

развития палеопротерозойских коматиитовых базальтов свиты ветреного пояса, выделяются эшелонированно расположенные валы меньших размеров амплитудой более 240 м (1, рис. 2). На погружении этой структуры к северо-западу расположена мультислойчатая впадина (2, рис. 2), к которой приурочены р. Нюхча и Заячка и которая контролируется разломами субмеридионального и северо-западного простираний. Впадина, также как и рядом расположенная, но значительно меньших размеров образована преимущественно в поле развития андезибазальтов киричской свиты, слагающих юго-западный склон всего валообразного поднятия.

В центральной части Ветреного пояса наблюдается снижение амплитуд конэрозионных поднятий (140–180 м). Здесь выделяется орографически проявленная полукольцевая структура, другая часть которой расположена в Карельской гранит-зеленокаменной области. Диаметр концентрической структуры ~40 км. Эта структура проявлена в геологическом строении: она сложена андезибазальтами киричской свиты, тогда как по ее обрамлению развиты карбонатно-терригенные отложения кожозерской свиты. На площади Ветреного пояса в контурах этой структуры выделяются локальная впадина (3, рис. 2), к которой приурочены верховья р. Подломка и поднятие субмеридионального простирания. Центральная часть Ветреного пояса, соответствующая Кожозерскому блоку (II), выявленному по геолого-геофизическим данным, отделена поперечными флексуно-разрывными зонами — линеаментами, совпадающими с серией сближенных разломов, известных по геолого-геофизическим данным от Нюхчеченского блока (I), расположенного севернее и Ундозерского (III), занимающего юго-восточную часть Ветреного пояса.

Юго-восточная часть Ветреного пояса отличается большими размерами и меньшими значениями неотектонических поднятий, на фоне которых обособляются структуры амплитудой 180–220 м. Онегареченская концентрическая структура, выявленная при дешифрировании материалов дистанционных съемок и цифрового рельефа, имеет неоднородное и телескопированное строение: ее северная часть занята поднятием (4, рис. 2), а центральная часть отличается меньшими амплитудами конэрозионных поднятий и осложнена локальными изометричными впадинами (5, рис. 2). Структура является наложенной, не корреспондирующей с геологическим строением этой территории и, возможно, отражает более глубинные неоднородности земной коры.

#### Заключение

На основе проведенного комплексного структурно-геоморфологического и геолого-геофизического анализа можно сделать следующие выводы:

Ветреный пояс в морфоструктурном плане представляет собой валообразное поднятие, узкое и высокое в северо-западной части и расширяющееся и погружающееся к юго-востоку. В особенностях его строения проявились структурно-вещественные неоднородности геологического основания, переработанного неоген-четвертичными тектоническими движениями, в том

числе блоковое строение, образованное на ранних этапах его развития. Морфология неотектонических структур Ветреного пояса позволяет предположить, что его неоген-четвертичный структурный план формировался в условиях латерального сжатия (транспрессии), а граничный разлом с Беломорским подвижным поясом является, вероятно, взбросо-сдвигом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Костенко Н.П., Макарова Н.В., Корчуганова Н.И. Выражение в рельефе складчатых и разрывных деформаций. — М.: МГУ, 1999. — 120 с.
2. Коматииты и высокомагнезиальные вулканы раннего докембрия Балтийского щита / Под ред. О.А. Богатикова. — Л.: Наука, 1988. — 192 с.
3. Корсаков А.К., Межеловский А.Д., Лобанов А.М. Блоковое строение Ветреного Пояса // Изв. вузов. Геология и разведка. — 2010. — № 2. — С. 17–23.
4. Куликов В.С., Куликова В.В., Бычкова Я.В. Ветреный Пояс: тектоно- и петрологический палеопротерозой ЮВ Фенноскандии / Геология Карелии от архея до наших дней. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. — С. 156–169.
5. Мещеряков Ю.А. Морфоструктура равнинно-платформенных областей. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. — 112 с.
6. Минц М.В., Сулейманов А.К., Бабаянц П.С. и др. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС: в 2 т. — М.: ГЕОКАРТ, ГЕОС, 2010. — Т. 2. — 400 с.
7. Структурно-формационная карта Ветреного пояса. Масштаб 1:200 000 / Под ред. В.С. Куликова, 1984.
8. Puchtel I.S., Haase K.M., Hofmann A.W., Chauvel C., Kulikov V.S., Garbe-Schnberg C.D., and Nemchin A.A.. Petrology and geochemistry of crustally contaminated komatiitic basalts from the Vetreney Belt, southeastern Baltic Shield: Evidence for an early Proterozoic mantle plume beneath rifted Archean continental lithosphere. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 61, No. 6, pp. 1205–1222, 1997.

© Межеловский А.Д., Корчуганова Н.И., Межеловская С.В., 2016

Межеловский Алексей Дмитриевич // geoson@yandex.ru  
Корчуганова Нелля Иосифовна // nkorchuganova@mail.ru  
Межеловская Софья Владимировна // mezhelsofya@gmail.com

УДК 550.84

Соколов С.В.<sup>1</sup>, Власов Н.Г.<sup>2</sup>, Курник Л.П.<sup>2</sup>,  
Юрченко Ю.Ю.<sup>1</sup> (1 — ФГУП «ВСЕГЕИ»,  
2 — ЗАО «УК «Петропавловск»)

#### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ОБЛАСТЯХ РАЗВИТИЯ ПЛОЩАДНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ И ОЗЕРНО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОВЫШЕННОЙ МОЩНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ПИОНЕР-ПОКРОВСКОГО РУДНОГО РАЙОНА)

Показана высокая эффективность геохимических поисков по наложенным сорбционно-солевым ореолам рассеяния с использованием разработанного в ФГУП «ВСЕГЕИ» метода анализа сверхтонкой фракции (МАСФ) в областях развития площадных кор выветривания и озерно-аллювиальных отложений повышенной мощности. По результатам апробации этого метода на Пионер-Покровской площади выявлены конкретные золоторудные зоны и тела, которые в настоящее время интенсивно разведываются и обрабатываются. **Ключевые слова:** наложенные сорбционно-солевые ореолы, метод анализа сверхтонкой фракции, закрытые территории, Пионер-Покровский золоторудный район.

THE GEOCHEMICAL PROSPECTING OF THE MINERAL DEPOSITS AT THE SITES OF THE AREAL CRUST OF WEATHERING AND THE LACUSTRINE-ALLUVIAL SEDIMENTS INCREASED POWER (BY THE EXAMPLE PIONEER-POKROVSKY ORE CLUSTER)

*The high efficiency of geochemical prospecting by the sorption-saline dispersion halos by the method of analysis of the superfine fraction (MASF) (developed at FSUE «VSEGEI») was demonstrated at the areas of the areal crust of weathering crusts and at the lacustrine-alluvial sediments increased power. According to the results of testing MASF on area of the Pioneer-Pokrovsky Ore Cluster Intercession identified specific ore zones and ore bodies of gold mineralization, which are now, are explored intensely. Key words: sorption-saline dispersion halos, method of analysis of the superfine fraction, closed territory, Pioneer-Pokrovsky gold ore cluster.*

Территория Пионер-Покровского рудного района характеризуется слаборасчлененным и равнинным рельефом, повсеместной залесенностью, заболоченностью и развитием островной вечной мерзлоты. Широкое распространение здесь получили линейно-площадные коры выветривания. Значительные площади характеризуются повышенной мощностью (до 120 м) рыхлых отложений белогорской и сазанковской свит неоген-четвертичного возраста. В связи с закрытостью площади работ она непригодна в целом для опойскавания традиционными геохимическими методами с валовым полуколичественным анализом содержаний химических элементов, ориентированным на выявление остаточных механических вторичных ореолов рассеяния [1]. На таких территориях наиболее широкое применение нашли геохимические методы по наложенным сорбционно-солевым вторичным ореолам, основанные на явлении дальней миграции подвижных форм химических элементов из глубины к поверхности. К таким методам, в частности, относится разработанный в ФГУП «ВСЕГЕИ» [2] и адаптированный к ландшафтным условиям территории России метод анализа сверхтонкой фракции (МАСФ). Сущность метода заключается в выделении из проб рыхлых отложений сверхтонкой фракции с последующим переводом в раствор сорбционно-солевых форм нахождения элементов и анализом их количественными методами (ICP MS, ICP OES и др.).

В настоящее время МАСФ является единственным методом, нашедшим широкое применение в практике геохимических поисков на закрытых территориях в различных регионах России: на Северо-Западе, Дальнем Востоке, Сибири и на Урале при производстве геохимических работ масштабов 1:1 000 000 — 1:10 000 как государственными, так и частными предприятиями. Этот метод апробирован, в том числе в сложных ландшафтных условиях Пионер-Покровской площади, характеризующейся широким развитием площадных кор выветривания и озерно-аллювиальных отложений повышенной мощности. Здесь поиски с использованием этого метода проводятся с 2010 г. ФГУП «ВСЕГЕИ» по договорам с ЗАО «УК «Петропавловск».

В соответствии с технологией МАСФ на Пионер-Покровской площади опробованию в подзолистых и болотно-подзолистых почвах подвергался иллювиальный горизонт В бурого цвета, в болотных почвах — глеевый горизонт G зеленоватого или серого цвета. Глубина отбора проб зависела от фактического положения указанных горизонтов и обычно составляла 0,3–1,5 м, что позволило проводить работы с помощью лопаты либо специальных переносных инструментов — «пробойника» и «ложки». Работы проводились в площадном и профильном вариантах. В площадном варианте применялась нерегулярная сеть 1000–500 × 50–20 м, на детальном участке Опытный — 100 × 20 м. По отдельным профилям пробы отбирались с шагом 20, 40 или 50 м вкост простирания предполагаемых по геологическим данным рудоносных тел и зон.

Лабораторные работы проводились в Центральной лаборатории ФГУП «ВСЕГЕИ» (ЦЛ ВСЕГЕИ). При геохимическом опробовании рыхлого элювио-делювия по технологии МАСФ производились следующие виды лабораторных исследований:

1. Выделение сверхтонкой фракции по специальной технологии на установке ПВС (ФГУП «ВСЕГЕИ») с размером частиц в зависимости от гранулометрического состава исходной пробы менее 10 мкм или еще более тонкой фракции. Масса выделенной фракции должна составлять не менее 0,5–1 г.

2. Определение содержаний сорбционно-солевых форм 22 элементов (Au, Pt, Pd, Ag, As, Bi, Sb, Mo, Sn, W, U, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Ti, V, Mn, Cr, Ba, Hg) методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP MS). Методика анализа сверхтонкой фракции предусматривает разложение пробы «царской водкой», выпаривание до сухого остатка с последующим растворением солей в азотной кислоте и проведением аналитических определений содержаний элементов из растворов. При этом золото, платина, палладий, а также другие металлы практически полностью переходят в раствор, а основные матричные элементы пробы остаются в осадке. Применение масс-спектрометрии для анализа полученных растворов обеспечивает достиже-

Таблица 1  
Пределы обнаружения элементов при анализе ICP MS (разложение в «царской водке»)

| №  | Элемент | Ед. изм. | Нижний предел обнаружения | №  | Элемент | Ед. изм. | Нижний предел обнаружения |
|----|---------|----------|---------------------------|----|---------|----------|---------------------------|
| 1  | Ti      | %        | 0.001                     | 12 | Sn      | г/т      | 0.2                       |
| 2  | V       | г/т      | 2.5                       | 13 | Sb      | г/т      | 0.1                       |
| 3  | Cr      | г/т      | 1                         | 14 | Ba      | г/т      | 3                         |
| 4  | Mn      | %        | 0.0002                    | 15 | W       | г/т      | 0.5                       |
| 5  | Co      | г/т      | 0.5                       | 16 | Pb      | г/т      | 1                         |
| 6  | Ni      | г/т      | 1                         | 17 | Bi      | г/т      | 0.1                       |
| 7  | Cu      | г/т      | 1                         | 18 | U       | г/т      | 0.1                       |
| 8  | Zn      | г/т      | 1                         | 19 | Pd      | г/т      | 0.002                     |
| 9  | As      | г/т      | 1                         | 20 | Pt      | г/т      | 0.002                     |
| 10 | Mo      | г/т      | 0.6                       | 21 | Au      | г/т      | 0.002                     |
| 11 | Ag      | г/т      | 0.01                      | 22 | Hg      | г/т      | 0.015                     |

ние низких пределов обнаружения содержаний элементов (табл. 1).

Обработка аналитических данных предусматривала следующие основные операции:

1. Выделение продуктивной геохимической ассоциации эталонного рудного объекта («дыхание» руды) и соответствующих индикаторных показателей прогноза золотого оруденения по вторичным ореолам рассеяния для более достоверной их разбраковки по данным анализа рудных образцов.

2. Первичная обработка аналитических данных: учет и снятие влияния систематических лабораторных ошибок и ландшафтного фактора, расчет параметров фоновых и аномальных содержаний элементов, а также значений других геохимических показателей.

3. Выделение моноэлементных и полиэлементных геохимических аномалий (в виде графиков или площадных карт).

4. Выделение аномальных геохимических полей (АГХП) рангов рудного месторождения (РМ), рудного тела (РТ) по структурным и концентрационным геохимическим признакам.

5. Выделение перспективных потенциально золоторудных зон и тел, оценка их предполагаемых параметров (протяженности по простиранию, элементов залегания), составление прогнозно-геохимической карты.

6. Разработка рекомендаций под постановку заверочных горно-буровых работ, а также конкретных мест заложения поверхностных горных выработок или буровых скважин.

По данным анализа рудных проб, отобранных в рудохранилище УК «Петропавловск» и на местности построены геохимические ряды элементов для наиболее значимых проявлений золота Пионер-Покровской площади (табл. 2).

Как видно из приведенных спектров при некоторых вариациях химического состава изученных рудных объектов в качестве главных элементов-спутников золота (центростремительные элементы) можно выделить Sb, Ag, As. Спорадически в существенно повышенных содержаниях отмечаются Mo и Hg, второстепенными, спорадически встречающимися, являются Pb, Pt, Bi. Кроме того, оруденение характери-

**Таблица 2**

**Геохимические характеристики рудных объектов Пионер-Покровского рудного района**

| Название объекта         | Геохимический ряд (в КК) |           |           |           |           |     |     |     |     |     |      |
|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Месторождение Пионер     | <b>Au</b>                | <b>Sb</b> | <b>Ag</b> | <b>As</b> | Hg        | Bi  | Pb  | Pt  | Pd  | Mo  | Cu   |
|                          | 325                      | 91        | 48        | 41        | 8,7       | 6,0 | 3,4 | 2,5 | 1,5 | 1,3 | 1,1  |
|                          | Sn                       | Mn        | Ni        | Cr        | Zn        | W   | V   | Co  | U   | Th  | Ti   |
| Месторождение Покровское | 1,0                      | 0,9       | 0,5       | 0,5       | 0,4       | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,09 |
|                          | <b>Sb</b>                | <b>As</b> | <b>Au</b> | Hg        | <b>Ag</b> | Pt  | Mo  | Mn  | Pb  | Pd  | W    |
|                          | 84                       | 83        | 79        | 12        | 11        | 6,7 | 4,7 | 1,7 | 1,6 | 1,2 | 1,0  |
|                          | Bi                       | Zn        | Cr        | Co        | Ni        | U   | Sn  | V   | Th  | Ti  | Cu   |
| Рудопроявление Желтунак  | 0,9                      | 0,7       | 0,6       | 0,6       | 0,6       | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,1  |
|                          | <b>Au</b>                | <b>Ag</b> | <b>Sb</b> | <b>As</b> | Mo        | Cr  | Pt  | W   | Ni  | Pd  | Pb   |
|                          | 280                      | 38        | 29        | 28        | 7,1       | 4,4 | 2,8 | 1,7 | 1,2 | 0,7 | 0,6  |
|                          | Cu                       | Hg        | Co        | V         | Zn        | Ti  | Mn  | U   | Th  | Bi  | Sn   |
| Месторождение Александра | 0,5                      | 0,4       | 0,3       | 0,3       | 0,2       | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1  |
|                          | <b>Au</b>                | <b>As</b> | <b>Sb</b> | Mo        | <b>Ag</b> | Pt  | Cr  | Pb  | Ni  | W   | Pd   |
|                          | 216                      | 64        | 24        | 14        | 7,3       | 6,7 | 5,3 | 3,3 | 2,1 | 1,7 | 1,7  |
|                          | Cu                       | Bi        | Ti        | V         | Zn        | Sn  | Co  | Hg  | Mn  | U   | Th   |
|                          | 1,5                      | 1,3       | 1,0       | 0,9       | 0,9       | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2  |

**Таблица 3**

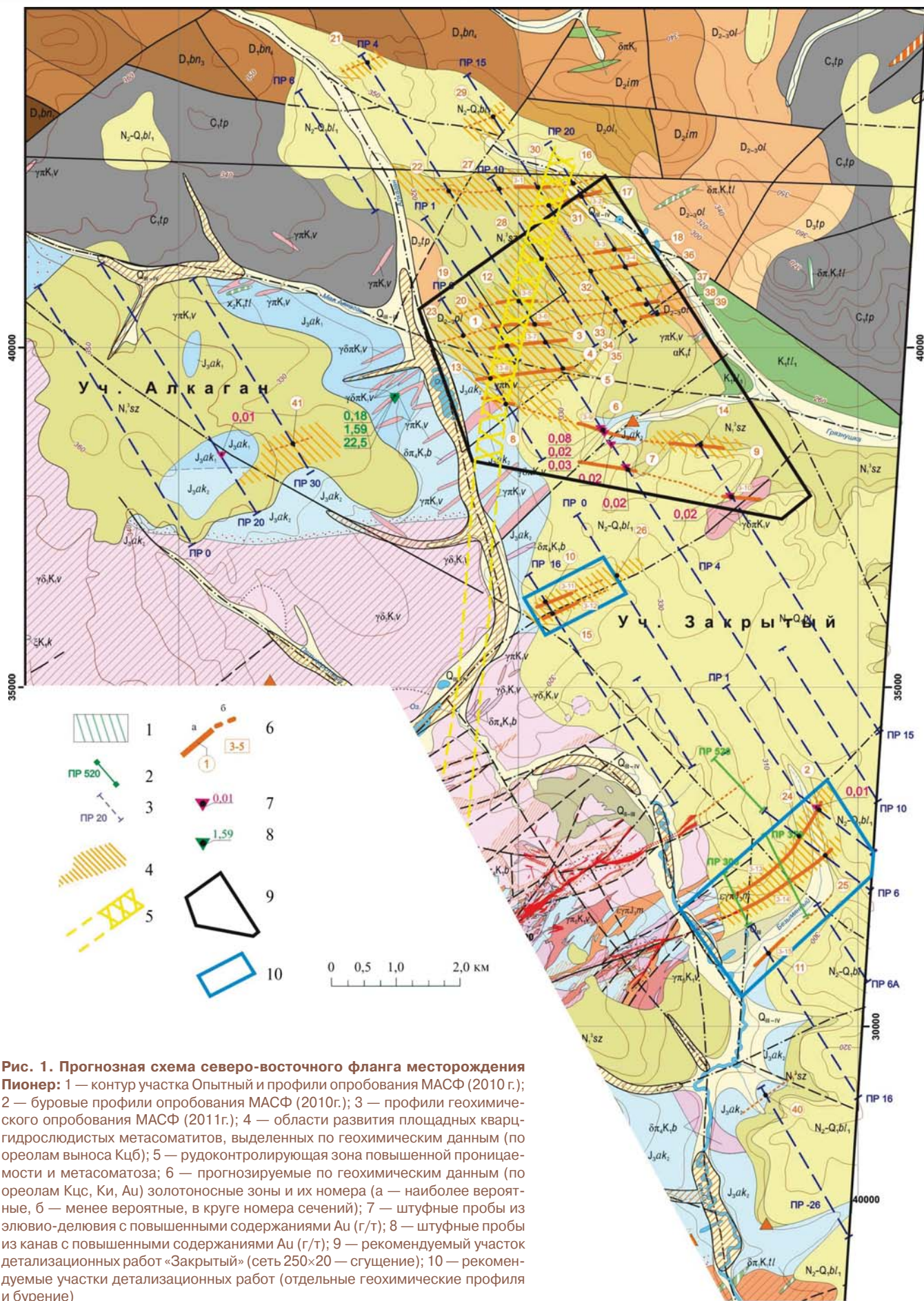
**Состав центробежной группы элементов АГХП рангов РТ, РМ по частоте встречаемости**

| №   | Металлогеническая специализация РС | Элементы по частоте встречаемости |                            |                              |                                                         |
|-----|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------|
|     |                                    | типичные ≥75%                     | часто встречающиеся 50–75% | средней встречаемости 25–50% | редко встречающиеся <25%                                |
| I   | <b>Au, Ag</b>                      | <b>Ni, Co, Cr, V</b>              | <b>Mn, Ti</b>              | <b>Ba</b>                    | <b>Sr, Ga, Sc, Zr, Y, B, Li, Nb, Fe, Cs, Na, Mg, Ca</b> |
| II  | Cu, Mo                             | Ni, Cr, V, Mn, Ti                 | Co                         | Ba, Sr, Ga, Sc               | Zr, Na, Ca, K, P                                        |
| III | Pb, Zn                             | Cr, V, Mn                         | Ni, Co                     | Ti, Ba, Sr, Ga, Zr, Ca       | Fe, Mg, K                                               |
| IV  | Редкие металлы                     | Ni, Co, Cr, Ti, Ba, Sr            | V, Sc, Zr                  | Pb, Zn, Cu, Nb               |                                                         |
|     | Усредненные данные (I–IV)          | Cr, Ni, V, Co                     | Mn, Ti, Ba, Sr             | Ga, Zr, Sc                   | Ca, Na, K, Fe, Mg, P, Y, B, Li, Nb, Cs, Pb, Cu, Zn      |

зуется резко пониженными содержаниями относительно фона (кларка А.П. Виноградова для кислых пород) Ti, Co, V, Zn, Mn и слабо спорадически пониженными — Cr и Ni, типичных центробежных элементов аномальных геохимических полей золотой специализации (табл. 3). Последние образуют ореолы выноса в центральных частях (ядерных зонах) аномальных геохимических полей рудогенных систем ранга от рудного узла до рудного тела включительно [3].

На основе сопоставления приведенных выше геохимических спектров с химическим составом известных проявлений золота в качестве аналогов можно рассматривать месторождения убого-малосульфидной золото-серебряной формации адуляр-серицит-кварцевого типа, в частности, такие как Карамкен и Кубака [3, 4 и др.].

С использованием вышеприведенных данных, а также результатов анализа спектра комплексных вторичных ореолов, известных на Пионер-Покровской площади месторождений, выделены мультипликатив-



**Рис. 1. Прогнозная схема северо-восточного фланга месторождения Пионер:** 1 — контур участка Опытный и профили опробования МАСФ (2010 г.); 2 — буровые профили опробования МАСФ (2010г.); 3 — профили геохимического опробования МАСФ (2011г.); 4 — области развития площадных кварц-гидрослюдистых метасоматитов, выделенных по геохимическим данным (по ореолам выноса Кцб); 5 — рудоконтролирующая зона повышенной проницаемости и метасоматоза; 6 — прогнозируемые по геохимическим данным (по ореолам Кцс, Ки, Ау) золотоносные зоны и их номера (а — наиболее вероятные, б — менее вероятные, в круге номера сечений); 7 — штуфные пробы из элювио-делювия с повышенными содержаниями Ау (г/т); 8 — штуфные пробы из канав с повышенными содержаниями Ау (г/т); 9 — рекомендуемый участок детализационных работ «Закрытый» (сеть 250×20 — сгущение); 10 — рекомендуемые участки детализационных работ (отдельные геохимические профили и бурение)

ные коэффициенты — индикаторы золотого оруденения. В рассматриваемом районе наиболее контрастно золотое оруденение фиксируется в мультипликативных ореолах привноса центростремительных элементов (Кцс) вида  $Au \cdot Ag \cdot Hg \cdot As \cdot Sb$ , в ореолах выноса центрбежных элементов (Кцб) вида  $Mn \cdot Co \cdot Ti \cdot Zn \cdot V$  и ореолах привноса коэффициента интенсивности (Ки) вида  $Au \cdot Ag \cdot Hg \cdot As \cdot Sb / Mn \cdot Co \cdot Ti \cdot Zn \cdot V$ . Ореолы выноса центрбежных элементов (менее 0,1 у.е.) отражают нередко широкие зоны (сотни метров) кислотного метасоматоза (полнопроявленные березиты, кварциты), к которым и приурочены как известные, так и прогно-

зируемые золотоносные тела. Они, в зависимости от уровня содержаний золота, характеризуются в различной степени повышенными значениями мультипликативного показателя  $Au \cdot Ag \cdot Hg \cdot As \cdot Sb$ . Для прогноза золоторудной минерализации выделяются следующие критериальные значения вышеупомянутых коэффициентов:

1.  $K_{цс} > 1000$ ,  $K_{цб} < 0,1$  — наиболее вероятно выявление золоторудных тел и зон.
2.  $K_{цс} = 100-1000$ ,  $K_{цб} = 0,1-1$  — вероятно выявление тел и зон с золоторудной минерализацией, в отдельных случаях промышленного значения.

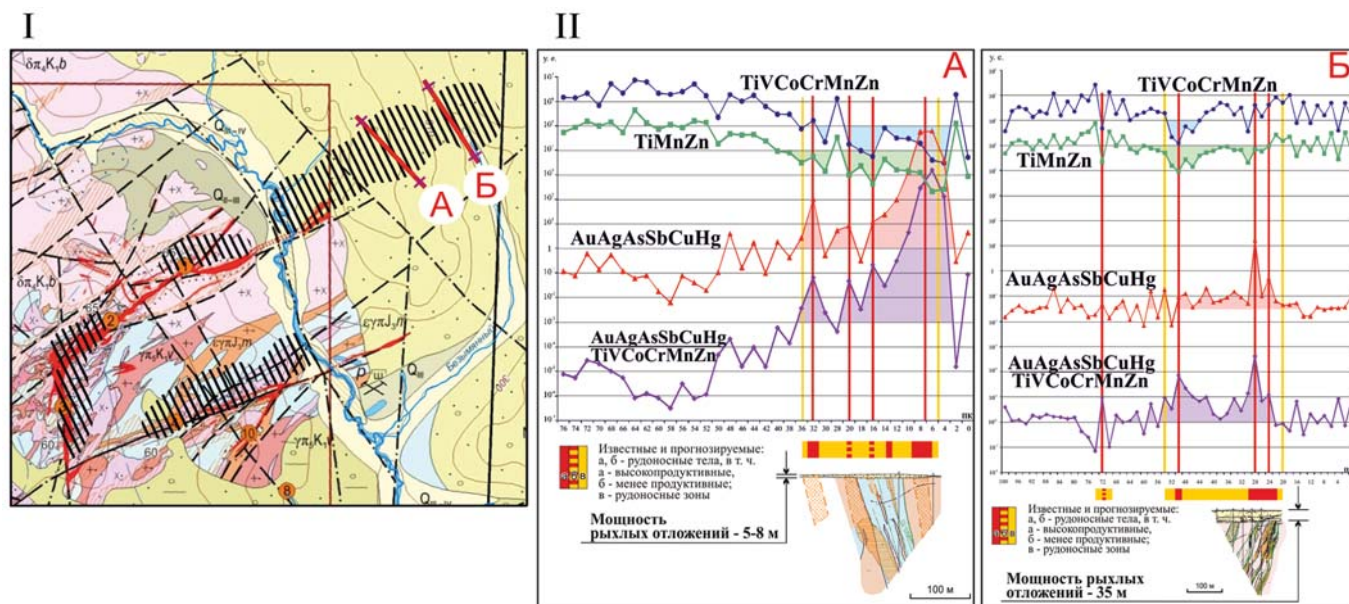


Рис. 2. Результаты заверочных работ (бурение) перспективных аномалий МАСФ на флангах месторождения Пионер: I — геологическая схема; II — графики распределения значений коэффициентов по профилям литогеохимического опробования МАСФ

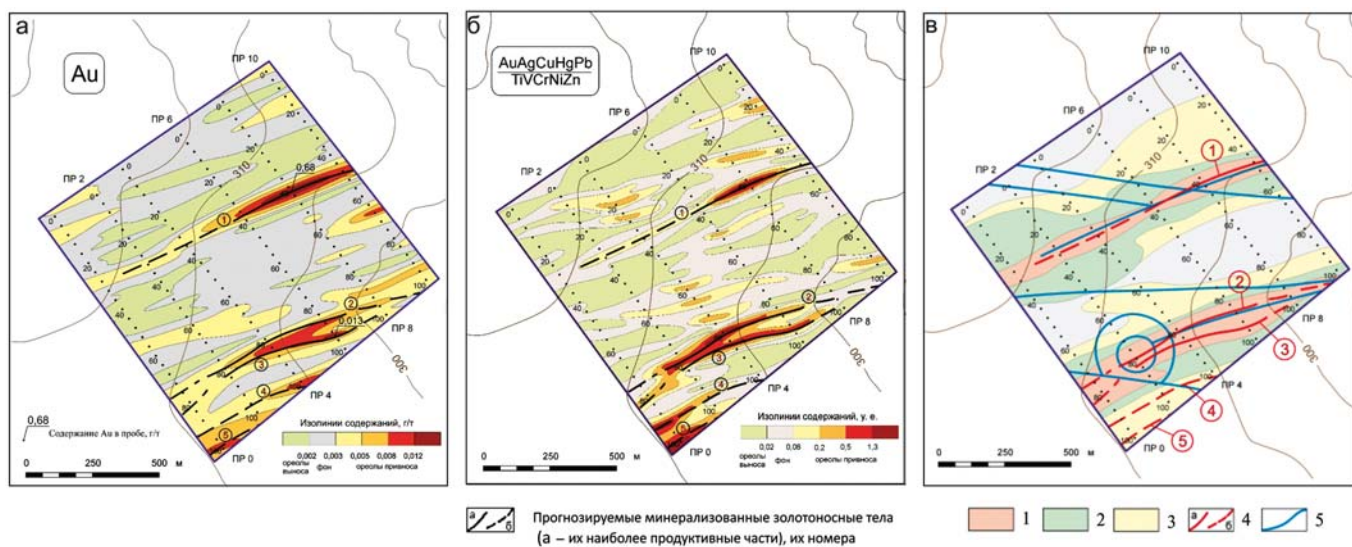
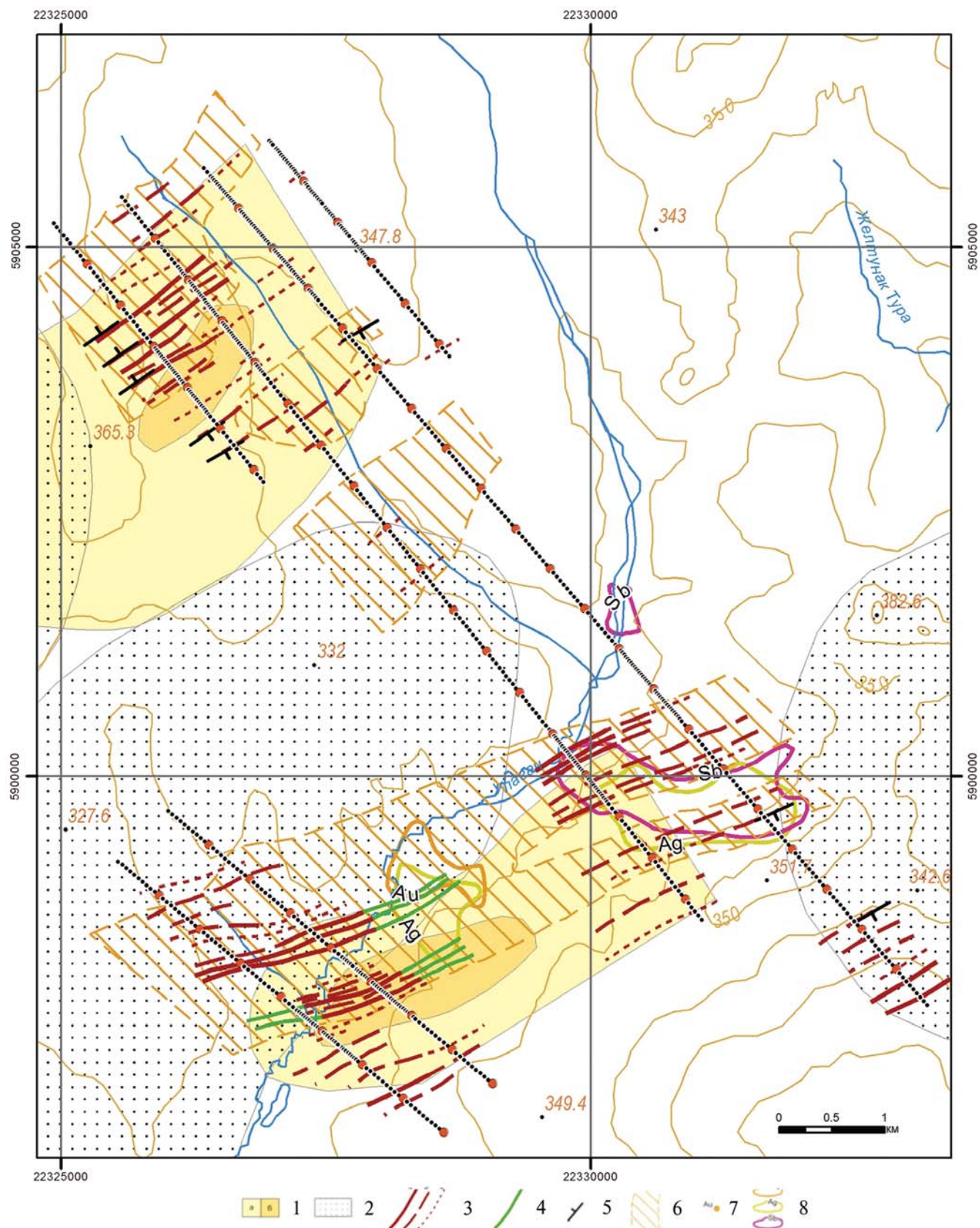


Рис. 3. Результаты геохимических поисков МАСФ на участке Опытный: а) ореолы золота; б) ореолы коэффициента вида  $AuAgCuHgPb/TiVCrNiZn$ ; в) прогнозно-геохимическая карта: строение АГХП ранга РТ: 1 — ядерная зона — область концентрации центрбежных элементов (рудного комплекса)  $AuAgCuHgPb(BiSbMo)$  и деконцентрации центрбежных элементов  $TiVCrNiZn(Co)$ ; 2 — зона обмена, характеризующаяся диаметрально противоположным спектром; 3 — фланговая зона концентрации — область повышенных содержаний центростремительных элементов и субфоновых — центрбежных; 4 — прогнозируемые минерализованные золотоносные тела (а — их наиболее продуктивные части, б — менее продуктивные), их номера; 5 — разрывные нарушения, полученные при дешифрировании космоснимков



**Рис. 4. Прогнозная схема участка Улагач:** 1 — ореолы Au МАСФ (по результатам съемки м-ба 1:200 000) 1-й (а) и 2-й (б) градаций; 2 — комплексные ореолы метасоматически измененных пород по данным дистанционного зондирования; 3 — прогнозируемые рудные минерализованные зоны: а) наиболее вероятные, золоторудные ( $K_{\text{цс}} > 1000$ ,  $K_{\text{цб}} < 1$ ), б) вероятные, с золоторудной минерализацией ( $K_{\text{цс}} = 100-1000$ ,  $K_{\text{цб}} < 1$ ), в) минерализованные, слабозолотоносные ( $K_{\text{цс}} = 10-100$ ,  $K_{\text{цб}} = 0,1-1$ ); 4 — вероятное продолжение прогнозируемых золоторудных зон вне участков отбора литохимических проб; 5 — прогнозируемые зоны наклонного залегания; 6 — прогнозные зоны метасоматически измененных пород (кварц-гидрослюдистой формации); 7 — рудопроявления Au; 8 — спектрометрометрические ореолы с указанием состава (по данным А.С. Вольского, 1979)

3.  $K_{\text{цс}} = 10\text{--}100$ ,  $K_{\text{цб}} > 1$  — соответствуют минерализованным, слабозолотоносным телам.

Приведем несколько примеров апробации на Пионер-Покровской площади технологии МАСФ и выделенных критериев прогноза золоторудных объектов.

В связи с неудовлетворительной эффективностью площадных геохимических работ на Пионер-Покровской площади по остаточным вторичным ореолам рассеяния («инструктивная» методика) УК «Петропавловск» в 2010 г. было принято решение силами ФГУП «ВСЕГЕИ» провести по технологии МАСФ опытные работы по трем профилям шагом 20 м в районе известных рудных зон Бахмут и Андреевская месторождения Пионер, перекрытых неогеновыми песками и глинами мощностью 30–80 м (рис. 1, выделены зеленым цветом). По результатам этих работ на флангах месторождения были выделены новые линейные комплексные аномалии. Последующим бурением здесь разведаны и большей частью уже отработаны мощные (первые десятки метров) зоны березитизированных пород с содержанием золота от 0,4 до 150 г/т и серебра до 281 г/т (рис. 2).

В это же время на участке Опытный севернее месторождения Пионер были проведены геохимические работы МАСФ масштаба 1:10 000 (сеть 200 × 20 м). Здесь выделены средне-контрастные вторичные ореолы Au (рис. 3), Hg, Mn (более 2 КК); ореолы низкой интенсивности — Ag, Pb, Bi, Cu, As, Zn, Ni, Co, Cr, Ti, V (1,5–2 КК). Невысокая контрастность выделенных ореолов большинства элементов, вероятно, связана с большой мощностью рыхлых отложений сазанковской свиты (от 30 до 95 м). При этом следует отметить, что уровень содержаний сорбционно-солевых форм золота сопоставим с концентрацией этого металла в наложенных вторичных ореолах рассеяния известных золоторудных объектов за рубежом. Так, например, на китайских крупных месторождениях Танджигоу и Золотая гора в сорбционно-солевых ореолах содержания золота не превышают 5 КК.

В целом, несмотря на низкую контрастность, ореолы вышеуказанных элементов по совокупности образуют аномальное геохимическое поле упорядоченного зонального строения. От центра к периферии выделяют следующие зоны:

ядерная зона — область концентрации центростремительных и деконцентрации центробежных элементов;

зона обмена, характеризующаяся диаметрально противоположным спектром;

фланговая зона концентрации — область повышенных содержаний центростремительных элементов при субфоновых центробежных.

Зональность этих аномальных геохимических зон наиболее четко проявляется в ореолах коэффициента интенсивности  $K_{\text{и}}$  вида  $\text{AuAgCuHgPb/TiVCrNiZn}$ : относительно контрастные ореолы привноса этого коэффициента фиксируют ядерную зону АГХП, ореолы выноса — зону обмена (рис. 3).

На основе анализа морфологии ореолов золота, элементов-спутников,  $K_{\text{цс}}$  и  $K_{\text{и}}$  геометризваны несколько аномальных зон, соответствующих прогнозируемым

минерализованным телам. Бурением подтверждена рудная природа этих аномалий. Последующими геохимическими работами по сети 1000–500 × 40 м в районе участка Опытный выделены еще 15 линейных комплексных аномалий МАСФ (рис. 1). Заверка шести из них подтвердила их рудную природу: здесь выявлены рудные зоны промышленного значения с содержанием Au 0,4–8,5 г/т, являющиеся сегодня составной частью нового, разведываемого золоторудного месторождения Александра.

Обнадеживающие результаты получены и на северном фланге месторождения Желтунак (участок Сухой), где выявлены контрастные и средне контрастные ореолы Au (до 0,22 г/т), Ag, As, Hg, и слабоконтрастные — Cu, Pb, Pd, Bi. По результатам заверочных буровых работ в единичных сечениях зафиксированы содержания Au до 19,5 г/т.

С 2014 г. по настоящее время проводятся геохимические профильные работы МАСФ в масштабе 1:50 000 (6 профилей с опробованием через 50 м и детализацией через 25 м) южнее месторождения Покровское на участке Улагач. Этот участок выделен по результатам геохимических работ МАСФ масштаба 1:200 000 (сеть 1 × 1 км) (рис. 4).

По результатам этих работ в южной части участка прогнозируется рудоносная зона березитов восток-северо-восточного простираения протяженностью как минимум 5 км при ширине порядка 1,5 км (рис. 4). В ее пределах выделяются три группы золотоносных минерализованных тел (локальных зон). В настоящее время на участке проводятся буровые заверочные работы. По предварительным данным здесь установлена мощная зона метасоматически измененных пород с пиритовой минерализацией по внешнему облику сходная с рудными зонами месторождения Покровское.

Подводя итог отметим, что, несмотря на многолетние, масштабные геохимические поиски по остаточным вторичным ореолам рассеяния («стандартная» методика) на Пионер-Покровской площади, характеризующейся широким развитием площадных кор выветривания и озерно-аллювиальных отложений повышенной мощности, рудных объектов выявить не удалось, тогда как с применением технологии МАСФ за короткий срок выявлены конкретные золоторудные зоны и тела, которые в настоящее время интенсивно разведываются и отрабатываются.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Временные методические указания по проведению геохимических поисков на закрытых и полузакрытых территориях* / С.В. Соколов, А.Г. Марченко, С.С. Шевченко и др. — СПб: ВСЕГЕИ, 2005.
2. Патент РФ № 2330259 от 07.08.2006. Геохимический способ поисков месторождений полезных ископаемых / О.В. Петров, С.С. Шевченко, С.В. Соколов и др.
3. Соколов С.В. Структуры аномальных геохимических полей и прогноз оруденения. — СПб.: Наука, 1998.
4. Стружков С.Ф., Аристов В.В., Данильченко В.А. и др. Открытие месторождений золота Тихоокеанского рудного пояса (1959–2008 годы). — М.: Научный мир, 2008. — 256 с.

© Коллектив авторов, 2016

Соколов Сергей Валерьевич // sergey\_sokolov@vsegei.ru  
Власов Николай Гаврилович // vlasov@pokrmine.ru  
Курник Леонид Петрович // kurnik@pokrmine.ru  
Юрченко Юрий Юльевич // Yuri\_Yurchenko@vsegei.ru