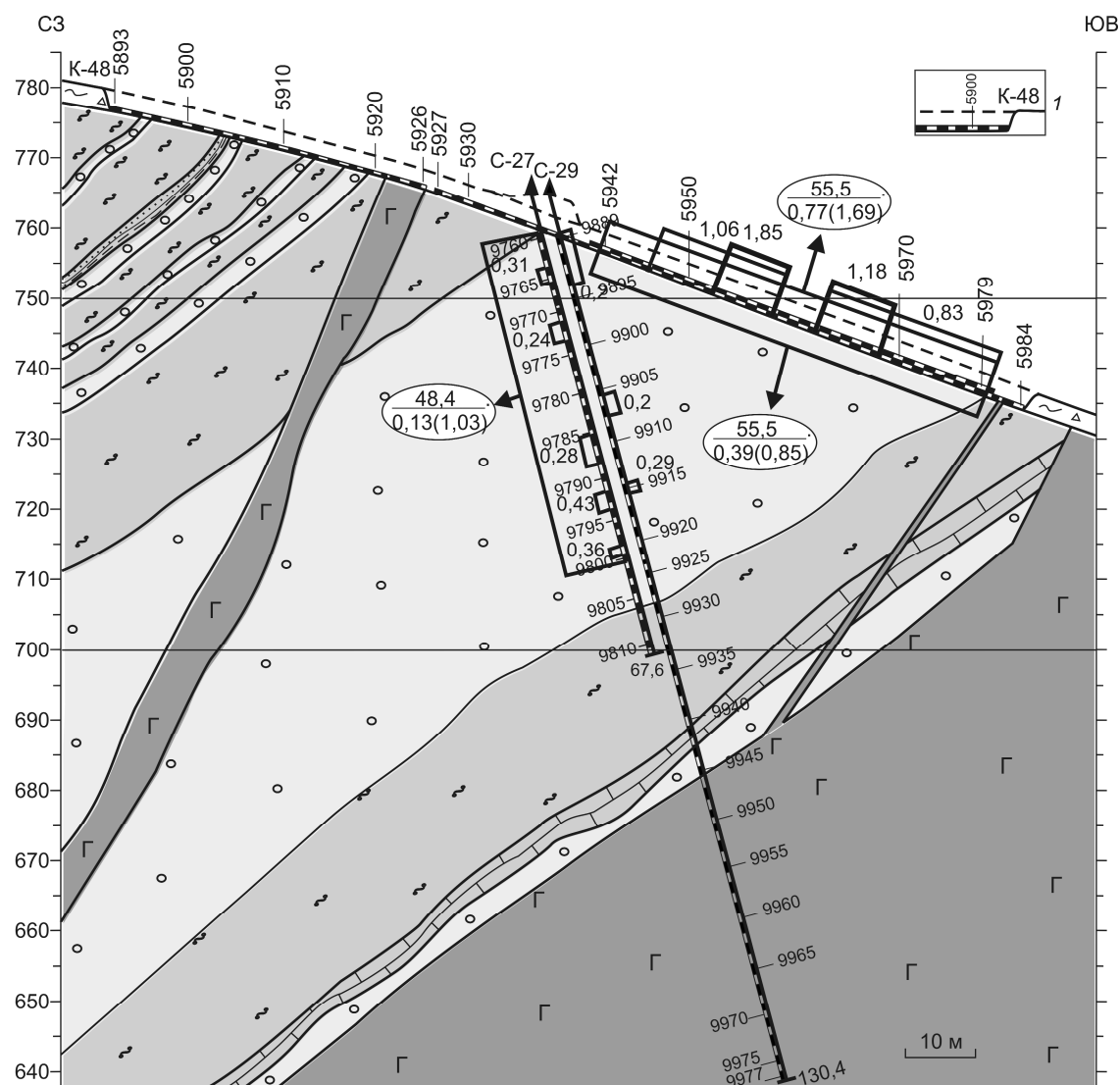


Рис. 5. Геологический разрез участка Аномальный, составлен с использованием материалов ООО «СибГео» (Е.А.Белоножко, А.М.Цепков, 2011):

I — поисковые каналы, их номера, ряды секционного бороздового опробования с номерами проб; остальные усл. обозн. см. рис. 3, 4

содержание Au в минерализованной зоне составило 0,13 г/т (при колебаниях 0,03–0,75 г/т), по керну скв. 29 — 0,07 г/т (при колебаниях 0,03–0,29 г/т). В целях изучения технологических свойств и подтверждения возможного продолжения рудного тела от полотна канавы на глубину из керна скважин отобрана ЛТП 3-Комсомол (см. таблицу), состоящая из двух частей. Часть ЛТП 3-1-Комсомол включала 40 проб из керна скв. 27. По результатам пробирных анализов расчетное содержание Au в этой части ЛТП составило 0,13 г/т, а по методу полупромышленного гравитационного обогащения в ОАО «ТулНИГП» ее полной массы 160,66 кг истин-

ное содержание Au достигло 1,1 г/т. Рядовым керновым опробованием оно было занижено в 8,4 раза. Вторая часть (ЛТП 3-2-Комсомол) включала 40 проб из керна скв. 29. Она предназначалась для оценки технологических свойств по методу чанового выщелачивания, имела расчетное содержание Au 0,07 г/т и массу 169,23 кг. Чановое выщелачивание проводилось без сорбента. При этом углеродистое вещество пробы образовывало над пульпой пленку, в которую сорбировалось все золото из цианистого раствора. Поскольку пленка была утрачена при последующих операциях обезвреживания, опыт признан неудачным.

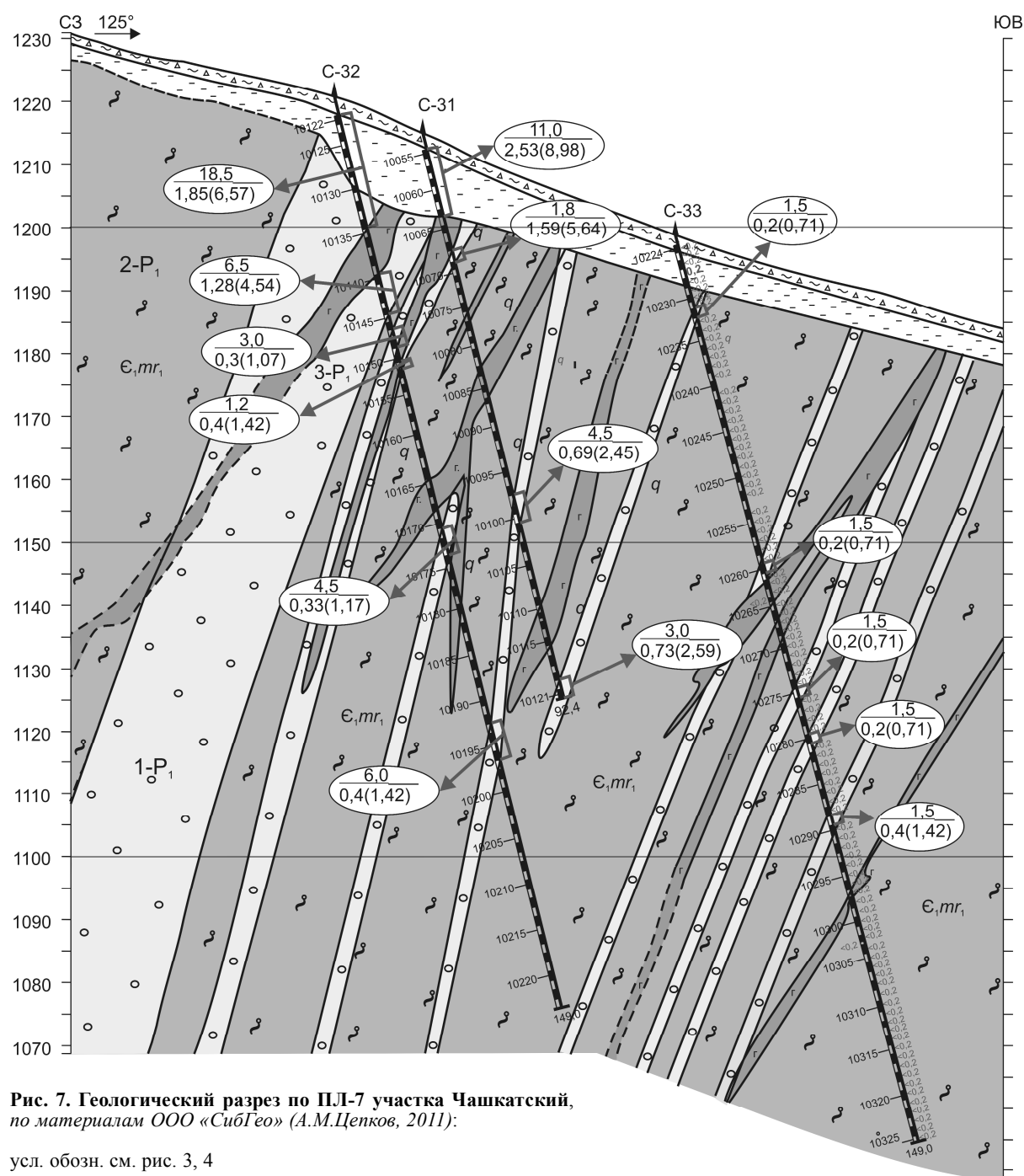


Рис. 7. Геологический разрез по ПЛ-7 участка Чашкатский, по материалам ООО «СибГео» (А.М.Цепков, 2011):

усл. обозн. см. рис. 3, 4

Для участка Аномальный апробированы прогнозные ресурсы категории P_2 8 т золота со средним содержанием Au 1,1 г/т для минерализованной зоны протяженностью 400 м, мощностью 50 м до глубины 200 м. При этом был использован коэффициент рудоносности ($K_p=0,48$), учитывающий наличие двух интервалов минерализованной зоны с содержаниями Au >1,1 г/т, разобщенных менее золотоносными метасоматитами (см. рис. 5). По результа-

там заверочных работ автора, показавшим истинное содержание Au 1,1 г/т на всю мощность минерализованной зоны, утвержденные прогнозные ресурсы могут считаться заниженными почти в два раза относительно истинных (категория P_2 16 т).

Участок Чашкатский в отличие от охарактеризованных расположен в ядре Чашкатской антиклинали на водоразделе рек Кедровка и Магызы (см. рис. 1). Он сложен нижнекембрийскими породами

вулканогенной андезибазальтовой островодужной формации с элементами терригенной нижнемрасской подсвиты. Мощность отложений >1000 м.

При заверке геохимических аномалий Au на участке длиной 2 км и шириной 0,6 км ООО «СибГео» (А.М.Цепков, 2011) пройдено семь магистральных канав, вскрыты субпараллельные зоны интенсивного брекчирования и милонитизации мощностью до первых десятков метров (рис. 6, 7) среди сланцев, андезибазальтов, субвулканических габбро-диоритов. Брекчии, милониты и окружающие породы неравномерно окварцованы, серицитизированы, хлоритизированы, биотитизированы, эпидотизированы, карбонатизированы, оталькованы, пронизаны кварцевыми жилами и линейными штокверками прожилково-вкрапленных золото-сульфидно-кварцевых руд. Обнаруженные тела на глубину до 190 м прослежены пятью скважинами колонкового бурения.

По результатам пробирных анализов бороздовых и керновых проб выделены рудные пересечения истинной мощностью от 0,9 до 12,2 м (среднее 4,8 м) со средними содержаниями Au 1,44–3,73 г/т (среднее 2,06 г/т). Руды золото-кварцевые прожилково-вкрапленные и кварцево-жилные в метасоматитах по метапелитам и штокверковые в метасоматитах по габбро-диоритам и андезибазальтам.

Разведочные пересечения в центре участка увязаны в четыре рудных тела с крутым (70–80°) северо-западным падением и северо-восточным простиранием на 350–800 м. На северо-востоке участка единичные промышленные пересечения установлены еще в трех субпараллельных минерализованных зонах (линейных штокверках). Мощность пересечений варьирует от 3,5 до 4,5 м (средняя 4,2 м). Среднее содержание Au 1,0 г/т при вариациях от 0,66 до 1,45 г/т.

Аналогом рудопроявления Чашкатский по условиям локализации и составу руд могут служить промышленные месторождения Коммунарковского рудного района, находящегося в 150 км севернее в этой же структурно-формационной зоне Кузнецкого Алатау. На месторождении Коммунар отработаны 41 штокверк (средние размеры по простиранию 60 м, по падению 40 м, по мощности 12 м), 16 даек габбро-диоритов на участках с густой сетью лестничных прожилков (средние размеры по простиранию 70 м, по падению 55 м, по мощности 8 м) и восемь жилообразных золото-кварцевых тел (средние размеры по простиранию 40 м, по падению 50 м, по мощности 1,4 м). Суммарная накопленная добыча Коммунарковского (Богомдарованного) рудника с 1889 г. до 2013 г. составила 90 т (с учетом жил месторождения Знаменитый 5 т) рудного золота и 30 т россыпного. На государственном

балансе стоят запасы рудного золота категории C_1 4,15 т, C_2 3,76 т и числятся прогнозные ресурсы категории P_1 8 т. Добыча продолжается в настоящее время в объемах ~700 кг золота в год. Разрабатываются руды со средними содержаниями 1,5–2,5 г/т подземным и открытым способами. Подземные отработки выявленных на поверхности и «слепых» рудных тел проводились в диапазоне глубин 600 м.

Приведенные сведения по Коммунарковскому рудному полю показывают вероятность обнаружения на Чашкатском участке аналогичного промышленного месторождения. За счет размыва островодужной системы с подобными объектами, возможно, происходило обогащение золотом главной рудоносной флишевой пачки Ортон-Балыксинского района, сформированной на ее склонах и террасах в прибрежно-морских условиях.

Для определения истинных содержаний Au в разведочных пересечениях трех рудных тел, вскрытых магистральной канавой 41, из полных масс 26 бороздовых проб составлена групповая проба ЛТП 1-Комсомол. По балансу металла в продуктах гравитационного обогащения полной массы (292,45 кг) этой пробы получено истинное содержание Au 1,70 г/т. Оно в 2,2 раза превышает среднее (0,78 г/т), рассчитанное по результатам бороздового опробования (см. таблицу). Достоверность определения истинного содержания Au рядовым бороздовым опробованием составила 45%.

Для оценки прогнозных ресурсов к средним содержаниям в разведочных пересечениях рекомендовано применять коэффициент коррекции ($K_d = 2,2$) на низкую (45%) достоверность рядового бороздового опробования. Для корректировки средних содержаний по керновому опробованию рекомендовался $K_d = 3,55$ по аналогии с участком Пахомовский. При подобной коррекции содержаний Au для четырех рудных залежей Чашкатского участка до средней глубины 75 м авторские прогнозные ресурсы категории P_1 составили 16,6 т Au при истинном среднем содержании 6,24 г/т. Для отрезков трех минерализованных зон северо-восточной части участка до средней глубины 48 м авторские прогнозные ресурсы категории P_2 — 3,2 т при близком к истинному содержанию Au 2,82 г/т.

В процессе апробации авторских прогнозных ресурсов исключены из расчетов экспериментально определенные коэффициенты коррекции на достоверность рядового опробования (K_d) до утверждения методики в ФБУ ГКЗ. В результате для участка Чашкатский утверждены прогнозные ресурсы категории P_1 5 т со средним содержанием 1,9 г/т и P_2 2 т со средним содержанием 1,0 г/т.

Балыксу-Изасская площадь (95 км²) занимает северную часть Ортон-Балыксинского золотоносного района (см. рис. 1). По состоянию на 01.01.2010 г. для нее апробированы прогнозные ресурсы категории Р₃ 100 т золота для прогнозируемых золоторудных объектов двух типов:

минерализованных зон со стратоидными залежами прожилково-вкрапленных золото-сульфидно-кварцевых руд, приуроченных к горизонтам березитизированных пород флишевой пачки мраморной свиты (аналог — месторождение Федоровское 1 Федоровско-Кедровского рудного поля);

минерализованных зон, штокверков и богатых (10–50 г/т) золото-сульфидно-кварцевых жил в Изасском массиве позднекембрийско-ордовикского габбро-диорит-плагиогранитного мартайгинского комплекса, жильчатых залежей богатых сульфидных и халькозин-гематитовых руд в карбонатных породах его рамы. Последние локализованы только на продолжениях выходов жил и линейных штокверков за пределы эндоконтакта гранитоидного массива (аналог — месторождение Константиновское Ольховско-Чибижевского рудного района). Золоторудные месторождения этого типа — ведущие по количеству добытого золота (250 т) в Алтае-Саянской металлогенической провинции. Они представлены промышленными объектами Мартайгинского и Центрального рудных районов Мартайгинско-Верхнелебедской металлогенической зоны Кузнецкого Алатау, в которую входит и Ортон-Балыксинский рудный район.

По поисковым критериям и признакам во флишевой пачке верхнемраморной подсвиты на Магызинском и Камзасском участках Балыксу-Изасской площади возможно выявление минерализованных зон со стратоидными залежами 1-го типа. Признаки наличия золоторудных зон 2-го типа в эндо- и экзоконтактах Изасского гранитоидного массива установлены на Медвежем, Крестьянском, Изасском и Назасском участках Балыксу-Изасской перспективной площади.

Участок Магызинский в северо-восточном направлении прослеживается на 11 км вдоль россыпи р. Магызы и ее правых притоков, из которой добыто 10,3 т золота. Россыпь содержала 65% самородков массой >30 г. Литохимическими поисками м-ба 1:10 000 выявлены аномалии Au, в должной мере не заверенные в конце прошлого века. Для первоочередной заверки представляет интерес группа сближенных вторичных ореолов рассеяния Au, имеющая в плане вид изогнутой полосы размером 0,5×2 км по изоконцентрате 0,01 г/т Au. Содержание металла в эпицентрах ореолов достигает 0,08 г/т. Имеются находки обломков кварца с содержанием Au до 10 г/т.

На участке откартированы многочисленные фрагменты стратоидных минерализованных зон (см. рис. 1), аналогичных таковым Федоровско-Кедровского рудного поля. Степень изученности позволяет приступить к заверке аномалий участка поверхностными горными выработками по ряду поисковых линий с шагом 320–400 м. Для получения полной картины о коренной золотоносности необходимо бурение скважин глубиной 150–300 м для пересечения минерализованных зон под выветрелыми на первые десятки метров породами в плотике богатой россыпи.

Участок Камзасский примыкает с юго-запада к Магызинскому и идентичен ему по геологическому строению. На его территории обрабатывались небольшие россыпи золота. Геохимические работы предшественниками не проводилось. По геологическим маршрутам в замковой части Магызинской синклинали на территории участка откартированы фрагменты стратоидных минерализованных зон, аналогичных таковым на Магызинском участке. Проектируется проведение геохимических работ по вторичным ореолам рассеяния м-ба 1:10 000 на площади 10 км² с последующими заверочными работами.

Участок Медвежий характеризуется развитием интенсивных вторичных ореолов рассеяния Au, установленных ООО «СибГео» в 2011 г. при лито-геохимических поисках м-ба 1:10 000 в области южного контакта Изасского гранитоидного массива с карбонатными породами. Заверка отдельных аномалий несколькими канавами показала наличие редкой сети различно ориентированных золотоносных кварцевых прожилков в интрузивном массиве и прожилково-вкрапленного золото-сульфидного оруденения в карбонатных породах.

По полученным рудным пересечениям апробированы прогнозные ресурсы золота категории Р₂ 3 т при среднем содержании 1,9 г/т. Однако при малом количестве поверхностных горных выработок и достоверно не определенном контуре массива прослеживание жил из гранитоидного массива в карбонатные породы не проводилось. На участке проектируются геофизические работы м-ба 1:10 000 для оконтуривания интрузивного массива и картирования золото-сульфидно-кварцевых жил и зон сульфидной минерализации в интрузивных и карбонатных породах для последующей заверки.

Участок Крестьянский в эндоконтакте Изасского гранитоидного массива выделен по потокам рассеяния Au с содержаниями 0,01–0,03–0,08 г/т при ГДП-50 (Ю.В.Беспалов, 1995). По отдельным водотокам получены единичные аномальные содержания Au 0,02–0,05–0,8 г/т и шлиховые ореолы, в которых

количество золота достигало десяти знаков. На участке известны промышленные россыпи золота по р. Крестьянка и руч. Мягкий. Проектируются лито-геохимические работы по вторичным ореолам рассеяния и геофизические м-ба 1:10 000 на площади 20 км² с последующей заверкой комплексных аномалий в гранитоидном массиве, карбонатных породах его кровли и восточного экзоконтакта.

Участок Изасский расположен в области северного контакта Изасского гранитоидного массива, где по дренирующей массив р. Изас с притоками известны промышленные россыпи золота. Проектируются литогеохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния и геофизические работы м-ба 1:10 000 на площади 10 км² в гранитном массиве и карбонатных породах его северного экзоконтакта.

Участок Назасский характеризуется наличием аномалий Au во вторичных ореолах рассеяния. Для поисков предположительно скарнового типа оруденения отдельные аномалии в процессе ГДП-50 (Ю.В.Беспалов, 1995) заверены несколькими канавами ручной проходки, ориентированными поперек интрузивного контакта. Канавы вскрыли в известняках зоны сульфидной минерализации с содержаниями Au 1–2 г/т. Для заверки известных аномалий необходимо развернуть ориентировку поисковой сети на 90° и пройти канавы параллельно интрузивному контакту для поисков богатых жил, простирающихся из гранитоидов в карбонатные породы.

Целевое назначение проектируемых поисковых работ на Балыксу-Изасской площади — выявление минерализованных зон и стратоидных залежей прожилково-вкрапленных золото-сульфидно-кварцевых руд во флишевой толще, штокверков, богатых жил и жилообразных залежей в Изасском гранитоидном массиве, карбонатных породах его рамы и кровли с оценкой прогнозных ресурсов категории P₁ 40 т и P₂ 40 т золота.

Поскольку гранулометрический состав золота в россыпях Балыксу-Изасской площади (класс +2,5 мм составляет от 35 до 78%) обуславливает невысокую достоверность рядового опробования, для эффективных поисков потребуется применение технологических исследований групповых проб по каждому из шести золотоносных участков с определением истинных содержаний Au в разведочных пересечениях.

Перспективы освоения золоторудных объектов Ортон-Балыксинского района определяются его апробированными прогнозными ресурсами. Для охарактеризованных участков и площадей, расположенных на территории Республики Хакасия в Государственном кадастре числятся прогнозные ресурсы категории P₁ 15, P₂ 94, P₃ 213 т, для смеж-

ной территории в Кемеровской области — P₂ 56, P₃ 100 т.

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.

Однако у инвесторов всегда вызывают опасения результаты рядового опробования объектов с гнездовым распределением золота. На фоне убогих содержаний Au по разведочным пересечениям обычно отмечаются лишь единичные пробы с высокими содержаниями. Методика оценки истинных содержаний в таких разведочных пересечениях требует усовершенствования.

Совершенствование методики оценки истинных содержаний базируется на определении поправочных коэффициентов к содержаниям Au, полученным по результатам рядового опробования.

Стандартная методика, включающая дробление материала рядовой пробы до класса -1 мм, перемешивание и отбор из него части массой ~1 кг, измельчение этой части до -200 меш, отбор из нее двух усредненных навесок (по 50 г каждая) и выполнение по ним пробирного анализа [10], не позволяет оценить истинное содержание Au в рудах с крупными выделениями самородного золота. Частицы золота вследствие ковкости не подвергаются должному измельчению, а высокая удельная масса препятствует их равномерному распределению в перемешанном материале проб [3]. Попадание крупных частиц металла в навески 50 г для пробирного анализа маловероятно, что приводит к систематическому занижению содержаний Au. Все это при крупном золоте приводит к разному в парах пробирных анализов и необходимости производства значительных объемов внутреннего контроля.

Согласно методическим рекомендациям [11], данные пробирных анализов по классам содержаний основной лаборатории заверяются контрольными анализами внешней лаборатории. В случае расхождения результатов анализов основной и контрольной лабораторий выше допустимых пределов выполняются арбитражные анализы. По их результатам оцениваются систематические ошибки, которые учитываются коэффициентами коррекции к рядовым содержаниям при подсчете запасов.

В итоге при опробовании по стандартной методике одни пробирные анализы заверяются другими. Определение содержаний Au любым из всех этих анализов не может быть неверным при соблюдении отраслевых стандартов (ОСТ 41-08-272-04) сертифицированными лабораториями, поскольку содержание определяется массой корточек выплавленного золота. Получаемые значения отражают лишь крайне неравномерное распределение самородного золота различной гранулометрической крупности в навесках исходных проб.

Методика предварительного концентрирования металла из полной массы каждой рядовой пробы разработана М.Н.Савостиным, В.А.Саклаковым, В.А.Захваткиным в Тульском филиале ЦНИГРИ в 1975–1981 гг. [2]. Ее использование подразумевает обработку проб с производством гравитационного обогащения. Гравиоконцентрат либо полностью идет на пробирную плавку, либо крупное золото из него перед пробирным анализом извлекается, взвешивается и учитывается. Из хвостов гравитации отбираются усредненные навески, по которым выполняются пробирные анализы. Результаты всех анализов используются при определении суммарного балансового или истинного содержания Au.

Авторы рассчитывали за счет золота класса 0,22–3,5 мм поднять среднее содержание Au на 20–30% для руд с граничными экономическими показателями и сгладить разноразмерность в параллельных навесках пробирного анализа. Указанные проблемные задачи в полной мере успешно решались и легитимно решаются по этой методике.

Методика предварительного концентрирования металла из части материала каждой рядовой пробы является модификацией предыдущей и широко используется А.И.Романчуком с соавторами [13] и многими другими исследователями для руд с размером частиц золота до 2 мм. Соответственно размеру золота по известной формуле Ричардса-Чечетта определена в качестве оптимальной для обогащения навеска пробы массой ~4 кг. Обогащение более крупных масс единичных проб считается не рациональным. Для целей опробования изобретен прецессионный центробежный концентратор «Бегущая волна». Для дробления, сокращения, измельчения и отбора навесок проб используются механизированные пробоподготовительные комплексы ROCKLABS большой производительности, малооперационные, легкодоступные для очистки. Методика, разработанная под руководством А.И.Романчука, дважды апробирована в ФБУ ГКЗ при подсчете запасов месторождений Наталкинское и Дегдекан. В ряде работ указанных иссле-

дователей показано уменьшение коэффициентов вариации и доверительных интервалов к средним содержаниям Au по сравнению с пробирными анализами по различным выборкам проб.

Модификации метода предварительного концентрирования золота из неполных масс рядовых проб признаны легитимными для введения коэффициентов коррекции к содержаниям, полученным пробирными анализами для ряда подсчетных блоков крупнообъемных месторождений [4]. Так, при доразведке Наталкинское месторождения для открытой добычи руды ГКЗ утверждены запасы в 1800 т Au. Из них 200 т рассчитаны с применением коэффициента коррекции на достоверность рядового опробования ($K_d=1,13$), полученного по навескам дубликатов рядовых проб (0,5 кг), оставшихся после проведения пробирных анализов. В работе [12] при расчете истинных содержаний Au в рудах участка Верный Дегдеканского рудного поля для разных классов содержаний Au (г/т) установлены следующие поправочные коэффициенты коррекции: $<0,1 — 10$; $0,1–0,5 — 3$; $0,5–1,0 — 3$; $>1,0 — 1,3$. Усредненный поправочный коэффициент $K_d=3$ предложено использовать для предварительного оконтуривания рудных тел этого участка по откорректированным бортовым содержаниям, а для расчета истинных содержаний в оконтуренных рудных телах — средний $K_d=1,3$. Легитимного применения указанных коэффициентов не последовало.

Обзор зарубежных источников [14, 15] показывает, что учет влияния «эффекта самородков» осуществляется сравнением содержаний в половинках керна, керна разных диаметров, а также содержаний по пробирным анализам с содержаниями по гравитационному обогащению или цианированию половинных или полных масс проб. Массы анализируемых проб определяются по различным формулам в соответствии с крупностью частиц золота. Результаты исследований обрабатываются с применением методов математической статистики для оценки средних содержаний и доверительных интервалов к ним. Устанавливаются математические зависимости между средними и истинными содержаниями Au, как правило, иллюстрированные диаграммами и формулами. Как видим, зарубежные исследователи идут по тому же пути, что и российские коллеги.

Несмотря на огромные трудозатраты по обработке многих тысяч проб, в том числе законтурных, легитимная методика предварительного гравитационного концентрирования металла из единичных проб или из их частей не позволяет приблизиться к оценке истинных содержаний Au в рудных телах. Ее применение приводит к выделению убогих,

рядовых и «ураганных» проб. Пробы с видимым золотом, несомненно, будут отнесены преимущественно к «ураганным», а следовательно, подвергнуты искусственному ограничению по известным формулам И.Д.Когана или П.Л.Каллистова [5].

Так как ураганные значения ограничивают и при рядовом опробовании, то расчетные средние содержания в рудных телах будут почти одинаковыми при применении метода предварительного концентрирования металла и при использовании результатов пробирных анализов по навескам 50 г исходных проб [13]. Повышающие коэффициенты не будут превышать 10–30% и могут быть компенсированы пределами доверительных интервалов к средним содержаниям. Сомнительно утверждение о снижении коэффициентов вариации содержаний в выборках проб без использования ограничения ураганных значений в отдельных пробах.

Способ определения среднего содержания золота в рудных телах, на который автор с коллегами получили патент на изобретение RU № 2383889 в марте 2010 г. [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 также определяются по балансу золота, извлеченного в продукты гравитационного обогащения. В отличие от предыдущих методов 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 [10].

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» 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 автора 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 золото из совокупностей навесок, оставшихся после производства пробирных анализов, то погрешность опробования может быть сведена к нулю.

Достоверность (вероятность определения истинного содержания Au) рядового опробования оп-

ределяется экспериментально по соотношению средневзвешенного содержания в групповой пробе (C_{cp}), рассчитанного по данным пробирных анализов включенных в нее рядовых проб, и истинного балансового содержания ($C_{ист}$) Au, извлеченного в продукты обогащения из совокупной массы этих проб.

Балансовое содержание Au для рудных блоков месторождения Федоровское 1 определялось в процессе гравитационного обогащения полных масс групповых (технологических) проб на полупромышленных установках ОАО «КЕМО» и ЗИФ Коммунарского рудника [6]. Групповые пробы других объектов Ортон-Балыксинского района Кузнецкого Алатау, ряда золотоносных узлов Горной Шории и Западных Саян исследовались на полупромышленной установке ОАО «ТулНИГП» [8]. Руда крупностью -1–2 мм из бункера через дозатор подается в мельницу для измельчения. Производительность по руде составляет 50–60 кг/ч.

Слив мельницы поступает на отсадочную машину с получением концентрата и хвостов отсадки. Хвосты отсадки направляются в спиральный классификатор. Пески классификатора (+0,2 мм) возвращаются шнековым питателем в мельницу, а слив 1 крупностью -0,2 мм (70–75% класс -0,074 мм) идет на обогащение в короткоконусный гидроциклон (ККГЦ). Концентрат ККГЦ поступает на концентрационный стол с получением трех конечных продуктов: золотой «головки» 1, концентрата гравитации 1 и хвостов гравитации (стола) 1. Промпродукт стола возвращается шламовым насосом в классификатор.

Из золотой «головки» 1 отмывается шлик, из которого под биноклем выделяется самородное золото крупностью +0,14 мм. После отбора золота шлик возвращается в исходный продукт. От слива 1 ККГЦ и хвостов стола 1 отбираются по 3 л пульпы через каждые 30 мин для составления средних проб, остальные продукты (концентрат 1 и золотая «головка» 1) целиком сушатся и взвешиваются. После сгущения в емкостях определяются объемы и плотности пульпы хвостов и сливов и рассчитываются их массы.

Концентрат отсадки перечищается на концентрационном столе 2. В результате получают продукты: золотая «головка» 2, концентрат гравитации (стола) 2, хвосты 2. Промпродукт 2 возвращается в классификатор. Слив ККГЦ (слив 2) сгущается, сушится и анализируется на золото. Из шлика золотой «головки» 2 и концентрата 2 также отбирается самородное золото крупностью >0,14 мм, а остатки шликоты возвращаются в исходные концентраты.

По завершении испытаний проводится зачистка классификатора, мельницы, отсадочной машины

и другого оборудования. Полученный материал перечищается на концентрационном столе 3 с получением золотой «головки» 3, концентрата гравитации 3, промпродукта 3, хвостов 3. Из золотой «головки» 3 и концентрата гравитации 3 также выделяется самородное золото. В каждом из концентратов определяется его гранулометрический состав. Средняя проба лигатурного золота оценивается по микрозондовым определениям >50 зерен. Охарактеризованная развернутая схема гравитационного обогащения позволяет добиться извлечения >50–65% золота в кондиционные концентраты и получить отвальные хвосты в отличие от упрощенной схемы, применяемой при предварительном концентрировании золота, по которой извлечение металла редко превышает первые десятки процентов. Минусом является трудоемкость зачистки оборудования после проведения испытаний групповой пробы.

Содержания Au в продуктах обогащения определяются по двум усредненным 50-граммовым навескам пробирными анализами и заверяются данными цианирования более представительных 400-граммовых навесок. По результатам анализов продуктов обогащения с учетом массы выделенного лигатурного золота и его средней пробы рассчитывается балансовое или истинное содержание Au ($C_{ист}$) в групповой пробе. Принимаются среднее значение и доверительный интервал к нему в пределах диапазона результатов, оцененных по данным пробирных анализов и заверочного цианирования продуктов обогащения.

Для объектов Ортон-Балыксинского рудного района достоверность рядового опробования ($D = C_{cp}/C_{ист} \cdot 100\%$) колебалась в пределах от 18 до 66% при бороздовом и от 11 до 29% при керновом опробовании (диаметр керна 50 мм) в зависимости от богатства руд (см. таблицу).

Для оценки истинных содержаний Au по данному способу рекомендуется использовать величину, обратную достоверности, — коэффициент коррекции на достоверность рядового опробования ($K_d = C_{ист}/C_{cp}$). Пределы колебаний K_d , полученного экспериментальным путем по изученным рудным телам Ортон-Балыксинского золотоносного района, изменяются в широких пределах в зависимости от богатства руд (см. таблицу). Составленные ранее [8, 9] для наглядности табличных данных диаграммы свидетельствовали о возрастании K_d и $C_{ист}$ в зависимости от увеличения C_{cp} в направлении от рядовых к богатым рудам. С повышением C_{cp} от 0,58 до 17,4 г/т K_d возрастали от 1,57 до 5,57.

К настоящему времени диаграммы пополнены значениями в диапазоне низких содержаний

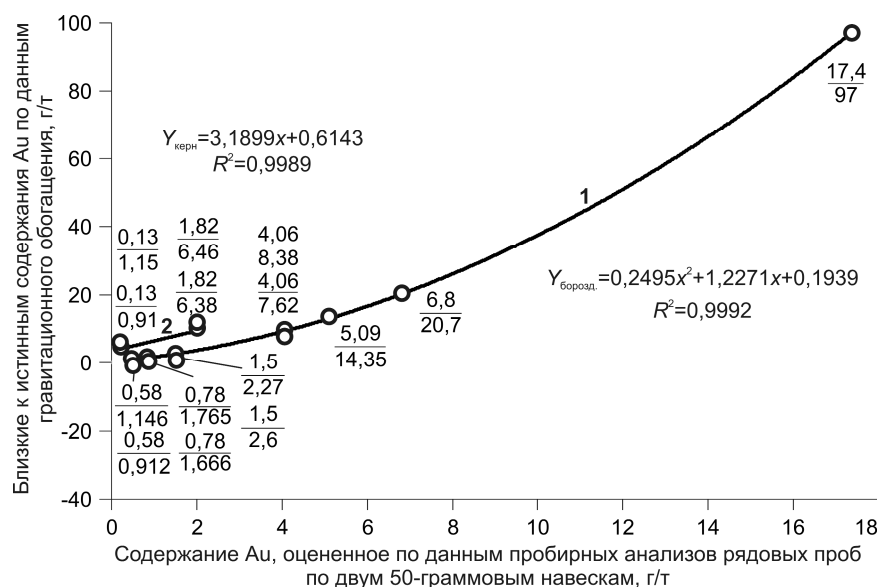


Рис. 8. Диаграммы зависимости истинных содержаний ($C_{ист}$) Au от средних содержаний ($C_{ср}$), установленных по результатам рядового опробования золоторудных объектов Ортон-Балыксинского района:

1 — по бороздovому опробованию; 2 — по керновому опробованию

Au (рис. 8, 9). Обнаружена новая тенденция к возрастанию K_d в 7–9 раз с уменьшением $C_{ср}$ в диапазоне от 0,58 до 0,13 г/т. Это показывает, что в качестве бортовых содержаний для оконтуривания крупнообъемных рудных тел могут использоваться крайне низкие значения, которые фиксируются рядовыми пробирными анализами с атомно-абсорбционным окончанием [12].

Уточненные диаграммы описываются формулами параболической зависимости, позволяющими рассчитывать соответствующие $K_d = 0,0064C_{ср}^2 + 0,1100C_{ср} + 1,7418$ и $C_{ист} = 0,2495C_{ср}^2 + 1,2271C_{ср} + 0,1939$ по значениям $C_{ср}$ для заданной 100%-ной достоверности борздовое опробования при высоких коэффициентах аппроксимации ($R^2 = 0,9259$ для K_d и $R^2 = 0,9992$ для $C_{ист}$).

Аналогичные диаграммы зависимости $C_{ист}$ и K_d от $C_{ср}$, построенные по керновому опробованию (см. рис. 8, 9), вследствие недостаточности данных пока описываются линейными зависимостями, отрезки которых не противоречат тенденции к изменению $C_{ист}$ и K_d от $C_{ср}$ на соответствующих отрезках более общей диаграммы квадратичной зависимости. Установлено, что K_d и $C_{ист}$, определенные по керну с меньшим в 2,5 раза поперечным сечением относительно борздовых проб, превы-

шают аналогичные показатели по борздовому опробованию (см. рис. 8, 9). Неслучайно керновое опробование считается менее представительным, чем борздовое.

Для уточнения диаграмм и формул автором продолжают исследования групповых проб на классах рядовых и низких содержаний. Использование диаграмм и формул дает инструмент для оперативного определения ожидаемых истинных содержаний Au в разведочных пересечениях при оценке прогнозных ресурсов на стадии поисковых работ.

Авторские прогнозные ресурсы категории P_1-P_3 для золотоносных объектов Ортон-Балыксинского района

повышают его привлекательность в плане создания крупного инвестиционного проекта для развития геологоразведочных работ и золотодобывающей промышленности в экономически благоприятных условиях Алтае-Саянской провинции.

Поскольку методика проведения геологоразведочных работ на объектах с крупным золотом отличается от стандартной, то и способ определения среднего содержания золота в рудных телах следует узаконить для легитимного применения недروпользователями.

Из приведенных материалов можно сделать следующие выводы:

в Ортон-Балыксинском золотоносном районе обнаружены крупнообъемные стратойдные залежи прожилково-вкрапленных золото-сульфидно-кварцевых руд в горизонтах березитизированных пород мраморной свиты. Определенные перспективы связаны также со штокверковыми рудопроявлениями золота в субвулканических телах габбро-диоритов этой же свиты и жилообразными телами богатых руд в эндоконтактах гранитоидного массива и карбонатных породах рамы;

главная особенность выявленных рудопроявлений — бонанцевое и гнездовое распределение крупного золота в рудах. Усреднением проб из бонанцев и гнезд золота с пробами из бедных руд в

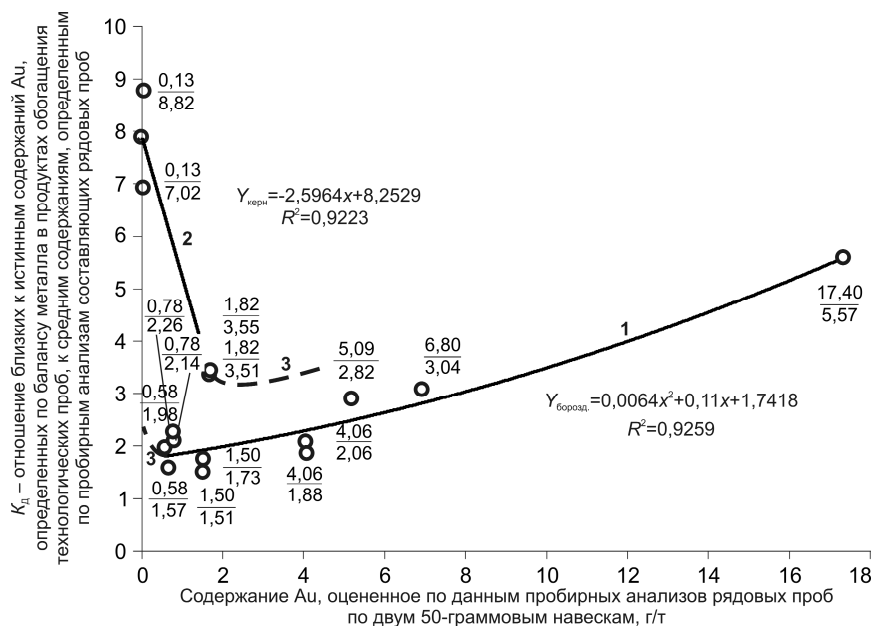


Рис. 9. Диаграммы зависимости коэффициента коррекции (K_d) на достоверность рядового опробования от средних содержаний (C_{cp}) для объектов Ортон-Балыксинского района:

3 — ожидаемые показатели по выявленной тенденции; остальные усл. обозн см. рис. 8

валовых пробах автором получены промышленные содержания в контурах геологических границ крупнообъемных страгоидных залежей;

путем заверочного крупнообъемного и валового опробования на месторождении Федоровское 1 автором установлено занижение истинных содержаний Au при бороздовом опробовании в 2,8–5,6 раза в зависимости от богатства руд. Для решения задачи повышения достоверности опробования предложен новый способ определения среднего содержания золота в рудных телах по групповым пробам;

для оценки близких к истинным содержаниям применяется обратная достоверности величина — коэффициент коррекции на достоверность рядового опробования (K_d). Обнаружена тенденция к возрастанию K_d в 7–9 раз в диапазоне низких содержаний Au от 0,58 до 0,13 г/т. Поэтому в качестве бортовых содержаний для оконтуривания крупнообъемных рудных тел могут использоваться крайне низкие значения;

установлено, что истинные содержания Au занижаются в большей степени при керновом опробовании, поскольку поперечные сечения керновых проб были в 2,5 раза меньше, чем бороздовых;

использование диаграмм и формул дает инструмент для оперативного определения ожидаемых близких истинным содержаниям Au в разведоч-

ных пересечениях при оценке прогнозных ресурсов категории P_2 методом аналогии на стадии поисковых работ, когда проведение технологических исследований не регламентировано;

легитимное использование разработанного способа определения истинных содержаний Au в рудных телах позволит переоценить многие объекты России;

для уточнения инвестиционной привлекательности проектов освоения участков Ортон-Балыксинского района, расположенных на территории Республики Хакасия, сопоставлены оцененные по истинному содержанию и апробированные прогноз-ные ресурсы по данным рядового опробования;

аналогичные исследования на других объектах Алтае-Саянской провинции показали занижение содержаний Au в 1,2–2 раза. Следовательно, в каждом конкретном рудном районе требуется проведение полного комплекса работ по оценке истинных содержаний Au в минерализованных зонах и рудных телах для уточнения индивидуальных особенностей объектов.

Автор выражает искреннюю благодарность А.И.Романчуку с коллегами, ученому секретарю ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем» А.Г.Горелову, руководству и сотрудникам ОАО «ТулНИИП», обеспечившим качественные технологические исследования во главе с М.Н.Сычевой, руководителю «Хакаснадра» В.В.Кяргину, начальнику производственного отдела А.А.Булатову, генеральному директору ООО «СибГео» В.К.Кондрину, главным геологам Е.А.Белоножко 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. Признателен аспиранту В.С.Кряжеву за помощь в компьютерной верстке рисунков, изучении морфологии и состава самородного золота, математической обработке результатов исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабин Л.В., Калинин Ю.А. Металлогения золота Кузнецкого Алатау. – Новосибирск: СО РАН, 1999.
2. Временное методическое руководство по обработке геологических проб золоторудных месторождений с предварительным извлечением металла / М.Н.Савосин, В.А.Саклаков, В.А.Захваткин. – 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. Коньшев В.О., Вартамян С.С., Горелов А.Г. Способ определения среднего содержания золота в рудных телах // Патент на изобретение RU № 2383889 С1. 10.03.2010. Бюл. № 7.
10. Методика разведки золоторудных месторождений / В.Н.Иванов, В.П.Кувшинов, В.И.Батрак и др. – М.: ЦНИГРИ, 1991.
11. Методические рекомендации по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Золото рудное. ГКЗ, 2007. Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р.
12. 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.
13. 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.
14. Dominy S.C. and Platten I.M. Gold particle clustering — a new consideration in sampling applications // Trans Inst Min Metall. 2007. 116. B130–B142.
15. Pitard F.F. Sampling Theory and Methods // A short Course presented at the University of the Witwatersrand. 2006. Vol. I. October 2002.