



Рис. 2. Новое поколение Института

масштабных геохимических работах и оценки технологических особенностей объектов геологоразведочных работ на ранних стадиях их проведения.

В 2014 г. ИМГРЭ на базе МГРИ-РГГРУ создана кафедра Прикладной геохимии (зав. кафедрой Э.К. Буренков), где сотрудники Института ведут подготовку молодых специалистов, а также привлекают студентов на практику при проведении полевых и камеральных работ.

Институт является активным участником международного сотрудничества в области прикладной геохимии и изучения геологии редкометалльных месторождений. Сегодня тесное научное взаимодействие ведется с учеными таких зарубежных стран, как: Казахстан, Узбекистан, Республика Беларусь, Монголия, Армения, Финляндия, Норвегия, Великобритания, Германия, Испания, Чехия, Польша, Болгария, Сербия, Иран, Алжир, Индонезия, Австралия, Китай, Южная Корея, США, Канада и др.

В 2015 г. руководство Минприроды России и Роснедр приняло решение о реорганизации ФГУП «ИМГРЭ» в Федеральное государственное бюджетное учреждение (рис. 2). В содержании государственного задания для Института предусмотрено проведение работ по сводному и обзорному геолого-геохимическому картографированию м-ба 1:2 500 000, созданию комплектов геохимических основ Госгеолкарты-1000/3 и Госгеолкарты-200/2, а в последующие годы — работы по геолого-минералогическому и глубинному геологическому картированию м-ба 1:200 000. Эти работы позволят оперативно выявлять и оконтуривать новые рудные районы, узлы и поля различных промышленных типов с оценкой их прогнозных ресурсов по кат. P_3 ; в отдельных случаях — P_2 . Проведение при этом тематических и опытно-методических работ, направленных на повышение достоверности и качества получаемой геохимической информации, а также информационно-аналитической и экспертной деятельности, позволит решить ряд актуальных задач:

создание достоверных глубинных геолого-геохимических моделей генерации, транзита и локализации металлоносных и нефтегазоносных систем;

разработка и внедрение новых эффективных технологий ведения работ на перекрытых территориях на

основе прецизионных аналитических и современных информационно-компьютерных методов, а также новых технических средств путем комплексирования их с передовыми геофизическими и дистанционными методами ведения геологоразведочных работ.

Все эти годы Институт работал и продолжает работать в тесном творческом содружестве с подведомственными Роснедрам институтами и учреждениями (ВСЕГЕИ, Росгеолфонд, ЦНИГРИ, ВИМС, ЦНИИ-Геолнеруд, ВНИИГеосистем, Росгеолэкспертиза, ГКЗ, ВНИГНИ, ВНИИОкеангеология, СНИИГиМС, ЗапСибНИИГГ и др.), академическими институтами РАН (ГЕОХИ, ИГЕМ, ИФЗ, ГИН и др.), предприятиями Росгеологии, Росатома, Ростехнологии, Росэлектроники, Норникеля, АЛРОСА и другими геологическими организациями России.

Все вышесказанное является залогом активного развития и реализации потенциала и творческих амбиций Института.

Сердечно поздравляю коллектив Института с юбилеем!

© Спиридонов И.Г., 2016

Спиридонов Игорь Геннадьевич // imgre@imgre.ru

УДК 550.84

Криночкин Л.А., Килипко В.А. (ФГУП «ИМГРЭ»)

РЕГИОНАЛЬНОЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕДР РОССИИ

Обзор результатов регионального геохимического картографирования показывает его высокую эффективность для локализации ресурсного потенциала крупных территорий, так как оно реально позволяет прогнозировать металлогенические объекты на разные виды полезных ископаемых, перспективные на обнаружение крупных и сверхкрупных месторождений уже на глобальном уровне изучения. Региональное геохимическое картографирование эффективно решает не только задачи выявления, оконтуривания и увязки аномальных геохимических полей разных металлогенических рангов, но и установления их

пространственных связей с геологическими образованиями и структурами, оценку геохимической и металлогенической специализации, их минерогенический потенциал и перспективность. **Ключевые слова:** геохимические методы, геохимическое картографирование, многоцелевое геохимическое картирование, аномальное геохимическое поле, геоинформационная модель, геохимическая специализация.

Krinochkin L.A., Kilipko V.A. (IMGRE)

REGIONAL GEOCHEMICAL CARTOGRAPHY AS A BASIS FOR THE MINERAGENIC POTENTIAL ESTIMATION OF THE RUSSIAN TERRITORY

Overview of the regional geochemical cartography results demonstrates its high efficiency in localization of the resource potential of large territories as it enables prediction of metallogenic objects of various minerals and rank, promising for discoveries of large and super-large deposits beginning with the very first, i.e., global, level of studies. Regional geochemical cartography is not just a tool to reveal a hierarchy of geochemical fields but to establish their spatial correlation with lithologies and structures, determine their geochemical and metallogenical specialization, as well as general prospectivity.

Keywords: geochemical cartography, geochemical methods, multi-purpose geochemical mapping, anomalous geochemical field, geoinformational model, geochemical specialization.

В настоящее время из-за интенсивной отработки разведанных запасов полезных ископаемых и снижения темпов их воспроизводства резко ухудшилась обеспеченность действующих предприятий: активными запасами апатитовых руд на Кольском полуострове; богатыми медно-никелевыми рудами в Норильском районе; россыпным золотом в Якутии, Магаданской области, Сибири и на Урале; сурьмой в Якутии; железных руд на Урале и в Западной Сибири; бокситов на Урале и др. [6].

Анализ результатов геологоразведочных работ в России и за рубежом позволяет сделать вывод, что в решении этих проблем особая роль принадлежит региональному геохимическому изучению территории. Охватывая крупные регионы, оно уже на ранних стадиях позволяет выделять площади с уникальным минерогеническим потенциалом, перспективные на выявление крупных и сверхкрупных месторождений полезных ископаемых.

Высокая эффективность геохимических методов определяется рядом положений. Во-первых, это прямые методы поисков и прогноза, использующие изучение следов того же самого вещества, которое образует искомые месторождения полезных ископаемых. Во-вторых, это количественные методы, которые опираются на численные определения содержаний химических элементов в геологическом пространстве, окружающем месторождения полезных ископаемых. В-третьих, это весьма оперативные методы.

Для оценки ресурсного потенциала крупных регионов проводится геохимическое картографирование на основе обобщения накопленного материала. В СССР, а затем и в России, обзорное геохимическое картографирование (масштаб 1:10 000 000–1:2 500 000) имеет более чем полувековую историю. Одна из первых гео-

химических карт обзорного масштаба (карта геохимического районирования территории СССР масштаба 1:5 000 000) была создана в 1964 г. [8]. В последующем были составлены геохимические карты масштабов 1:10 000 000 — 1:2 500 000 для страны в целом и ее крупных регионов (восточной части Балтийского щита, региона БАМ, Алтае-Саянской области, Енисейского кряжа, Северо-Востока страны и ряда других) [7].

Значительным вкладом в отечественное картографирование стал комплект из 13 карт масштаба 1:5 000 000, созданный в 1992–1996 гг. большим коллективом ученых под руководством ИМГРЭ (Э.К. Буренков, А.А. Головин, Е.И. Филатов и др.) при участии МЦГК «Геокарт», ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, ВСЕГИНГЕО, АОМЭ, Аэрогеология. Карты составлены на основе сбора, анализа, переинтерпретации большого объема ретроспективных геохимических и других материалов.

В последнее десятилетие XX в. был реализован ряд международных проектов по геохимическому картированию (IGCP-259 «Международное геохимическое картирование» и IGCP-360 «Глобальные геохимические данные», в Китае завершен проект EGMON (1997) и др.), нацеленных на комплексное решение природоохранных и ресурсных задач. По результатам этих проектов в США, Канаде, Великобритании, Финляндии, Норвегии, Швеции, Китае созданы национальные геохимические базы данных, а на их основе — геохимические атласы стран. Массивы геохимических данных глобального масштаба созданы в целом ряде государств: Австралии, Китае, Европе (26 стран), Индии, Мексике, США. В результате глобального геохимического картирования покрыто около 22% поверхности земной суши. В Китае образован Международный центр ЮНЕСКО по глобальному геохимическому картированию. Результатом совместных работ российских, финских, норвежских и шведских специалистов стали геохимические Атласы Центральной и Восточной части Баренцрегиона [11, 12].

В 1991–2002 гг. ИМГРЭ совместно с рядом научно-исследовательских и производственных организаций разработал и внедрил инновационную технологию региональных геохимических работ — многоцелевое геохимическое картирование масштаба 1:1 000 000 (МГХК-1000) и 1:200 000 (МГХК-200). Этот, не имеющий аналогов в мире, вид региональных геохимических работ позволяет за относительно короткое время на площадях в сотни тысяч квадратных километров выявлять и оценивать аномальные геохимические площади в ранге рудных районов и узлов.

Основные отличия МГХК от технологий традиционного геохимического картирования заключаются в:

замене случайного геохимического опробования по регулярной сети на детерминированное опробование квазиоднородных площадок, предварительно выделенных на основе многофакторного районирования с учетом геологического строения, ландшафтно-геохимической обстановки и техногенной нагрузки территории;

разряжении сети сопряженного опробования коренных пород, почв, донных отложений и других компонентов геологической среды до 1 пункта на 1 см² карты масштаба работ.

системном изучении выявляемых интегральных аномальных геохимических полей с использованием комплекса количественных критериев их оценки;

получении фундаментальных геохимических характеристик коренных горных пород, природных ландшафтов, аномальных геохимических площадей для повышения информативности и прогностических свойств геологических карт нового поколения.

Разработанная «Концепция многоцелевого геохимического картирования...» [5], проведенные затем опытно-методические работы на полигонах и разработанные по их результатам нормативно-методические документы [9, 10] обосновали эффективность нового вида региональных работ.

Возможности мелкомасштабного геохимического картирования для выявления перспективных площадей очевидны даже при анализе моноэлементных геохимических карт, которые позволяют реально прогнозировать объекты с особо крупным и уникальным металлогеническим потенциалом.

Приморье характеризуется региональным развитием аномальных геохимических полей элементов-индикаторов, связанных с его уникальной оловянно-полиметаллической металлогенией. Было установлено, что зона аномальных содержаний олова протягивается с юга на север на 600 км при ширине до 100–120 км (рис. 1). Ее суммарный металлогенический потенциал олова по геохимическим данным оценивается более чем в

1 млн. т, включая потенциал (580 тыс. т) уникального Кавалеровского района, реальные запасы которого с учетом кат. C_2 (отработанные и оставшиеся в недрах) составляют порядка 400 тыс. т.

Сопоставление выявленных геохимических аномалий разных иерархических рангов (зоны, области, провинции, районы, узлы, поля) с соответствующими металлогеническими объектами на эталонных территориях дало основание для вывода о достаточной эффективности предложенной методики геохимического опробования по разреженной сети при региональных геохимических работах для выявления и оценки минерагенического потенциала крупных регионов.

С позиции информационного обеспечения целевым назначением этих работ является возможность создания на базе ГИС-технологии единой геоинформационной модели геохимического строения территории России. Возможности информационной системы для оценки минерально-сырьевого потенциала реализуются на прогнозно-геохимической карте. Она представляет собой многослойную модель, самостоятельные слои которой в контуре каждой аномалии характеризуют ее состав, рудно-формационный тип, интенсивность, степень перспективности, величину ресурсного потенциала полезных ископаемых.

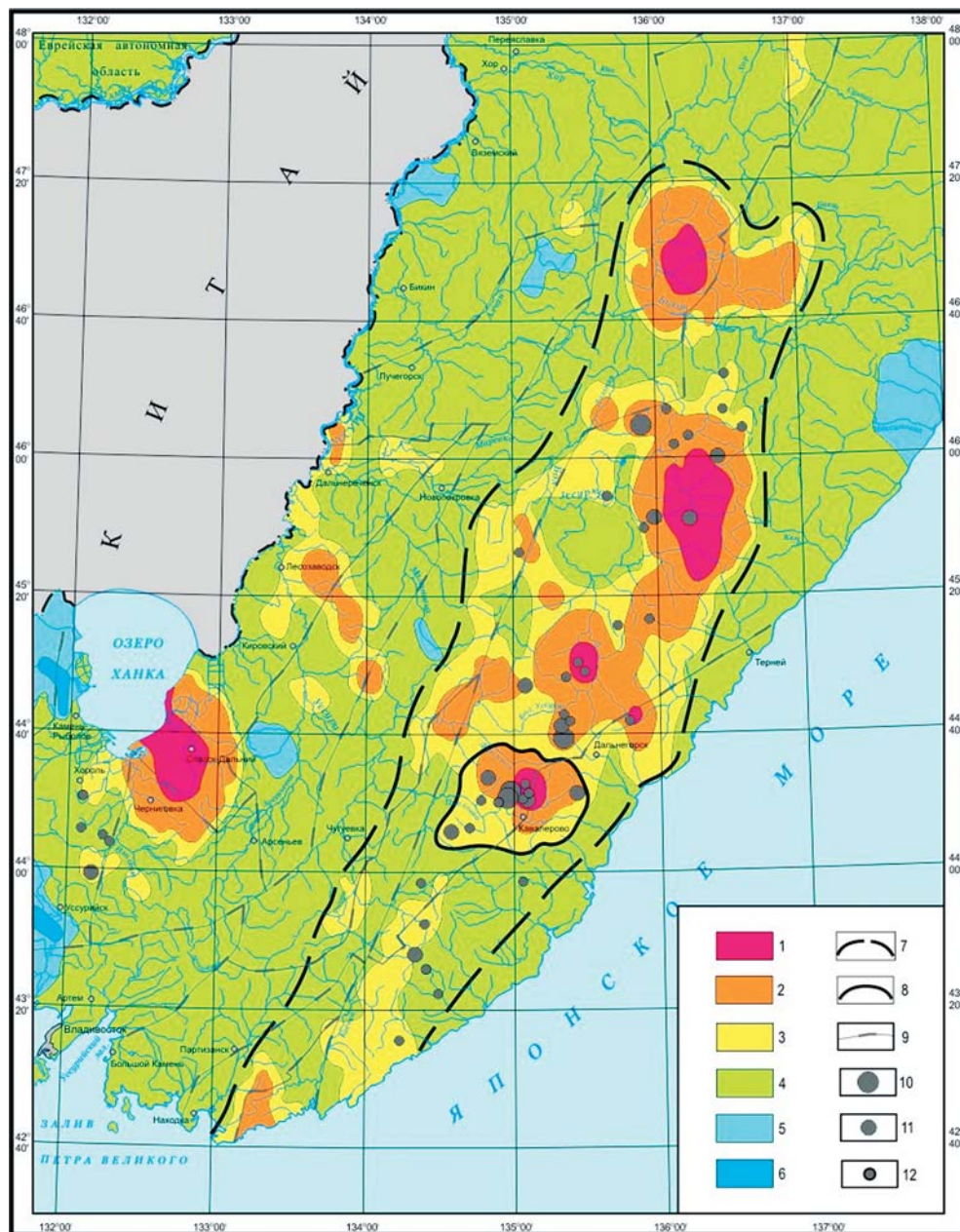


Рис. 1. Аномальные геохимические поля олова в донных осадках речной сети Приморья. Аномальные геохимические поля олова: 1 — более 15 г/т, 2 — 15–10 г/т, 3 — 10–6,6 г/т, 4 — 6,6–3 г/т, 5 — 3–2 г/т, 6 — менее 2 г/т; границы: 7 — геохимической зоны, 8 — Кавалеровского оловорудного района, 9 — структурно-формационных зон; оловорудные месторождения: 10 — крупные, 11 — средние, 12 — мелкие

Распределение в геологическом пространстве геохимических районов и узлов носит ярко выраженный линейный, линейно-концентрический характер, и приурочены они, как правило, либо к очагам магматизма, зонам тектонической активизации, либо к определенным стратиграфическим комплексам.

На рис. 2 показаны результаты локализации перспективных площадей по данным МГХК-1000, проведенного в 1991–2001 гг. на листах К-52, 53; L-52, 53 (Приморье) ФГУП «ИМГРЭ» и МИФ «Экоцентр». На изученной территории было выделено 70 аномальных геохимических площадей в ранге районов и узлов, определена их рудно-формационная принадлежность, оценен минерогенический потенциал. Районы и узлы объединены в семь геохимических (металлогенических) зон.

Установлена региональная геохимическая зональность, коррелирующая с металлогенической. Так, АГХП с оловянной и золотой специализацией распространены практически на всей изученной территории, но наиболее перспективные — в центре. Редкометалльно-редкоземельные объекты более характерны для западных территорий, вольфрамовые — для западных и центральных, полиметаллические — для восточных.

Перспективность геохимических зон в целом оценена следующим образом: высокоперспективные — Ханкайская (II) флюорит-олово-полиметаллическая-редкометаллическая, Центральная (V) золото-медь-вольфрамовая, Восточная (VI) золото-вольфрам-оловянная, Прибрежная (VII) бор-серебро-полиметаллическая; среднеперспективные — Гродековская (I) золото-олово-вольфрамовая, Бикинская (III) золото-медь-вольфрамовая и Малиновская (IV) олово-вольфрамовая.

В пределах аномальных геохимических зон выделен ряд высокоперспективных рудных и потенциально рудных районов. В Ханкайской зоне — Вознесенский флюорит-оловянно-полиметаллический-редкометаллический; в Бикинской зоне — Матайский олово-медно-золотой; в Центральной зоне — Хорский золото-медный с вольфра-

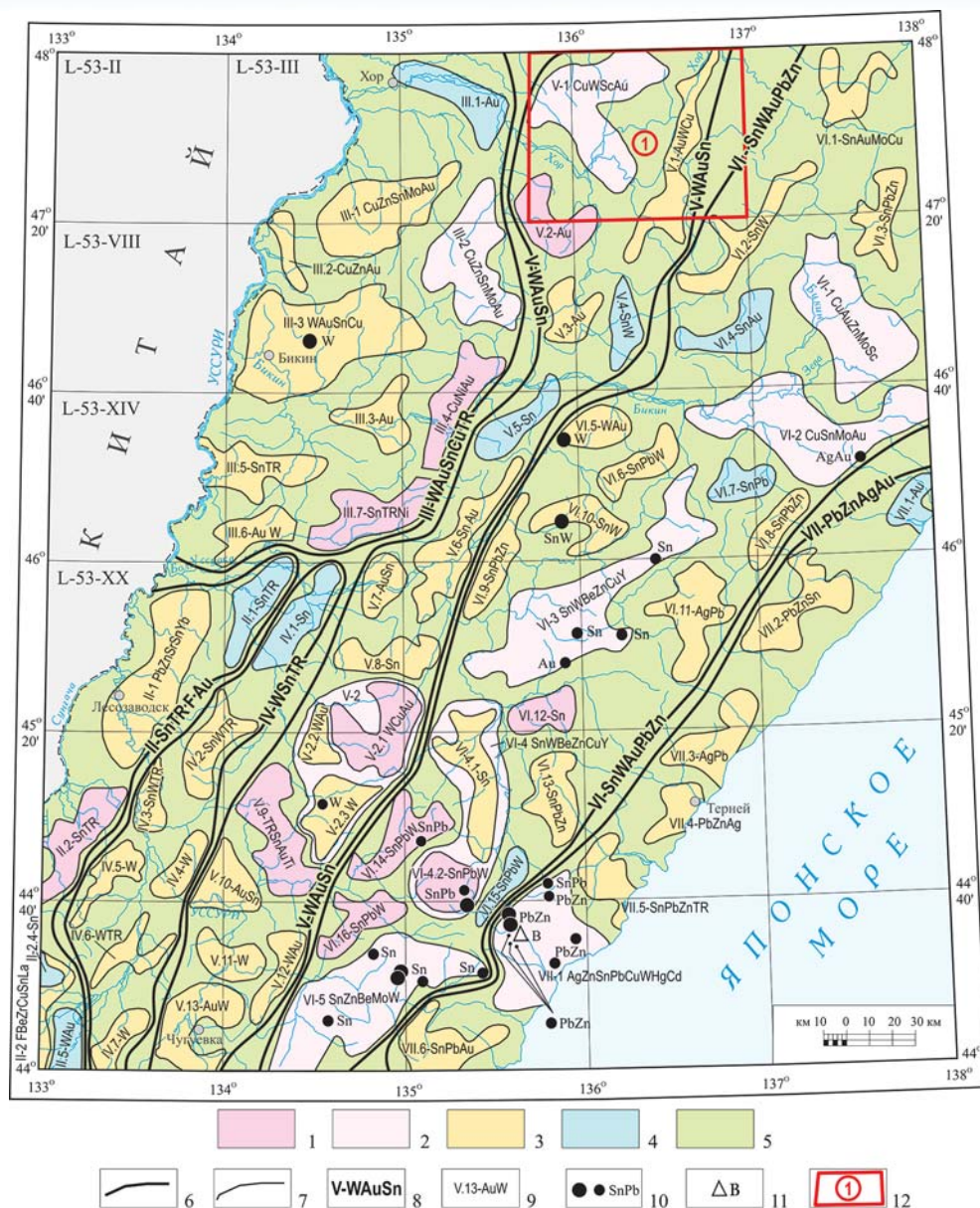


Рис. 2. Прогностно-геохимическая карта листов L-52, 53 (Приморье). Перспективность АГХП: 1 — высокая узлов, 2 — высокая районов, 3 — средняя узлов и районов, 4 — низкая узлов и районов, 5 — низкая в пределах геохимических зон; границы: 6 — геохимических зон, 7 — районов и узлов; 8 — номера и состав геохимических зон; 9 — номера и металлогеническая специализация районов и узлов; 10 — рудные месторождения: крупные, средние и основные полезные ископаемые; 11 — крупное месторождение бора; 12 — Хорская площадь ① геохимических работ масштаба 1:200 000

мом, Ариадненский существенно вольфрамовый (шеелитовый) с медью и золотом; в Восточной зоне — Верхнебикинский, Светловодненский и Арминский олово-золоторудные, Верхнеиманский вольфрам-оловорудный и Кавалеровский олово-полиметаллический; в Прибрежной зоне — Дальнегорский бор-полиметаллический.

В итоге на площади листа существенно расширены перспективы известных рудных районов как на типоморфные, так и на не традиционные для Приморья рудные элементы. К первым относятся Sn, W, Ag, Zn, Pb, ко вторым — Cu, Sc, Y, Yb, La. Впервые выделены потенциальные рудные районы: Лермонтовский (Au, W, Cu, Sn), Вяземский (Cu, Au), Матайский (Sn, Cu,

Au), Хорский (W, Au, Cu), Ариадненский (W, Cu, Au), Верхнебикинский (Sn, Au), Светловодненский (Sn, Au), Лесозаводский (Sn, TR). Все эти районы оцениваются как высоко- и среднеперспективные.

Ресурсный потенциал локализованных высоко- и среднеперспективных районов и узлов составляет: золото — 535 т, серебро — 31 тыс. т, олово — 2100 тыс. т, вольфрам — 950 тыс. т, свинец — 5150 тыс. т, цинк — 10600 тыс. т, кобальт — 1500 тыс. т, медь — 1500 тыс. т, молибден — 200 тыс. т, бериллий — 200 тыс. т, редкие земли — 600 тыс. т, бор — 1 млн. т.

Как отмечено выше, к числу высокоперспективных отнесен потенциальный Хорский рудный район (листы L-53-IV, V), в котором было известно только среднее по запасам месторождение золота. Здесь по данным МГХК-1000 помимо возможности расширения перспектив на Au (150 т) прогнозировалось выявление месторождений W (60 тыс. т), Sc (50 тыс. т), Y (35 тыс. т) и Cu (2 млн. т).

Региональные геохимические работы масштаба 1:1 000 000 изначально проводились на открытых территориях, где поисковые задачи достаточно полно решались массовым использованием спектрального приближенно-количественного анализа. Закрытые территории традиционно считались неблагоприятными для изучения геохимическими методами из-за значительной мощности покровных, в том числе и рыхлых отложений. Однако они занимают более 50 % территории России и обладают огромным минерагеническим потенциалом, важность которого для экономики страны очевидна. Это Zr, TR, Mn, U, Al и другие полезные ископаемые, месторождения которых, как правило, находятся в скрыто-перекрытом залегании.

Для сохранения эффективности геохимических работ на закрытых территориях потребовалось внедрение специальных методов картирования ореолов рассеяния скрыто-перекрыто залегающих полезных ископаемых [4].

С использованием наложенных литохимических ореолов при региональных геохимических работах локализованы перспективные площади во многих регионах страны.

На юго-восточном фланге Восточно-Европейской плиты (лист N-40) локализованы площади, перспективные на обнаружение но-

вых месторождений медистых песчаников с суммарным металлогеническим потенциалом Cu в 1,5 млн. т. Суммарный же минерагенический потенциал объектов высокой и средней перспективности всего листа N-40 составляет (тыс. т): Cr — 11900, Mn — 45900, Zn — 43260, Pb — 5100, Cu — 10780, Cd — 3, Au — 60 (т), Ag — 4900 (т), W — 60, Mo — 150, U — 15, TR (Ce) — 1168, TR (Y) — 306, Nb — 200, Ni — 400, Sr — 8000.

На восточном склоне Урала и прилегающей территории Западно-Сибирской плиты (листы N-41, 42) по наложенным литохимическим ореолам выявлен ряд перспективных объектов уран-редкоземельной рудной формации современных и палеодолин. Их оцененный потенциал урана значительно превосходит запасы известных Санарского и Долматовского урановых месторождений.

На северо-западе Восточно-Европейской плиты (лист O-35) выявлена субмеридиональная зона аномалий золота протяженностью более 400 км. Содержание золота в донных осадках до 80 мг/т. Ее металлогенический потенциал россыпного золота, связанного с мореными отложениями, оценивается в 40 т.

Результатом изучения наложенных литохимических и гидрохимических ореолов на территории Воронежской антеклизы (листы M-36, 37) стало выделение новых перспективных объектов в фундаменте (Cu, Ni, Cr,

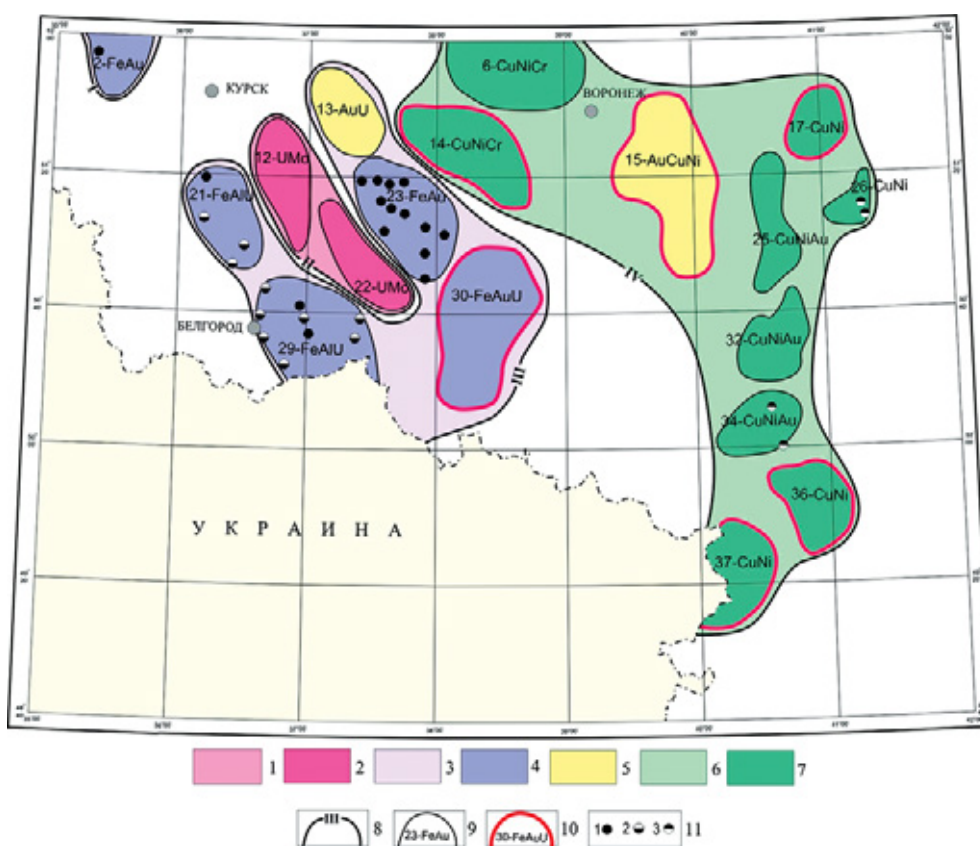


Рис. 3. Локализация рудоносных площадей в фундаменте платформы (листы М-36, 37). Металлогеническая специализация геохимических зон и районов: 1 — урановая зона, 2 — урановая районы, 3 — железорудная зона, 4 — железорудная районы, 5 — медно-никелевая зона, 6 — медно-никелевая районы, 7 — золоторудная районы; 8 — границы и номера геохимических зон, 9 — границы, номера и основные полезные ископаемые районы; 10 — границы высокоперспективных районов; 11 — месторождения (1 — Fe, 2 — FeAl, 3 — CuNi)

Au) и платформенном чехле (U, Re, Au, P). Впервые по данным гидрохимического изучения поверхностных вод выделена зона U-Re специализации [1]. Анализ почв в ее пределах показал содержания рения, превышающие на порядок и более его кларк в земной коре.

Территория приурочена к Воронежскому кристаллическому массиву, характеризуется повсеместным развитием платформенных отложений мощностью до 300 м и более. Приоритетными видами полезных ископаемых, залегающих в фундаменте, являются руды, содержащие Fe, Cu, Ni (рис. 3).

Железное оруденение представлено многочисленными, в том числе и крупными, месторождениями железистых кварцитов, апатит-железорудной щелочных ультрамафитов с карбонатитами, рудной формацией в архей-нижнепротерозойском метаморфическом и гранитном комплексе. Для пород геологических комплексов, вмещающих месторождения железа, характерно накопление его спутников: Cr, Sc, V, Co, Ni, Mn.

Медно-никелевое оруденение представлено малыми месторождениями сульфидной медно-никелевой коматитовой, перидотит-пироксенит-габброноритовой и габбро-перидотитовой формации в количестве четырех. Повышенные концентрации рудообразующих Cu и Ni и их спутников установлены в породах мамоновского габбро-перидотитового и еланского норит-диоритового рудоносных комплексов.

Региональными геохимическими работами в почвах железорудных районов установлены повышенные концентрации подвижных форм Cr, Fe, Co, V, в почвах Cu-Ni районов — накопление подвижных форм Cu и Ni, Co, V, Cr, Pb, Zn и других элементов.

Это позволяет считать, что выявленные при региональных геохимических работах аномальные геохимические поля рудообразующих элементов и их спутников на закрытых территориях фиксируют скрыто залегающие рудные объекты.

В целом на листах М-36, 37 в фундаменте и чехле было выделено 45 аномальных геохимических площадей в ранге районов и узлов. Из них 20 отнесены к разряду высокоперспективных, в том числе 11 выявлены впервые.

Несомненный интерес представляют районы, где в фундаменте прогнозируется медно-никелевое оруденение. Их суммарный минерогенетический потенциал по геохимическим данным оценен: Cu — 1090 тыс. т, Ni — 6440 тыс. т.

На изученной территории распределение АГХП в фундаменте подчинено концентрической геохимической (металлогенетической) зональности. В центральной части массива локализованы площади с U-Мо металлогенией (Солнцевская геохимическая зона — II), в промежуточной — Fe-Al-U-Au (Михайловская зона — I и Оскольско-Белгородская — III), а на периферии — Cu-Ni-Au (Ведуганско-Мамоновская зона — IV). Подобная зональность характерна для гранито-гнейсовых куполов щитов, а ее отчетливая проявленность указывает на высокую перспективность выявленных объектов.

Как известно, важнейшим условием определения перспективности объектов является оценка их метал-

логенетического потенциала. Выбор методов его количественной оценки при региональных геохимических работах определяется рангом объекта и оценочными параметрами. Оценка масштаба оруденения может проводиться методами прямого расчета, аналогии, экспертных оценок и др. и включает определение величины ресурсного потенциала полезных ископаемых, которые имеют или могут иметь промышленное значение [9].

Завершается изучение выявленных объектов оценкой степени их перспективности на базе комплекса благоприятных геологических предпосылок и геохимических признаков, отражающих потенциальную рудоносность территории, указывающих на места возможного нахождения прогнозируемого оруденения и позволяющих определить его тип, сохранность и перспективность (таблица). Они взаимосвязаны — потенциальная рудоносность площадей предопределяется типом геологических структур, обстановкой нахождения геологических комплексов и рудных формаций, а вид полезного ископаемого и масштаб оруденения отражаются в комплексности, контрастности, интенсивности и других параметрах аномальных геохимических полей [2].

В настоящее время региональные геохимические работы проводятся для создания комплектов карт геохимической основы Гостгеолкарты-1000/3 (ГХО-1000) и Гостгеолкарты-200/2 (ГХО-200). До 2016 г. созданы геохимические основы на 122 трапециях масштаба 1:1 000 000 общей площадью 12,2 млн. км², составляющие 71,6 % суши РФ. Успехи создания ГХО-200 более чем скромные. Геохимические основы составлены только на 167 трапеций масштаба 1:200 000 или на 3 % континентальной части России.

В результате создания ГХО-1000 для большей части суши России был получен уникальный новый материал. На основе этого материала и с использованием ретроспективных фондовых и опубликованных данных коллективом ИМГРЭ в 2009 г. проведено обобщение геохимической информации по территории России. В результате была составлена обзорная Сводная геохимическая карта России масштаба 1:2 500 000, включающая карты: аномальных геохимических полей России, геохимической специализации структурно-формационных комплексов территории России, районирования территории России по условиям ведения геохимических работ и др. [3].

Созданная Сводная геохимическая карта России масштаба 1:2 500 000 позволила разработать критерии глобального геохимического прогноза высокоресурсных рудных объектов, уточнить закономерности их размещения и оценить минерогенетический потенциал всей территории России.

Основными геохимическими критериями глобального прогнозирования высокоресурсных объектов являются:

геохимическая специализация пород структурно-формационных областей, мегазон и зон на рудообразующие элементы, отражающая их потенциальные возможности образования месторождений полезных ископаемых;

Критерии оценки перспективности АГХП в ранге рудного района

Предпосылки и признаки	Критерии оценки перспективности			
	низкой перспективности	неясной перспективности	средней перспективности	высокой перспективности
Площадь АГХП	$S_{\text{АГХП}} \leq S$ эт. мал. объекта		$S_{\text{АГХП}} = S$ эт. сред. объекта	$S_{\text{АГХП}} \geq S$ эт. круп. объекта
Типоморфные геохимические ассоциации прогнозируемого оруденения	Не выявляется	Отдельные рудообразующие элементы и/или их спутники	Сокращенный комплекс рудообразующих элементов и их спутников	Полный комплекс рудообразующих элементов и их спутников
Комплексность состава АГХП (рудообразующие элементы и их спутники)	2–3 элемента		4–5 элементов	>5 элементов
Интенсивность АГХП (ΣK_a , $\Sigma K_{\text{ср}}$ и др.)	Низкая		Средняя	Высокая
Дифференцированность АГХП ($V_{\text{ср}}$)	Низкая (< 75%)		Средняя (75% – 100%)	Высокая (> 100%)
Геохимическая зональность АГХП	Не проявлена		Выражена отчетливо	
Минерагенический потенциал	Низкий	Неопределенный	Средний	Высокий
Геохимические типы локальных концентраций (месторождений, рудопроявлений)	Не соответствуют прогнозируемой рудной формации		Частично соответствуют прогнозируемой рудной формации	Полностью соответствуют прогнозируемой рудной формации
Геохимическая специализация СФК	Нет	Слабо выражена (отдельные рудообразующие элементы)	Выражена отчетливо (комплекс рудообразующих элементов)	

региональность АГП рудообразующих элементов и их спутников, что отражает высокую степень проявления рудообразующих процессов и рудогенного концентрирования полезного компонента;

зональность региональных аномальных геохимических полей, определяющая положение высокоресурсных АГХП в геохимических полях.

Основным способом получения информации о геохимической зональности являются результаты геохимического картографирования и статистической обработки геохимических данных. Для крупных и уникальных рудных объектов характерна отчетливо выраженная геохимическая зональность. Она, как правило, является асимметричной и отражает дифференциацию химических элементов в направлении движения рудообразующих растворов от тыловых (подрудных) зон к фронтальным (надрудным).

Результаты локализации, интерпретации и оценки АГХП отображены на карте аномальных геохимических полей России масштаба 1:2 500 000. На эту карту вынесены 1679 рудогенных АГХП, классифицированных по основным группам прогнозируемых полезных ископаемых и степени их перспективности.

Особого внимания заслуживают 90 впервые выделенных потенциальных рудных районов, где прогнозируется выявление крупных и уникальных месторождений. Их ориентировочно оцененный суммарный потенциал на основные виды полезных ископаемых

составляет: Au — 6630 т, Ag — 49060 т, Pt — 300 т, Cu — 8 млн. т, Zn — 10 млн. т, Pb — 10 млн. т, Mo — 1390 тыс. т, Sn — 2100 тыс. т, W — 920 тыс. т, U — 710 тыс. т, Hg — 214,3 тыс. т, Be — 55 тыс. т, Bi — 27,2 тыс. т.

В настоящее время ИМГРЭ проводит актуализацию Геохимической карты России масштаба 1:2 500 000 с учетом данных, полученных в 2010–2015 гг. Это позволит значительно расширить минерагенический потенциал изученных регионов и особенно платформенных областей.

Таким образом, краткий обзор результатов регионального геохимического картографирования показывает его высокую эффективность для локализации ресурсного потенциала крупных территорий, так как оно реально позволяет прогнозировать металлогенические объекты на разные виды полезных ископаемых, перспективные на обнаружение

крупных и сверхкрупных месторождений уже на глобальном уровне изучения.

В результате региональных геохимических работ 1995–2015 гг. был создан задел для постановки прогнозно-поисковых работ на выявленных и оцененных в качестве перспективных потенциальных рудных районах и узлах. Опережающие геохимические работы масштаба 1:200 000, проведенные на Оленгуйской (Восточное Забайкалье) и Хорской (Приморский край) площадях подтвердили положительную перспективную оценку территорий. Это способствует более уверенному выбору перспективных площадей по результатам регионального геохимического картографирования масштаба 1:1 000 000 для дальнейшего изучения.

В заключении еще раз необходимо подчеркнуть, что региональное геохимическое картографирование эффективно решает не только задачи выявления, оконтуривания и увязки АГХП разных металлогенических рангов, но и установления пространственных связей АГХП с геологическими образованиями и структурами, оценки геохимической и металлогенической специализации АГХП, их минерагенического потенциала и перспективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вдовина, О.К. Значение гидрохимических методов для поисковых работ на закрытых территориях / О.К. Вдовина, С.В. Егоркин, Г.В. Карабаев // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 10. — С. 37–39.

2. Головин, А.А. Критерии локализации перспективных площадей при мелко-среднемасштабных геохимических работах / А.А. Головин, Г.С. Гусев, В.А. Килипко, Л.А. Криночкин // Разведка и охрана недр. — 2008. — № 4–5. — С. 50–58.
3. Головин, А.А. Геохимическая карта России масштаба 1:2 500 000 / А.А. Головин, Г.С. Гусев, В.А. Килипко и др. // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 5. — С. 14–21.
4. Головин, А.А. Проблемы выявления, интерпретации и оценки рудогенных геохимических аномалий в сложных ландшафтно-геохимических условиях / А.А. Головин, Л.А. Криночкин, Т.В. Чепкасова // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 8. — С. 6–12.
5. Концепция многоцелевого геохимического картирования территории СССР масштабов 1:1 000 000–1:200 000 / А.А. Головин, И.А. Морозова, Г.М. Беляев и др. — М.: ИМГРЭ, 1991. — 34 с.
6. Литвиненко, В.С. Возможности минерально-сырьевого потенциала России. Актуальные проблемы минерально-сырьевого комплекса / В.С. Литвиненко // Разведка и охрана недр. — 2002. — № 11. — С. 1–12.
7. Методические рекомендации к составлению легенд к полиэлементным геохимическим картам / Сост. Г.М. Беляев, С.Д. Великославский, Ю.В. Ильинский и др. — Л.: ВСЕГЕИ, 1985. — 140 с.
8. Перельман, А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман. — М.: Высшая школа, 1966. — 392 с.
9. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 / А.А. Головин, А.И. Ачкасов, К.Л. Волочков и др. — М.: ИМГРЭ, 1999. — 104 с. — 70 прил.
10. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200 000 / А.А. Головин, Н.Н. Москаленко, А.И. Ачкасов и др. — М.: ИМГРЭ, 2002. — 92 с. — 90 прил.
11. Reimann, C. Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Region / C. Reimann, M. Ayas, V. Chekushin et al. — 1997.
12. Salminen, R. Geochemical Atlas of the Eastern Barents Region / R. Salminen, V. Chekushin, M. Tenhola et al. — 2004.

© Криночкин Л.А., Килипко В.А., 2016

Криночкин Лев Алексеевич // lkrinochkin@mail.ru
Килипко Виктор Алексеевич // geochemmap@imgre.ru

УДК 551.242.11.31:550.84

Кременецкий А.А. (ФГУП «ИМГРЭ»), Морозов А.Ф. (Роснедра), Пилицын А.Г., Веремеева Л.И., Спиридонов И.Г. (ФГУП «ИМГРЭ»)

ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦИРКУМПОЛЯРНОЙ АРКТИКИ

*На основе морфоструктурных исследований, геолого-геохимического картирования и корреляции геолого-геофизических разрезов главных структурно-вещественных комплексов российского полярного сектора Арктики и циркумполярной Арктики, разработана новая геолого-геохимическая модель этого сегмента земной коры, согласно которой ее центральным элементом является субширотная глобальная трансарктическая зона палеозой-мезозойского плитного чехла в системе суша—море (Евразийское арктическое побережье—шельф, острова—глубоководное ложе СЛО—Северо-Канадское арктическое побережье). Зона заложена на месте глобальной области рифей-позднепротерозойского растяжения архейской коры Арктического мегакратона с последующим формированием в ее центральной части современного внутриматерикового бассейна СЛО. **Ключевые слова:** глубоководное ложе Северного Ледовитого океана, глобальная трансарктическая зона в системе: суша—море, палеозойский осадочный плитный чехол, геолого-геохимическая модель эволюции земной коры.*

Kremenetskiy A.A. (IMGRE), Morozov A.F. (Rosnedra), Piliitsyn A.G., Veremeeva L.I., Spiridonov I.G. (IMGRE)
GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL MODEL OF THE STRUCTURAL-SUBSTANTIAL COMPLEXES OF THE CIRCUMPOLAR ARCTIC

*On the basis of morphostructural studies and correlation of geological-geophysical sequences of the key structural-substantial complexes underlying the Russian polar Arctic sector and circumpolar Arctic, a new geological-geochemical model of this segment of the crust; in compliance with it, its central element is a sub-latitudinal global trans-Arctic zone of the Paleozoic-Mesozoic plate cover in the continent-sea system (Eurasian Arctic coast—shelf, islands—the Arctic Ocean bathyal—North Canadian Arctic coast). The zone's birthplace was a global-scale Neoproterozoic extension area developed in the Archean crust of the Arctic mega-craton; later within the central part of the area an inter-continental Arctic basin of the existing ocean evolved. **Keywords:** bathyal of the Arctic ocean, global trans-Arctic zone in the continent-sea system, Paleozoic sedimentary plate cover, geologic-geochemical model of the crust's evolution.*

Настоящее исследование выполняется по госзаказу Роснедра в рамках объекта «Дополнение сводной геолого-картографической основы недр России и ее континентального шельфа геохимическими картами по территории российского сектора Арктики и прилегающих акваторий». Одна из приоритетных задач проекта — получение новых геолого-геохимических данных о строении и составе глубоководного ложа Северного Ледовитого океана (СЛО) для обоснования расширения внешней границы континентального шельфа России.

Напомним, что ключевым критерием такого обоснования являются не умозрительные модели, основанные на плейттектонических, плюмовых и прочих гипотезах, а максимально достоверная характеристика **современного** геолого-геофизического строения и вещественного состава пород в системе суша—море: арктическое побережье—шельф—острова—глубоководное ложе (поднятия и котловины СЛО).

Важнейшими направлениями исследований при этом являются:

1. Геолого-геохимическое картирование территории полярного сектора Арктики как основы пространственного районирования различных структурно-вещественных комплексов (СВК) в системе суша—море.

2. Корреляция геолого-геофизических разрезов и изотопно-геохимических характеристик различных СВК в системе суша—море.

3. Характеристика условий и возрастной последовательности формирования различных СВК в системе суша—море с реконструкцией истории геологического развития исследуемого сегмента земной коры.

Ниже приводятся предварительные результаты по каждому направлению.

На рис. 1 представлена карта геохимической специализации СВК российского полярного сектора Арктики. Карта составлена на базе «Схемы тектонического районирования России» [5] и включает геохимические характеристики 473 115 проб коренных пород и рыхлых отложений, отобранных в разные годы на арктическом побережье, шельфе, островах и в глубоководном ложе СЛО.