

УДК 550.84

Соколов С.В., Марченко А.Г., Петров О.В.,  
Шевченко С.С., Макарова Ю.В. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

**ТЕХНОЛОГИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ В ТИПОВЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ОБСТАНОВКАХ ТЕРРИТОРИИ РФ**

*Выделены три основных типа ландшафтных обстановок территории России, которые определяют выбор технологии региональных геохимических работ (ГХР). Обоснованы рациональные информативные технологии ГХР в различных ландшафтных обстановках. Предложено внедрить в практику региональных ГХР на открытых территориях модифицированную технологию литохимического опробования по потокам рассеяния, а на полузакрытых и закрытых территориях — технологии опробования по наложенным сорбционно-солевым ореолам и потокам рассеяния. **Ключевые слова:** региональные геохимические работы, ландшафтные обстановки, открытые территории, полузакрытые и закрытые территории, литохимические вторичные ореолы, литохимические потоки рассеяния.*

Sokolov S.V., Marchenko A.G., Petrov O.V., Shevchenko S.S.,  
Makarova Yu.V. (VSEGEI)

**TECHNOLOGY OF REGIONAL GEOCHEMICAL WORKS IN TYPICAL LANDSCAPE CONDITIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION TERRITORY**

*Three main types of landscape conditions in the territory of Russia are identified. They determine the choice of technology for regional geochemical works (GW). Rational informative GW technologies in various landscape conditions are substantiated. In the practice of the regional GW the following technologies are proposed to introduce: for open areas — modified lithochemical sampling after leakage fluxes, for semi-covered and covered areas — sampling after sorption-salt secondary halos and leakage fluxes. **Keywords:** regional geochemical works, landscape conditions, open areas, semi-closed and closed areas, lithochemical secondary halos, lithochemical leakage fluxes.*

Технология опробования при производстве геохимических работ (ГХР) определяется их масштабом и ландшафтными особенностями изучаемых площадей. По условиям формирования гипергенных геохимических полей и применяемым технологиям геохимических поисков на территории России выделяются следующие три основных типа геолого-ландшафтных обстановок [5]:

**I тип.** Ландшафты средне-, сильно расчлененных горных сооружений, обновленных или возрожденных

новейшими блоковыми поднятиями и складчатыми деформациями, а также ландшафты горных массивов древних щитов и выступов складчатого основания платформ с преобладанием сводовых и блоковых поднятий, перекрытые автохтонными рыхлыми отложениями склонового гравитационного ряда незначительной мощности (до первых метров). Для этого типа площадей характерны высокая расчлененность рельефа (углы склонов более 10°) и практически полное отсутствие площадных кор выветривания. Эти районы занимают около 25 % территории России. К ним относятся Уральская, Алтае-Саянская, Байкало-Витимская, Монголо-Охотская, Верхояно-Колымская, Чукотская и другие складчатые системы, отдельные участки Алданского щита, Анабарского массива и др. Эти территории относятся к категории открытых.

**II тип.** Равнинные и слаборасчлененные площади древних щитов и выступов складчатого основания платформ с широким или сплошным развитием дальнеприносных (аллохтонных) рыхлых отложений различного генезиса (водно-ледниковых, прибрежно-морских, эоловых и т.п.) мощностью до 10 м и более, а также ландшафты слаборасчлененных низкогорий и плоскогорий (углы склонов менее 10°) с повышенной мощностью остаточных (автохтонных) рыхлых образований (3–5 м и более). К этому типу относятся и площади развития покровно-ледниковых отложений с преобладанием основной морены, которая представляет собой локально перемещенный ледником обломочный материал либо смесь местного и перемещенного материала. Эти ландшафты с учетом фрагментарного их развития в районах I типа занимают около 32 % территории России. К ним относятся большая часть территорий древних щитов (Балтийского и др.) и выступов складчатого основания платформ, значительные площади в пределах ряда горно-складчатых систем (Уральской, Енисейской, Монголо-Охотской и др.). Эти территории относятся к категориям полузакрытых и, в случае повсеместного развития дальнеприносных отложений повышенной мощности, закрытых.

**III тип.** Равнинные ландшафты плитных комплексов древних платформ. В геоморфологическом плане эти районы принадлежат пластово-аккумулятивным и аккумулятивным равнинам, созданным новейшими опусканиями, а также равнинам и плато древних плит, испытавшим новейшие пологие деформации различного знака. Эти территории в основном перекрыты аллохтонными четвертичными отложениями ледникового, воздушного или морского ряда (водно-ледниковыми, прибрежно-морскими, эоловыми и т.п.) мощностью, как правило, в десятки метров. Они занимают около 43 % территории России и относятся к категории закрытых.

На открытых территориях интенсивно проявлены остаточные вторичные ореолы и механические потоки рассеяния. Соответственно применяются стандартные технологии литохимических поисков по остаточным вторичным ореолам и механическим потокам рассеяния с определением валовых содержаний элементов в пробах, предусмотренные «Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений» 1983 г. издания [2].

Для закрытых и полузакрытых территорий, характеризующихся вторым типом ландшафтных обстановок, применение традиционных геохимических методов поисков является неэффективным. На таких площадях используются специальные методы: либо глубинное литохимическое опробование, ориентированное на выявление остаточных вторичных ореолов в нижних горизонтах рыхлых отложений (например, тиллевая съемка) или в корах выветривания, либо литохимические поиски по наложенным ореолам в специфических безминеральных подвижных или вто-

рично закрепленных формах нахождения химических элементов (наложенных сорбционно-солевых) в разнообразных компонентах приповерхностных горизонтов рыхлого покрова [1, 7], а также в воздухе и растительности (атмо- и биохимические методы). Среди них по организационным, технологическим и экономическим причинам при площадных съемках чаще всего применяются специальные литохимические методы с отбором проб из приповерхностных горизонтов рыхлого покрова с последующим выделением и анализом содержаний информативных сорбционно-солевых форм нахождения химических элементов.

Для третьего типа ландшафтных обстановок — закрытых районов равнинных ландшафтов плитных комплексов древних платформ — технологии геохимических работ в настоящее время находятся на стадии опытно-методических разработок или апробации. Логично предположить, что для этого типа ландшафтов, как и для предыдущего, должны быть эффективны методы по на-

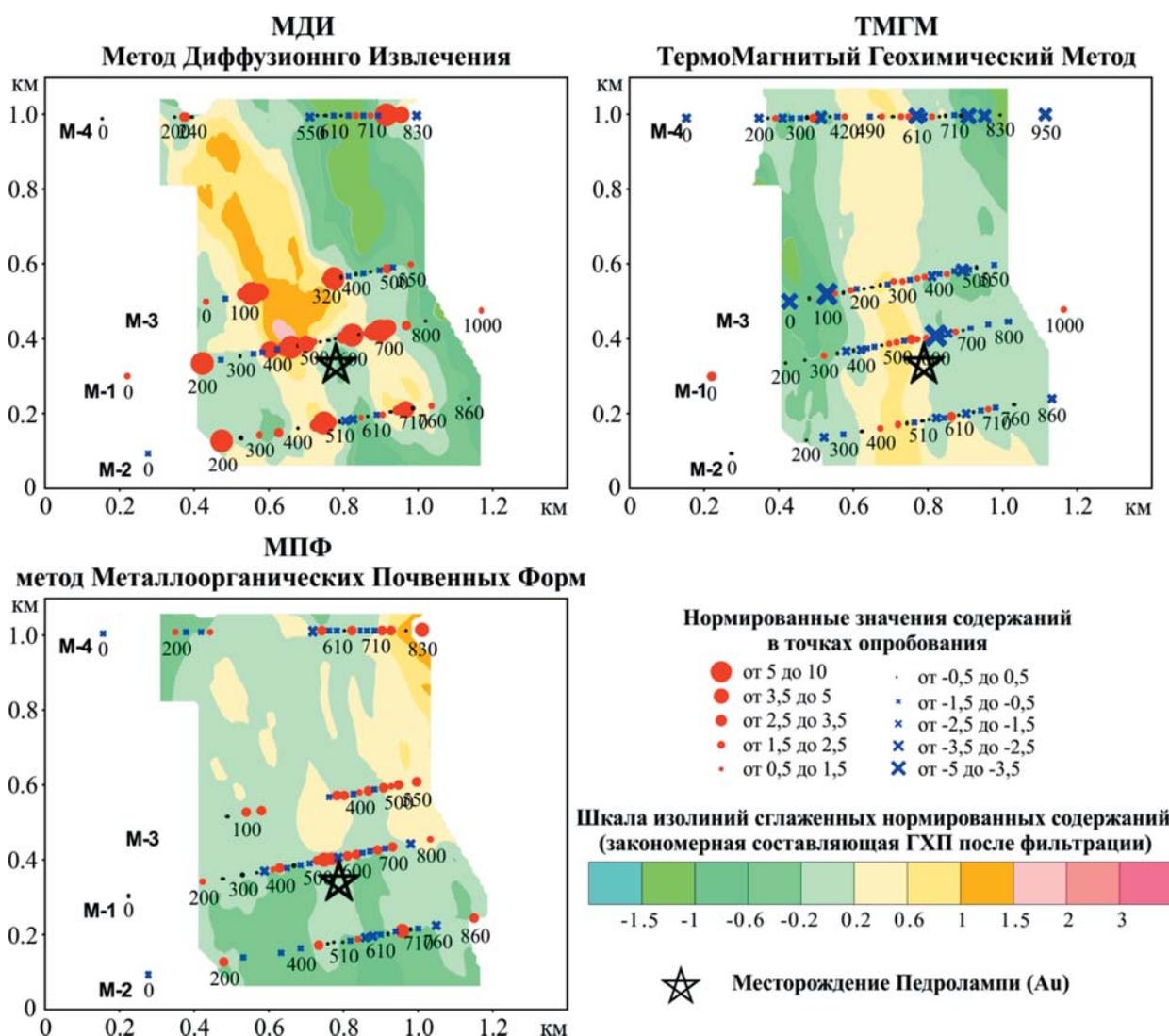


Рис. 1. Вторичные ореолы золота по результатам применения МДИ, МПФ и ТМГМ на участке Педролампи (Карелия). Использованы данные ВНИИ «ВИРГ-Рудгеофизика»

ложенным сорбционно-солевым ореолам. Это предположение подтверждается результатами многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 (МГХК-1000) на Русской платформе, где на некоторых листах для выделения наложенных ореолов ФГБУ «ИМГРЭ» применялся метод селективного извлечения сорбционно-солевых форм нахождения элементов азотной кислотой. Выделенные таким образом сорбционно-солевые ореолы удовлетворительно пространственно коррелируют с известными на территории проявлениями металлических полезных ископаемых.

В настоящее время существуют около полутора десятков методов литохимических поисков по наложенным сорбционно-солевым ореолам и потокам рассеяния. Среди них за рубежом нашли широкое применение такие методы, как МОМЕО (мобильные формы металлов в рыхлом покрове), NAMEG (наноразмерные металлы в земных газах), ММИ (мобильные ионы металлов) и др. К числу отечественных методов поисков по наложенным вторичным ореолам рассеяния относятся метод ЧИМ (частичного извлечения металлов), МДИ (метод диффузионного извлечения элементов), ТМГМ (термомагнитный геохимический метод), МПФ (метод металлоорганических почвенных форм), экспозиционный метод искусственных сорбентов, вышеупомянутый метод с экстракцией сорбционно-солевых форм азотной кислотой.

Некоторые из вышеперечисленных отечественных методов успешно используются при прогнозе углеводородного сырья, но не вошли широко в практику геохимических поисков металлических полезных ископаемых, так как их применение далеко не всегда дает надежный результат, а в ряде случаев сопряжено с техническими и методическими трудностями. В качестве иллюстрации неоднозначности прогнозного результата на рис. 1 приведены ореолы золота на месторождении Педролампи (Карелия), выделенные с применением некоторых из этих методов в условиях развития ледниковых образований. Как видно из рисунка, имеет место пространственная разобщенность центра месторождения и вторичных ореолов золота, что, скорее всего, затруднило бы выявление золоторудного тела по результатам заверки этих ореолов бурением. В этой связи совершенствуются известные и разрабатываются новые технологии геохимического прогнозирования и поисков рудных месторождений, в том числе с

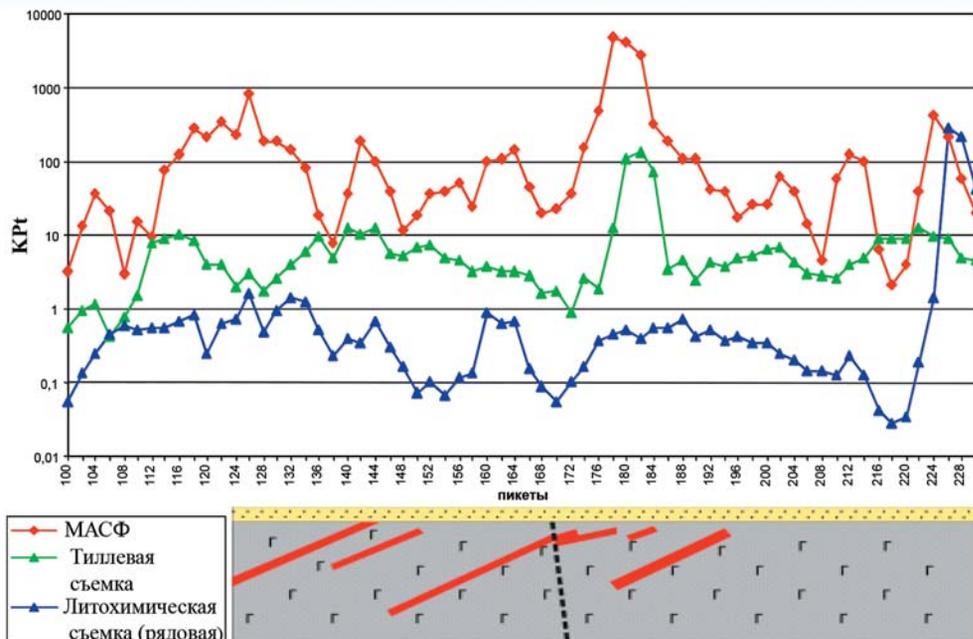


Рис. 2. Распределение осредненных значений (шаг 50 м) показателя KPt вида Pt×Pd×Ni×Co×Cu×As×Ag на платинометалльном месторождении Вуручайвенч, Кольский п-ов. Зоны минерализации показаны на разрезе красным цветом

использованием опыта зарубежных государств. К числу последних из серии технологий по наложенным сорбционно-солевым ореолам относится разработанный в ФГБУ «ВСЕГЕИ» (патент РФ № 2330259 от 07.08.2006) [4] метод анализа сверхтонкой фракции — МАСΦ [1, 7]. Сущность этого метода заключается в выделении из проб рыхлых отложений горизонта В (или G) сверхтонкой фракции по специальной технологии с размером частиц менее 10 мкм с последующим переводом в раствор сорбционно-солевых форм нахождения элементов и их анализом количественными методами (ICP OES, ICP MS и др.).

По результатам экспериментальных исследований, проведенных ФГБУ «ВСЕГЕИ» (заказчик ГМК «Норильский никель»), на эталонном платинометалльном объекте Вуручайвенч (Мурманская обл.) установлено, что ореолы МАСΦ в сравнении с остаточными ореолами, выявленными по рядовой (инструктивной) методике и по данным тиллевой съемки, характеризуются большей контрастностью, комплексностью и значительно большими размерами (рис. 2). Следовательно, МАСΦ позволяет более надежно выявлять рудные объекты по более редкой сети опробования с адекватным уменьшением экономических затрат, чем два других использованных в эксперименте метода.

По результатам опытно-методических работ (заказчик ОАО «Полиметалл») на платинометалльно-медном объекте Викша (Карелия) установлено, что ореолы МАСΦ в сравнении с ореолами МДИ и ТМГМ по всем элементам рудного комплекса за исключением меди (по МАСΦ и МДИ параметры ореолов близки) характеризуются более тесной пространственной связью с известными рудными телами, существенно большими размерами и, как следствие, в совокупно-

сти с более высокой контрастностью (рис. 3) — большей продуктивностью. Следовательно, в ландшафтных условиях, типичных для Карело-Кольского региона в целом, МАСФ является более надежным методом прогноза в сравнении с МДИ и ТМГМ. Этот метод на лабораторном этапе технологически более прост, обладает большей экспрессивностью и, как

следствие, является экономически более рентабельным в сравнении с сопоставимым по некоторым параметрам МДИ.

Сфера эффективного применения МАСФ не ограничивается только закрытыми территориями с повышенной мощностью рыхлых отложений. Технология МАСФ предусматривает использование сильного растворителя — «царской водки», с помощью которого в раствор для последующего анализа переводятся не только подвижные (солевые) и слабо закрепленные (сорбированные) формы нахождения элементов, но и элементы, входящие в состав некоторых минералов (сульфидов, самородных золота, серебра, платиноидов), в незначительной степени других минералов.

В этой связи МАСФ может применяться и на открытых территориях при поисках месторождений в первую очередь халькофильной и благороднометалльной специализации. Более высокая информативность этого метода на открытых территориях по остаточной составляющей в сравнении со стандартной технологией предопределяется селективным анализом наиболее информативных для прогноза элементов рудных минералов, что сближает МАСФ с минералого-(шлихо)-геохимическими методами. Эффективность технологии МАСФ на таких открытых площадях подтверждается результатами проведенных нами опытно-методических работ в различных регионах России.

Таким образом, МАСФ следует рассматривать как комбинированную технологию, нацеленную на выявление наложенных сорбционно-солевых и остаточных вторичных ореолов и механических потоков рассеяния. Это очень важно, т.к. расширяет возможности этой технологии, делая ее универсальной, т.е. приме-

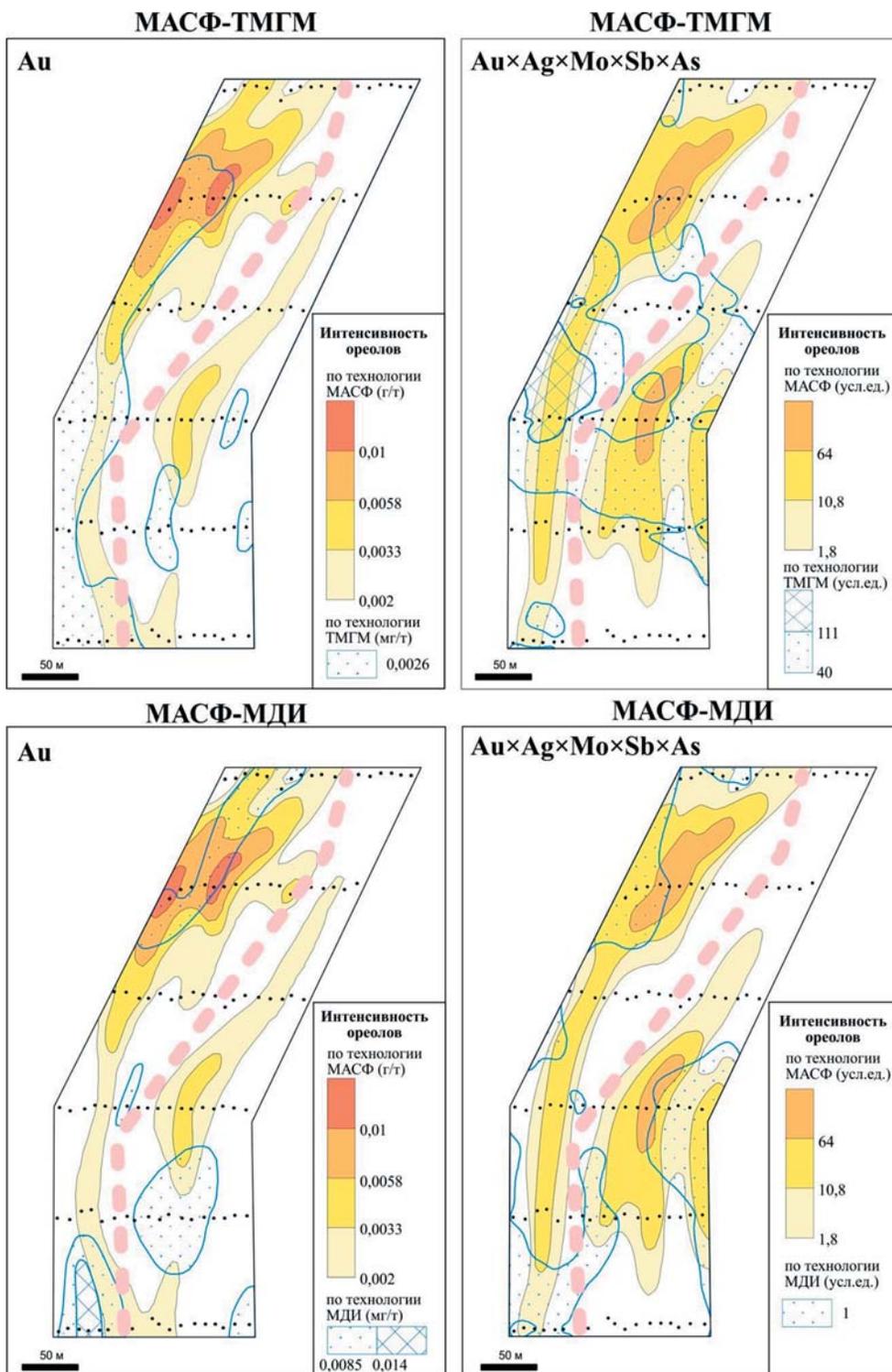


Рис. 3. Сопоставление вторичных ореолов Au, Au×Ag×Mo×Sb×As по результатам МАСФ, МДИ, ТМГМ на участке Викша (Карелия). Розовым цветом показаны генерализованные направления рудоносных зон, выделенные заказчиком

нимой как на открытых, так и на закрытых территориях. Результаты практической реализации МАСФ в варьирующих ландшафтных условиях подтверждают его универсальность: по сорбционно-солевой составляющей четко фиксируются рудные объекты, перекрытые рыхлыми отложениями повышенной мощности (закрытые территории), а на открытых территориях по остаточной составляющей — объекты халькофильной и благороднометалльной специализации.

В настоящее время МАСФ является единственным методом поисков по вторичным сорбционно-солевым ореолам, нашедшим широкое применение в практике геохимических поисков на закрытых территориях в различных регионах России (Северо-Запад, Дальний Восток, Сибирь, Урал) при производстве геохимических региональных (рис. 4) и детальных работ масштабов 1:1 000 000 — 1:10 000 как государственными, так и частными предприятиями (ВСЕГЕИ, ИМГРЭ, ОАО «Амургеология», Приморская, Карельская и Полярная экспедиции, ГМК «Норильский никель», УК «Петропавловск», ГПП «Геологическая компания», ОАО «Полиметалл» и др.). С применением технологии МАСФ при региональных и детальных геохимических поисках выделены десятки перспективных геохимических полей ранга от рудного узла до рудного тела включительно. По результатам горно-буровых работ в пределах некоторых установленных аномальных геохимических полей выявлены конкретные рудные тела (Амурская и Магаданская области, Таймыр), ряд рудопроявлений и локальных потенциально рудных зон (Карелия, Амурская и Магаданская области, Приморье, Урал, Еврейская АО), перспективных на выявление промышленного оруденения. В частности, на Пионер-Покровской площади (Приамурье), характеризующейся повышенной мощностью рыхлых аллювиально-озерных отложений (30–80 м), по результатам заверки бурением перспективных аномалий МАСФ выявлены кулисы и апофизы известных рудных тел, а также шесть рудных тел и зон, являющихся составной частью нового золоторудного месторождения

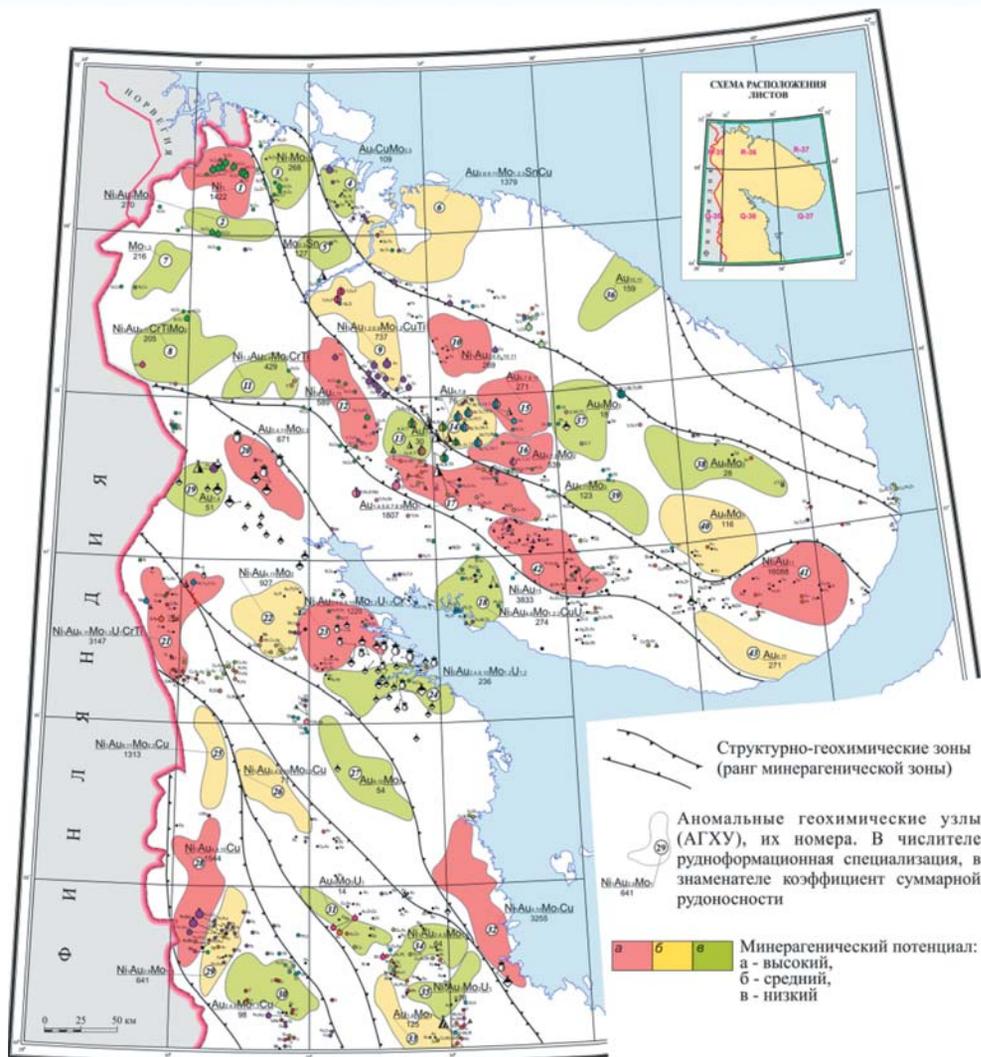


Рис. 4. Прогнозно-геохимическая карта Карело-Кольского региона по данным геохимических работ масштаба 1:1 000 000 методом анализа сверхтонкой фракции (МАСФ)

Александра [8]. Положительные результаты заверки аномалий также получены на Северо-Востоке, на Таймыре и в других регионах России.

Позитивный, более чем 15-летний опыт применения МАСФ в различных регионах страны, позволяет его рекомендовать к более широкому внедрению при производстве площадных ГХР как на закрытых территориях, так и на площадях, характеризующихся сочетанием различных ландшафтных условий проведения ГХР. Последний случай типичен при производстве региональных геохимических работ масштабов 1:200 000 и 1:1 000 000 (ГХР-200 и ГХР-1000) в связи с тем, что они проводятся в полистном варианте на значительных по площади территориях. Так, даже в сильно расчлененных горно-складчатых областях, которые относятся к типичным открытым территориям, часто отмечаются полузакрытые участки ландшафтов слаборасчлененных низкогорий и нижних склонов рек высоких порядков с повышенной мощностью рыхлых образований, а также закрытые площади широких долин крупных рек. Такие закрытые и полузакрытые участки составляют, как правило, не менее 5–15 %

Масштаб геохимической съемки	Основной объект прогноза и поисков	Площадь объекта прогноза (км <sup>2</sup> )	Плотность опробования (сеть)	Количество проб	Вероятность выявления П (%) <sup>1</sup>
1:1 000 000	РУ	100–1000	1 пр./100 км <sup>2</sup> (10×10 км)	1–10	26
			<b>1 пр./25 км<sup>2</sup> (5×5 км)</b>	<b>4–40</b>	<b>91</b>
1:200 000	РП	10–100	1 пр./4 км <sup>2</sup> (2×2 км)	2,5–25	71
			<b>1 пр./1 км<sup>2</sup> (1×1 км)</b>	<b>10–100</b>	<b>100</b>

Примечание. 1 — вероятность выявления оценивалась для минимального по площади основного объекта прогноза (столбец 2) изометричной формы по эмпирической формуле А.М. Шурыгина [11]:  $P = 1 - e^{-S/\Delta S} (1 + S/\Delta S)$ , где  $P$  — вероятность обнаружения объекта двумя пробами, в долях единицы (в таблице переведены в %),  $S$  — минимальная площадь основного объекта прогноза при конкретном масштабе съемки (РУ — 100 км<sup>2</sup>, РП — 10 км<sup>2</sup>),  $\Delta S = \Delta x \cdot 2l$  — площадь ячейки съемочной сети, где  $\Delta x$  — шаг по профилю,  $2l$  — расстояние между профилями.

площади листа. При стандартных литохимических съемках по механическим потокам рассеяния они из опробования исключаются, что может привести к пропуску месторождений. Для горных стран, характеризующихся сглаженными формами рельефа, закрытые и полузакрытые территории могут достигать 50 и более процентов от изучаемой площади. На таких территориях с изменчивыми ландшафтными условиями могут применяться как один и тот же метод, так и разные методы поисков, а именно:

1. На преимущественно закрытых-полузакрытых территориях с фрагментарно встречающимися открытыми участками (например, Карело-Кольский регион) при ГХР-1000, ГХР-200 — методы по наложенным сорбционно-солевым вторичным ореолам рассеяния, в том числе широко апробированный на территории России метод анализа сверхтонкой фракции (МАСФ). При ГХР-1000 возможно применение метода анализа сверхтонкой фракции по потокам рассеяния (в частности, МАСФ ПР) с опробованием донных осадков водотоков.

2. На открытых территориях в ландшафтах расчлененных горных областей, в пределах которых фрагментарно развиты ландшафты слаборасчлененных низкогорий с повышенной мощностью автохтонных рыхлых образований (полузакрытые площади) — метод по механическим потокам рассеяния с определением валовых содержаний элементов в пробах в сочетании на полузакрытых фрагментах территории с методами по наложенным сорбционно-солевым потокам рассеяния (МАСФ ПР). Возможно также применение МАСФ ПР на всей изучаемой площади — универсального метода поисков как на закрытых, так и на открытых территориях [1, 7].

3. В пределах преимущественно открытых территорий на закрытых участках широких долин крупных рек и равнинных ландшафтов, а также на примыкающих к ним полузакрытых участках — методы по наложенным сорбционно-солевым вторичным ореолам (в том числе МАСФ), на открытых участках — метод по

механическим потокам рассеяния.

Выбор методов геохимических поисков, а также технологии их реализации производится на подготовительном этапе с использованием схемы (карты) ландшафтно-геохимического районирования территории по условиям проведения геохимических работ.

На собственно закрытых территориях (пункт 1), а также на закрытых участках в пределах преимущественно открытых территорий (пункт 3) опробование при ГХР-200, ГХР-1000, как от-

мечалось ранее [5, 9, 10], рационально проводить по квадратной сети, выбор которой производится в соответствии с масштабом работ (таблица). Так, например, применение при ГХР-200 более редких квадратных сетей (2×2 км) вместо прямоугольных, предусмотренных «Инструкцией...» [2] (2000×200 м), позволит сократить объемы опробования в 10 раз с соответствующим уменьшением трудозатрат на пробоотбор и финансовых затрат на лабораторные работы. При региональных ГХР предпочтительнее применение сетей, выделенных в таблице жирным шрифтом, которые позволяют с высокой степенью вероятности выявлять минимальный по размерам основной объект прогноза: при ГХР-200 — это рудное поле (РП) площадью 10 км<sup>2</sup>, при ГХР-1000 — рудный узел (РУ) площадью 100 км<sup>2</sup>.

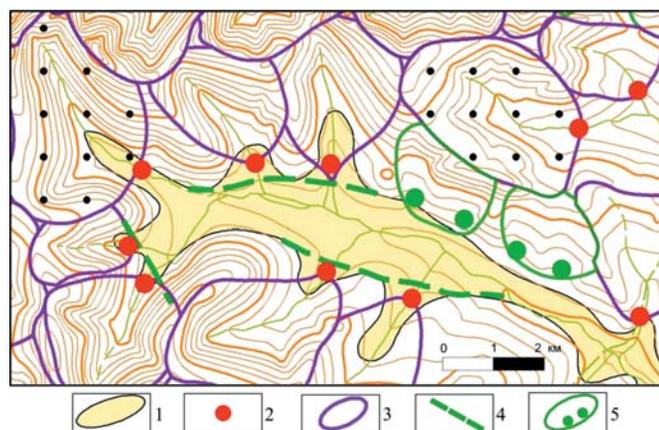
На открытых и смешанных по ландшафтными условиям (пункт 2) территориях, характеризующихся в целом высокой плотностью речной сети, ведущая роль при производстве региональных геохимических работ по праву принадлежит литохимической съемке по потокам рассеяния, т.к. именно данные опробования аллювия, характеризующие бассейны водосбора водотоков, позволяют получить наиболее полную и непрерывную характеристику распределения содержаний химических элементов на значительных по площади территориях вне зависимости от их геолого-поисковой изученности [6].

По результатам обобщения данных литохимических съемок по потокам рассеяния масштаба 1:200 000 на Северо-Востоке РФ и в Приамурье установлено, что наиболее объективно отражают распределение химических элементов в коренном субстрате пробы, отобранные из аллювия водотоков I порядка [1, 3, 6, 9, 10]. В этом случае опробование аллювиальных отложений производится в устьевых частях таких водотоков с примерно равными по площади бассейнами водосбора 2–5 км<sup>2</sup>. Для протяженных водотоков, имеющих площадь водосбора более 5 км<sup>2</sup>, площадь выделяемого бассейна может быть увеличена, но при этом она не

должна превышать 8 км<sup>2</sup>. Это делается с целью исключения пропуска рудных объектов, находящихся на склонах долин в нижней части течения таких водотоков. Точки опробования намечаются в пределах бассейна водосбора в крайне нижнем по течению водотока положении. Выбор относительно узкого интервала площадей бассейнов водосбора 2–8 км<sup>2</sup> предопределяет аддитивность содержаний элементов в опробуемом аллювии. При этом, как свидетельствует практический опыт составления сводных карт на значительные по площади территории на Дальнем Востоке, верхнее ограничение в 8 км<sup>2</sup> позволяет свести к минимуму геохимически не охарактеризованные участки при сохранении относительной аддитивности содержаний элементов.

Принципиально аналогичная схема пробоотбора может применяться в открытых районах при литохимической съемке по потокам рассеяния масштаба 1:1 000 000 путем опробования донных осадков устьевых частей водотоков преимущественно II и III порядков с бассейнами водосбора, соответствующими масштабу проводимых геохимических работ, в данном случае 25–100 км<sup>2</sup>. Такая схема ранее успешно использовалась при геохимических поисках месторождений урана с опробованием стока малых рек и применяется в настоящее время при производстве многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 (МГХК-1000).

Составление схемы опробования на открытых и смешанных (по 2 пункту см. выше) территориях производится на топографической основе, которая на масштаб крупнее проектируемых работ, с использованием цифровой модели рельефа. При ГХР-200 на топооснову масштаба 1:100 000 выносятся также современные четвертичные отложения. Они учитываются



**Рис. 5.** Схема опробования рыхлых отложений водотоков I порядка и эрозионных ложбин: 1 — четвертичные отложения; 2 — точки опробования рыхлых отложений (аллювий) постоянных водотоков I порядка; 3 — бассейны водосбора опробуемых водотоков площадью 2–8 км<sup>2</sup> (8 км<sup>2</sup> отмечены крапом); 4 — касательные линии к границе четвертичных и дочетвертичных отложений; 5 — точки опробования рыхлых отложений (делювий, коллювий или пролювий) мелких эрозионных ложбин (S < 2 км<sup>2</sup>), по которым формируется сводная проба; контуром выделены суммарные бассейны сноса рыхлого материала сближенных эрозионных ложбин

при планировании точек пробоотбора аллювиальных отложений водотоков I порядка.

Предварительная схема пробоотбора масштаба 1:100 000 при ГХР-200 составляется в два этапа. На 1-м этапе выделяются бассейны водосбора постоянных водотоков I порядка площадью 2–8 км<sup>2</sup>. При слиянии водотоков I порядка точки опробования намечаются выше места их слияния на минимальное расстояние, исключающее попадание в пробу аллювия, привнесенного смежным водотоком. Технически эта операция производится следующим образом. Проводится касательная линия к ближайшей от места слияния водотоков границе четвертичных и дочетвертичных отложений в пространстве между водотоками (рис. 5). Точки пробоотбора намечаются на 100–200 м выше по течению от пересечения касательной с водотоками I порядка. Для глубоко врезанных водотоков с ограниченным развитием четвертичных отложений, которые не нашли отражение в масштабе карты, точки пробоотбора намечаются в 200–300 м выше их слияния.

Для водотоков I порядка, непосредственно впадающих в ручьи и реки II–IV порядков, с бассейном водосбора менее 8 км<sup>2</sup> точка пробоотбора намечается выше их устья на расстоянии, исключающем попадание в пробу аллювия водотока высокого порядка. По опыту работ такие точки могут быть зафиксированы на 200–500 м выше по течению от пересечения с опробуемым водотоком касательной линии, проведенной вдоль границы четвертичных отложений водотока старшего порядка и дочетвертичных отложений на прилегающем к месту отбора участке (рис. 5). Для протяженных водотоков I порядка, имеющих длину более 5 км, площадь выделяемого бассейна может быть увеличена, но при этом по ранее указанной причине она не должна превышать 8 км<sup>2</sup>.

По результатам 1-го этапа предварительная схема пробоотбора будет характеризоваться различной плотностью опробования в зависимости от густоты речной сети и морфологии рельефа на отдельных участках площади работ. На рис. 6 представлен фрагмент такой карты по листу О-52-XXVI (Южная Якутия). Здесь при опробовании рыхлого материала только водотоков I порядка оказались бы геохимически не охарактеризованными шесть участков площадью более 10 км<sup>2</sup> (минимальная площадь РП — основного объекта прогноза при ГХР-200). На одном из них в верховьях р. Усмун (на северо-востоке представленного фрагмента) несколько пространственно сближенных правых притоков II порядка в среднем течении характеризуются наличием только эрозионных ложбин, а в нижнем — наблюдаются лишь ровные склоны. В этом случае суммарная площадь геохимически не охарактеризованного участка составляет около 70 км<sup>2</sup>, т.е. соответствует по площадным параметрам крупному рудному полю. Отметим, что рассмотренный пример не является типичным, обычно площадь «белых пятен» не превышает 20–30 км<sup>2</sup>.





жать распределение элементов в коренном субстрате и пространственное положение коренных рудных источников.

Суммарное количество проб, отбираемых по рассматриваемой технологии из рыхлых отложений, на всю площадь листа О-52-XXVI (4480 км<sup>2</sup>) составляет 825, в том числе из постоянных, временных водотоков I порядка и крупных ложбин — 506 проб или 61 % от общего их количества, из мелких сближенных ложбин — 144 сводные пробы (17 %), на ровных склонах — 81 сводная проба (10 %), в долине крупной р. Интимди и на прилегающих пологих склонах (сеть 2×2 км) — 95 проб (11 %). Средняя плотность опробования на лист составляет 1 проба на 5,4 км<sup>2</sup> или 0,19 пр./км<sup>2</sup>. По соседнему листу О-52-XXVII, который характеризуется более сглаженными формами рельефа, средняя плотность опробования составляет 1 проба на 7 км<sup>2</sup> или 0,14 пр./км<sup>2</sup>. В целом в зависимости от степени расчлененности и морфологии рельефа плотность опробования по рассматриваемой технологии составляет 1 проба на 4,5–8 км<sup>2</sup>, что в среднем в 5 и более раз ниже, чем при стандартной методике, предусмотренной «Инструкцией...» [2], с опробованием аллювия водотоков I–IV порядков.

Прототипом рассматриваемой методики при ГХП-200 на открытых территориях является способ Г.И. Хорина с соавторами [12], предложенный при составлении сводных карт аномалий в изолиниях по ретроспективным данным геохимических съемок по потокам рассеяния в «инструктивном» варианте. По мнению этих авторов при выделении аномалий во внимание принимаются только точки опробования водотоков I порядка с равными бассейнами водосбора площадью 3–5 км<sup>2</sup>. В этом варианте, несмотря на имеющие место геохимически не охарактеризованные участки, большинство значимых рудных объектов ранга РП Дальнего Востока удовлетворительно отразились в аномальном геохимическом поле.

Предлагаемая нами методика опробования отличается от способа Г.И. Хорина следующими чертами:

1. По результатам апробации обоснован выбор оптимального интервала площадей бассейнов водосбора (сноса рыхлого материала) 2–8 км<sup>2</sup>, позволяющий свести к минимуму геохимически не охарактеризованные участки при сохранении относительной аддитивности содержаний элементов.

2. На геохимически не изученных по 1 пункту участках предлагается дополнительно опробовать рыхлые отложения крупных и мелких эрозионных ложбин, при их отсутствии — рыхлые отложения ровных протяженных склонов с формированием сводных проб по пространственно сближенным точкам опробования.

3. На закрытых фрагментах открытых территорий, в частности, в долинах крупных водотоков и на прилегающих пологих склонах предлагается проводить опробование по квадратной сети 2×2 км с применением методов по наложенным сорбционно-солевым ореолам.

В нашем варианте, по сравнению со способом Г.И. Хорина, за счет дополнительного опробования по пунктам 2 и 3 плотность опробования увеличивается более чем в 2 раза: на вышерассмотренных листах О-52-XXVI с 1 пробы на 12 км<sup>2</sup> до 5,4 км<sup>2</sup>, О-52-XXVII с 1 пробы на 16 км<sup>2</sup> до 7 км<sup>2</sup>. При этом фактически исчезают «белые пятна» с размерами более минимальной площади основного объекта прогноза при ГХР-200 — РП, чем определяется высокая и достаточная вероятность выделения прогнозируемого рудного объекта ранга, соответствующего масштабу проводимых поисков и, как следствие, повышается надежность прогноза.

Таким образом, для типовых ландшафтных обстановок территории РФ, характеризующихся развитием остаточных или наложенных вторичных ореолов (потоков) рассеяния, технология производства региональных геохимических работ в составе методов геохимических поисков, плотности и сетей опробования, сводится к следующему:

1. На собственно закрытых-полузакрытых территориях (равнинные площади с широким развитием дальнепринесенных аллохтонных рыхлых отложений различного генезиса (водно-ледниковых, прибрежно-морских, эоловых и т.п.), равнинные участки элювиально-аккумулятивных и аккумулятивных супераквальных ландшафтов и ландшафты слабоначлененных низкогорий с повышенной мощностью автохтонных и аллохтонных рыхлых отложений, закрытые участки открытых территорий такие, как долины крупных рек и равнинные ландшафты) рекомендуются методы поисков по наложенным сорбционно-солевым вторичным ореолам, в том числе широко апробированный на территории России метод анализа сверхтонкой фракции (МАСФ). При ГХР-1000 возможно применение метода анализа сверхтонкой фракции по потокам рассеяния (МАСФ ПР) с опробованием донных осадков водотоков. Оптимальными сетями опробования являются при ГХР-200 — 1×1 км (допускается 2×2 км), при ГХР-1000 — 5×5 км, применение которых позволяет с высокой степенью вероятности выявлять минимальный по размерам основной объект прогноза при заданном масштабе работ (таблица).

2. На открытых территориях в ландшафтах расчлененных горных областей, в пределах которых фрагментарно развиты ландшафты слабоначлененных низкогорий с повышенной мощностью автохтонных рыхлых образований (полузакрытые площади) — метод по механическим потокам рассеяния в сочетании на полузакрытых площадях с методами по наложенным сорбционно-солевым потокам рассеяния (МАСФ ПР). Возможно также применение на всей изучаемой площади МАСФ ПР универсального метода поисков как на закрытых, так и на открытых территориях [1, 7]. При ГХР-1000 опробуются донные осадки устьевых частей водотоков II–III порядков с бассейнами водосбора, соответствующими масштабу проводимых геохимических работ, в данном случае

25–100 км<sup>2</sup>. При ГХР-200 опробуются донные осадки устьевых частей водотоков I порядка и рыхлых отложений крупных эрозионных ложбин с бассейнами водосбора (сноса рыхлого материала) 2–8 км<sup>2</sup>; на геохимически не охарактеризованных участках дополнительно отбираются сводные пробы из рыхлых отложений пространственно сближенных мелких эрозионных ложбин и нижних частей протяженных ровных склонов.

Резюмируя вышеизложенное отметим, что внедрение в практику ГХР-200 и ГХР-1000 предлагаемой технологии региональных геохимических работ приведет к уменьшению плотности опробования в 5–10 раз с соответствующим сокращением объемов опробования, что позволит с минимальными финансовыми потерями перейти от полуколичественных к количественным методам анализа и, как следствие, повысить надежность прогноза рудогенных систем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Временные методические указания по проведению геохимических поисков на закрытых и полузакрытых территориях* / Под ред. А.Ф. Морозова, Б.К. Михайлова, Т.В. Чепкасовой, О.В. Петрова, А.А. Кременецкого, С.М. Алексеева / С.В. Соколов, А.Г. Марченко, С.С. Шевченко, О.Н. Симонов и др. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2005. — 98 с.
2. *Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений*. — М.: Недра, 1983. — 191 с.
3. *Методические рекомендации по литохимическим методам поисков рудных месторождений по потокам рассеяния*. — М.: ИМГРЭ, 1992. — 164 с.
4. *Патент РФ № 2330259 от 07.08.2006. Геохимический способ поисков месторождений полезных ископаемых* / О.В. Петров, С.С. Шевченко, С.В. Соколов и др.
5. *Соколов, С.В. Задачи повышения эффективности геохимических работ поисковой геохимии*. Сб. ст. Прикладная геохимия. — Вып. 8 (в 2-х томах). Проблемы поисковой геохимии. — Т. 2. Опыт геохимических поисков / С.В. Соколов, С.С. Шевченко. — М.: ИМГРЭ, 2008. — С. 3–15.
6. *Соколов, С.В. Структуры аномальных геохимических полей и прогнозу оруденения* / С.В. Соколов. — СПб: Наука, 1998. — 154 с.
7. *Соколов, С.В. Метод анализа сверхтонкой фракции: результаты, эффективность* / С.В. Соколов, Ю.В. Макарова, Ю.Ю. Юрченко // *Разведка и охрана недр*. — 2013. — № 8. — С. 54–58.
8. *Соколов, С.В. Геохимические поиски месторождений в областях развития площадных кор выветривания и озерно-аллювиальных отложений повышенной мощности (на примере Пионер-Покровского рудного района)* / С.В. Соколов, Н.Г. Власов, Л.П. Курник, Ю.Ю. Юрченко // *Разведка и охрана недр*. — 2016. — № 1. — С. 15–22.
9. *Соколов, С.В. Состояние, проблемы и совершенствование нормативно-методического обеспечения разномасштабных геохимических работ* / С.В. Соколов, С.С. Шевченко, И.И. Никитченко // *Разведка и охрана недр*. — 2019. — № 1. — С. 15–22.
10. *Соколов, С.В. Оптимизация сети и плотности опробования при проведении площадных геохимических работ как фактор повышения надежности прогноза* / С.В. Соколов, А.Г. Марченко // *Разведка и охрана недр*. — 2019. — № 8. — С. 19–28.
11. *Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых* / А.П. Соловьев, Ф.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
12. *Хорин, Г.И. Карты геохимических аномалий и полей и геохимическая основа карт прогноза по данным региональных литохимических съемок по потокам рассеяния* / Г.И. Хорин, И.Ф. Бровчук, В.П. Бородин // *Принципы и методы составления геохимических карт*. — Владивосток, 1981.

© Коллектив авторов, 2019

Соколов Сергей Валерьевич // Sergey\_Sokolov@vsegei.ru  
 Марченко Алексей Григорьевич // a-marchenko@yandex.ru  
 Петров Олег Владимирович // OPetrov@vsegei.ru  
 Шевченко Сергей Семенович // Sergey\_Shevchenko@vsegei.ru  
 Макарова Юлия Викторовна // Yuliya\_Makarova@vsegei.ru

Галияхметова Л.Х. (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»),  
 Николаев А.Г., Низамова А.В. (Казанский  
 (Приволжский) федеральный университет)

#### УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА МАЛО-ЧИПИКЕТСКОЙ ЗОНЫ ПАТОМСКОГО КВАРЦЕНОСНОГО РАЙОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

*Проведено исследование флюидных включений жильного кварца Мало-Чипикетской зоны Патомского кварценосного района термобарогеохимическими методами. Установлено, что в минералообразовании участвовали флюиды водно-углекислотного состава с примесями азота и метана. В солевом составе растворов первичных включений присутствуют хлориды лития, натрия и калия, вторичных — хлорид калия. Результаты исследований свидетельствуют об эпигенетичной кварцево-жильной минерализации, формирование которой связано с деятельностью глубинных флюидных систем и выделением кремнезема при метаморфизме терригенно-осадочных пород. **Ключевые слова:** кварцево-жильная минерализация, флюидные включения, гомогенизация, криометрия, рамановская спектроскопия.*

Galiakhmetova L.Kh. (TSNIIgeolnerud), Nikolaev A.G.,  
 Nizamova A.V. (Kazan Federal University)

#### CONDITIONS OF FORMATION OF THE VEIN QUARTZ OF THE MALO-CHIPIKETSKY ZONE OF THE PATOM QUARTZ AREA ON THE RESULTS OF RESEARCHES OF FLUID INCLUSIONS

*The fluid inclusions of vein quartz of the Malo-Chipiketsky zone of the Patom quartz area were studied using thermobarogeochemical methods. It was established that fluids of water-carbon dioxide composition with impurities of nitrogen and methane participated in the mineral formation. The composition of the inclusion solutions was studied by the thermocryometric method. The salt composition of the solutions of primary inclusions contains lithium, sodium and potassium chlorides, and the secondary ones — potassium chloride. The research results indicate epigenetic quartz-vein mineralization, the formation of which is associated with the activity of deep fluid systems and the release of silica during the metamorphism of terrigenous-sedimentary rocks. **Keywords:** quartz-vein mineralization, fluid inclusions, homogenization, cryometry, Raman spectroscopy.*

#### Объект исследований

Патомский кварценосный район охватывает значительную часть Прибайкальской кварценосной провинции, с которой связаны основные перспективы Сибири на кварцевое сырье (Е.М. Аксенов и др., 2015). Патомский район характеризуется высокой концентрацией проявлений кварцево-жильной минерализации, связанной с метаморфогенно-гидротермальной формацией, сформированной в палеозойское время. Кварцевые