

На правах рукописи

**Криночкин Лев Алексеевич**

**Прогнозная оценка территории России по региональным  
аномальным геохимическим полям**

Специальность 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков  
полезных ископаемых

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора геолого-минералогических наук

Москва, 2011

Работа выполнена в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ)

*Официальные оппоненты:*

доктор геолого-минералогических наук

**Наумов Георгий Борисович**

доктор геолого-минералогических наук, профессор

**Ненахов Виктор Миронович**

доктор геолого-минералогических наук

**Муравьев Виктор Васильевич**

*Ведущая организация:* Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ)

Защита состоится «    » 2011 г., в 14.00 часов, на заседании диссертационного совета Д 216.012.01 в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) по адресу: 121357, Москва, ул. Вересаева, д. 15.

Тел: (495) 443 84 28, факс: (495) 443 90 43, e-mail: [imgre@imgre.ru](mailto:imgre@imgre.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов по адресу: 121357, Россия, Москва, ул. Вересаева, д.15.

Автореферат разослан «    » 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Легейдо В.А.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследований.** Большую часть валового национального продукта РФ составляют минеральные ресурсы, и их прогнозная оценка – задача более чем актуальная, особенно если учесть серьезные проблемы с истощением запасов многих видов дефицитного сырья. Поэтому, сегодня для страны первостепенное значение имеет оценка ее территории на важнейшие виды полезных ископаемых на основе обобщения накопленных знаний.

Надежной основой прогнозирования высокоресурсных рудных объектов являются геохимические исследования. Результаты геохимических работ, проведенных на территории бывшего СССР и нынешней РФ, перманентно подвергаются обобщению путем составления обзорных карт различной тематики. В разное время составлялись обзорные геохимические карты для страны в целом и ее крупных регионов. Они создавались, как правило, на базе геохимических съемок масштаба 1:200 000 и крупнее. В настоящее время накоплен принципиально новый материал, полученный при проведении многоцелевого геохимического картирования.

На основе этих материалов и с использованием других ретроспективных данных, включая литературные источники, автором произведено новое обобщение геохимической информации, результатом которого стала Карта аномальных геохимических полей России масштаба 1:2 500 000. На ее основе были уточнены закономерности размещения высокоресурсных рудных объектов и дана оценка ресурсного потенциала территории России.

**Цель исследований.** Создание фундаментальной геохимической основы прогноза ресурсного потенциала территории Российской Федерации на базе изучения закономерностей локализации региональных аномальных геохимических полей.

### **Задачи исследований:**

1. Комплексный анализ геохимической информации по территории России с оценкой ее качества и актуализацией.
2. Выявление, разбраковка, интерпретация и оценка перспективности рудогенных аномальных геохимических площадей в ранге рудных районов.
3. Изучение неоднородностей глобального и регионального иерархических уровней аномального геохимического поля территории России.
4. Установление закономерностей локализации разноранговых аномальных геохимических полей в основных геодинамических обстановках.
5. Разработка критериев локализации высокоресурсных аномальных геохимических площадей для целей глобального и локального прогноза.
6. Геохимический прогноз на территорию России с локализацией высокоресурсных потенциальных рудных районов перспективных на обнаружение крупных месторождений полезных ископаемых.

### **Научная новизна работы.**

1. На основе районирования аномального геохимического поля территории России впервые были выделены и изучены его неоднородности глобально-

го и регионального уровней.

2. На основе составленной автором карты аномальных геохимических полей России масштаба 1:2 500 000 показана роль мантийно-плюмовых и субдукционных процессов в распределении аномальных геохимических полей провинций и создании их глобальной геохимической зональности.

3. Уточнены критерии глобального и локального геохимического прогнозирования высокоресурсных площадей перспективных на выявление крупных месторождений полезных ископаемых при региональных геохимических исследованиях.

#### **Практическая значимость работы.**

1. Дана прогнозная оценка ресурсного потенциала территории РФ на основе региональных геохимических исследований. Выявлено 1679 аномальных геохимических площадей в ранге рудных районов, в том числе: высокоперспективных – 391.

2. Среди высокоперспективных рудных районов выделено 90 потенциальных перспективных на обнаружение крупных месторождений, в том числе: золота - Право-Алучинский и Эргывеемский (Колымская провинция), Будюкамно-Култуминский (Монголо-Охотская провинция) и др.; урана – Сийский (Восточно-Европейская провинция), Патомский и Желендинский (Байкало-Витимской провинция) и др.

2. Прогнозируется прирост ресурсного потенциала и выявление новых нетрадиционных полезных ископаемых в ряде геохимических провинций. Выявление новых высокоресурсных полезных ископаемых ожидается в Балтийской (Mo, Au); Алдано-Становой (Mo, Ni, Co); Западно-Сибирской (U, Mn); Байкало-Витимской (Mo, Mn); Тыймыро-Североземельской (Au, Ag, Cu, Ni) и в других геохимических провинциях.

#### **Основные защищаемые положения.**

1. Карта аномальных геохимических полей России масштаба 1:2 500 000, составленная с использованием современных и ретроспективных геохимических данных, позволила выявить неоднородность аномального геохимического поля фрактального типа, во многом совпадающую с иерархией минерагенических структур, что позволяет решать фундаментальные и прикладные задачи оценки ресурсного потенциала.

2. На распределение и состав региональных аномальных геохимических полей оказывают влияние мантийно-плюмовые и субдукционные процессы, формирующие глобальную зональность геохимических провинций кристаллических щитов, платформенных плит и покровно-складчатых поясов. Их воздействие проявляется в закономерности мозаичного, полосовидного и концентрического зонального распределения региональных аномальных геохимических полей.

3. Геохимическое прогнозирование высокоресурсных площадей при региональных геохимических исследованиях опирается на данные о распределении рудообразующих элементов в структурно-вещественных комплексах и аномальных геохимических полях. Обогащенность комплексов химическими

элементами является прямым указанием на наличие ресурса полезных компонентов. Степень их рудогенного концентрирования отражается в размерах, контрастности и зональности региональных аномальных геохимических полей.

4. На основе выявленных критериев на территорию РФ сделан глобальный и локальный прогноз выявления высокоресурсных площадей перспективных на обнаружение крупных месторождений полезных ископаемых. На глобальном уровне в ряде провинций прогнозируется выявление новых видов высокоресурсных полезных ископаемых: в Балтийской (*Mo, Au*), Алдано-Становой (*Mo, Ni, Co*), Западно-Сибирской (*U, Mn*), и др.; на локальном уровне выделены потенциальные высокоресурсные районы: на золото – Правоялучинский и Эргывеевский (*Колымская геохимическая провинция*), Будюкамно-Култуминский (*Монголо-Охотская*) и др. районы, урана – Сийский (*север Восточно-Европейской провинции*), Патомский и Желендинский (*Байкало-Витимская провинция*) и другие виды дефицитных и высоколиквидных ископаемых.

**Личный вклад автора в решение проблемы и методики исследований.** В основу работы положены результаты региональных геохимических исследований, проведенных автором в ИМГРЭ, в период 1991-2011 г.г.

Автор в 1991-1994 г.г. принимал активное участие в разработке технологии многоцелевого геохимического картирования масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000, курировал прогнозно-геохимическое направление. Работы были проведены на 10 листах масштаба 1:1 000 000 на площади 620 тыс.кв.км. Автор являлся одним из составителей Требований к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 (1999) и 1:200 000 (2002).

В период 1995 – 2011 г.г. автор являлся ответственным исполнителем трех крупных региональных проектов геохимических работ выполняемых по технологии МГХК-1000. Участвовал в подготовке и производстве подготовительных, полевых и камеральных работ в различных регионах страны; контролировал соблюдение единой методики. В общей сложности работы были проведены на 60 листах масштаба 1:1 000 000 на площади 5, 46 млн.кв.км., что позволило создать фактографическую основу Сводной геохимической карты России масштаба 1:2 500 000, анализ которой положен в основу диссертационной работы.

Автор был ответственным исполнителем Атласа геохимических карт России (ВСЕГЕИ, 2008). В атлас вошли, составленные автором впервые на всю территорию России карты распределения аномальных геохимических полей (АГП) Cu, Zn, Mo, Ag, Sn, Au, Hg, Pt и др. химических элементов в донных осадках речной сети, обзорная карта АГП территории России в масштабе 1:15 000 000 и карты распределения АГП элементов в донных осадках речной сети, карты геохимических аномалий и прогнозно-геохимические карты на территорию Балтийского щита и Сихотэ-Алинскую складчатую область в масштабе 1:2 500 000.

Автор участвовал в разработке Концепции Сводной геохимической карты России масштаба 1:2 500 000 (2009) и на всех этапах работ по созданию Карты АГП и Сводной геохимической карты России масштаба 1:2 500 000; разрабатывал содержание легенд и макетов этих карт, проводил выявление, интерпретацию и оценку АГП, анализ и обобщение полученных данных.

**Фактический материал.** Фактографической основой проведенных исследований являлись картографические и аналитические материалы, в создании которых автор принимал непосредственное участие: 1) Геохимические основы Госгеокарты-1000/3 (ИМГРЭ, 1996-2007 гг.), охватившие 60 листов масштаба 1:1 000 000 (5,46 млн.кв.км); 2) Комплект прогнозно-геохимических карт масштаба 1:2 500 000 на территорию Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) (ИМГРЭ, 2008 г.) - 25 листов масштаба 1:1 000 000 (3,47 млн.кв.км); 3) Атлас Дальнего Востока (ИМГРЭ, 2006); 4) Атлас геохимических карт России (ВСЕГЕИ, 2008)

Кроме этого использовались следующие картографические материалы: 1) Карта геохимических аномалий Северо-Запада России, (м-б 1:2 500 000), 2008 г., ИМГРЭ-Минерал; 2) Геологическая карта России, (1:2 500 000), 2004 г., ВСЕГЕИ; 3) Ландшафтная карта СССР, (1:2 500 000), 1987 г., Гидроспецгеология; 4) Ландшафтно-геохимическая карта России, 2007 г., МГУ; 5) Комплект геолого-геохимических и эколого-геохимических карт территории России, (1:5 000 000), 1995-1998 гг., ИМГРЭ; 6) Схема металлогенического районирования России, (1:5 000 000), 2002 г., ИМГРЭ-Геокарт; 7) Схема тектонического районирования России, (1:5 000 000), 2001 г., ИМГРЭ-Геокарт; 8) Прогнозно-металлогеническая карта территории России, (1:5 000 000), 2005 г., ВСЕГЕИ; 9) Карта месторождений полезных ископаемых Российской Федерации, (1:5 000 000), 2004 г., ВСЕГЕИ; 10) Геологический атлас России (1:10 000 000), 1996 г., ВСЕГЕИ; 11) Карта рудных узлов России, (1:5 000 000), 2001 г., ВСЕГЕИ; 12) Карты геохимической изученности России, (1:1 000 000 и мельче), 2009 г., ИМГРЭ.

На территории недостаточно обеспеченные геохимическими данными была собрана, структурирована и трансформирована в масштаб 1:2 500 000 разномасштабная геохимическая информация, данные шлихового опробования, обзорные карты геологические, металлогенические, прогнозно-металлогенические, полезных ископаемых, а также данные из научных монографий и статей.

**Апробация работы.** Основные результаты проведенных исследований докладывались на: 1) II межвузовской конференции «День Земли»: проблемы науки и образования (Бийск, 1996); 2) Конференции по экоминералогии (Москва, ВИМС, 1996); 3) Международном симпозиуме по прикладной геохимии стран СНГ (Москва, ИМГРЭ, 1997); 4) Международной конференции «Экологическая безопасность на пороге XXI века» (С-Петербург, 1999); 5) Международном геологическом конгрессе (Осло, 2008); 6) Круглом столе (Инновационные направления развития минерально-сырьевого комплекса России) (С-Петербург, ВСЕГЕИ, 2009); 7) III Всероссийской научно-практической конфе-

ренции по прикладной геохимии «Региональные геохимические работы – основа подготовки площадей для поисков месторождений полезных ископаемых» (Москва, ИМГРЭ, 2010); 8) XXI Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика В.И. Смирнова «Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогения» (Москва, МГУ, 2010); 9) Международной конференции «Большой Алтай – уникальная редкометально-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии» (Усть-Каменогорск, 2010).

Результаты проведенных исследований использовались при составлении Требований к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000, для разработки легенд и макетов комплектов карт МГХК-1000 (1999) и МГХК-200 (2002), для создания геохимического атласа России (2006).

По теме диссертации опубликованы 41 работа, включая 4 монографии, в том числе 10 работ опубликованы в журналах реферируемых ВАК.

**Объем и содержание работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения общим объемом 208 страниц, содержит 47 иллюстрации, 11 таблиц и список литературы, включающий 205 наименований

**Во введении** сформулированы актуальность исследования, его цель и задачи, приведены основные защищаемые положения работы, определены новизна, практическая, теоретическая значимость, а также фактический материал. **В первой главе** изложены основные проблемы минерально-сырьевого потенциала России и возможности регионального геохимического картографирования для их решения. **Во второй главе** описана методика проведенных работ. **В третьей главе** обосновывается *первое защищаемое положение*. Приведены результаты геохимического районирования аномального геохимического поля России. Описаны его разноранговые геохимические неоднородности. **В четвертой главе** раскрывается *второе защищаемое положение*. Проводится анализ распределения аномальных геохимических полей на территории России в разных геодинамических обстановках кристаллических щитов, платформенных плит и складчатых областей. **В пятой главе** раскрывается *третье защищаемое положение*. Приводятся обоснование и геохимические критерии глобального и локального геохимического прогнозирования высокоресурсных площадей. **В шестой главе** раскрывается *четвертое защищаемое положение*. Описаны результаты глобального и локального геохимического прогнозирования. **В заключении** сформулированы основные результаты работ.

**Благодарности.** Работа выполнена в ИМГРЭ. Автор выражает глубокую признательность директору института А.А. Кременецкому, зам. директора А.А. Головину и гл. науч. сотруднику ИМГРЭ Г.С. Гусеву за доброжелательное отношение, постоянное внимание, помощь и ценные консультации.

Автор благодарит сотрудников отдела «Региональной геохимии»: А.Б. Шкарина, Н.Г. Гуляеву, В.И. Демидова, Э.М. Рябых за методическую помощь, советы и замечания при обсуждении результатов работ; Ю.А. Орешкину, М.Н.

Беляеву, Н.С. Лакееву за оформление графических материалов иллюстрирующих результаты проведенных исследований.

Автор благодарит секретарей диссертационного совета О.К. Вдовину и В.А. Легейду за помощь в оформлении работы и автореферата.

## **Глава 1. Оценка минерально-сырьевого потенциала России на основе регионального геохимического картографирования**

Геохимические методы, зародившись в России в 40-х годах прошлого века и получив развитие в 60–90-х годах, сыграли ведущую роль в открытии многих месторождений полезных ископаемых, в т.ч. крупных и сверх крупных, как в нашей стране, так и за рубежом. В последнее время впечатляющих успехов с помощью геохимических методов добились китайские геологи. В результате реализации программы региональных геохимических исследований территории Китая в масштабе 1:200 000 (а в отдаленных и сложных районах – в масштабе 1:500 000) было выявление 579 месторождений, из которых 54 – крупные, 165 – средние и 325 – мелкие, в том числе: 423 – благородных, 137 – цветных металлов, 12 – редких, 6 – неметаллических и 1 – черных металлов.

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 содержания химических элементов в геологическом пространстве, окружающем месторождения полезных ископаемых. В-третьих, это относительно недорогие и весьма оперативные методы.

ИМГРЭ совместно с рядом научно-исследовательских и производственных организаций в 1991-1999 г.г. разработал и внедрил инновационную технологию многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 (МГХК-1000) и 1:200 000 (МГХК-200). Это самостоятельный, не имеющий аналогов в мире вид региональных геохимических работ, позволяющий на площадях в сотни тысяч квадратных километров за относительно короткое время выявлять и оценивать аномальные геохимические площади (АГХП) в ранге потенциально рудных районов и узлов [Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического ..., 1999].

С позиции информационного обеспечения целевым назначением этих работ является создание на базе ГИС-технологии единой геоинформационной модели геохимического строения территории [Головин и др., 2002]. Модель представляет собой банк данных тематических слоев и атрибутивной информации, отражающий ресурсный потенциал территории, ее геолого-геохимическую и ландшафтно-геохимическую позицию, эколого-геохимическое состояние. Она объединяет более 50 тематических слоев. Используя различные их комбинации можно получать качественно новую информацию, содержащую синтезированные обобщенные данные характеризующие разные процессы, в том числе и накопление полезного компонента.



Возможности информационной системы МГХК для оценки минерально-сырьевого потенциала реализуются на прогнозно-геохимической карте. Ее содержание составляют рудогенные аномальные геохимические площади в ранге рудных районов и узлов, их количественные характеристики, результаты интерпретации и оценки. Система позволяет проводить обработку различных материалов, получать количественных характеристик АГХП, исследовать их геохимическую зональность и, в свою очередь, ответить на вопросы о степени проявленности рудообразующих процессов, рудно-формационном типе прогнозируемого оруденения, его параметрах, сохранности и месте локализации.

На основе ГИС-технологии МГХК-1000, с 1995 г. по 2007 г., было осуществлено три крупных проекта, позволившие оценить минерагенический потенциал ряда регионов России в Северо-Западном, Южном, Приволжском, Уральском, Сибирском и Дальневосточном. федеральных округах.

Результаты этих работ уже частично опубликованы [Головин и др., 2002, 2005]. По ним были выделены 151 высокоперспективных районов. Суммарный потенциал их основных полезных ископаемых составил ориентировочно оценивается: Au – 26,4 тыс.т; Ag – 262,6 тыс.т; Pt – 0,9 тыс.т; Pb+Zn – 56,8 млн.т; Cu – 7,4 млн.т; W – 3,1 млн.т; Mo – 5, 1 млн.т; Sn – 11,1 млн.т; U – 1,5 млн.т; Co – 3,9 млн.т; Ni – 2,7 млн.т; V – 16,0 млн.т; Cr – 10,3 млн.т; Mn – 576 млн.т и т.д.

Из них, на Оленгуйской (Восточное Забайкалье) и Хорской (Приморский край) площадях были проведены опережающие геохимические работы масштаба 1:200 000, результаты которых подтвердили положительную перспективную оценку территорий.

Приведенный краткий обзор результатов регионального геохимического картографирования, с применением технологии МГХК, показывает его высокую эффективность для локализации ресурсного потенциала и возможности реального прогнозирования металлогенических объектов с особо крупным и уникальным металлогеническим потенциалом.

## **Глава 2. Методика проведения работ**

Для оценки ресурсного потенциала крупных регионов на основе обобщения накопленного материала составляются обзорные (масштаб 1:10 000 000-1:2 500 000), в том числе и геохимические карты. Такие геохимические карты различного содержания были составлены для страны и отдельных регионов (Балтийского щита, зоны БАМ, Алтае-Саянской области и др.).

Для 16 регионов СССР коллективом геологов ВСЕГЕИ были составлены полиэлементные прогнозно-геохимические карты масштабов 1:10 000 000 и 1:2 500 000 [Методические ..., 1985]. Для Северо-Востока страны обобщение геохимических данных сделано А.А. Матвеевым и др. [1999]

Значительным вкладом в изучение минерально-сырьевой базы страны стал Геологический атлас России масштаба 1:10 000 000 (М.-СПб, 1996., отв. ред. Смыслов А.А.). В его составе полиэлементная геохимическая карта России [Смыслов и др., 1996]; карта геохимических типов рудной минерализации Рос-

сии [Плющев, и др., 1996]; гидрогеохимическая карта [Авчинникова и др., 1996] и др.

Из геохимических карт обзорного масштаба также следует отметить комплект карт масштаба 1:5 000 000, созданный в 1992-1996 гг. под руководством ИМГРЭ (Буренков Э.К., Головин А.А., Филатов Е.И. и др.). В составе комплекта карты, имеющие особое значение для данной работы: структурно-формационная [Филатов и др., 1995]; геохимической специализации структурно-формационных комплексов [Беляев и др., 1996]; геохимических аномалий [Хорин и др., 1994]; районирования территории России по условиям применения геохимических методов поисков твердых полезных ископаемых [Крицук и др., 1996] и др.

Отмеченные обзорные карты составлялись, как правило, на базе геохимических съемок масштаба 1:200 000 и крупнее. В результате внедрения технологии многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 (МГХК-1000) и 1:200 000 (МГХК-200), получены новые геохимические данные, которые характеризуют около 63% территории России.

На основе этих материалов с использованием ретроспективных фондовых и опубликованных данных коллективом ИМГРЭ, с участием автора, произведено новое обобщение геохимической информации по территории России. Его результатом стала Сводная геохимическая карта России масштаба 1:2 500 000, включающая карты: аномальных геохимических полей России масштаба 1:2 500 000 [Криночкин и др., 2009], геохимической специализации структурно-формационных комплексов территории России масштаба 1:2 500 000 [Гусев и др., 2009] и районирования территории РФ по условиям ведения геохимических работ в масштабе 1:2 500 000 [Гуляева и др., 2009] и др.

Анализ этих карт позволил провести геохимическое районирование территории РФ, установить закономерности локализации высокоресурсных площадей и сделать глобальный и локальный геохимический прогноз для основных провинций страны в отношении выявления площадей с крупным и уникальным минерагеническим потенциалом.

Уникальность фактического материала, как по объему, так и по содержанию и разнородности потребовали разработки новых и адаптации традиционных методических приемов обработки геохимических данных. Они рассмотрены ниже для каждой из поставленных задач.

Задача 1. Комплексный анализ геохимической информации с оценкой ее качества и актуализацией. Особенностью проведенных исследований является не только большой объем использованных собственных данных, полученных в результате МГХК-1000, но и огромный ретроспективный материал. В целом, геохимическая информация была собрана приблизительно для 85% территории РФ. Ее комплексный анализ проводился с целью отбраковки материалов с низким качеством и выделения однородных массивов геохимической информации.

Он включал: обобщение и оценку качества первичных аналитических и геолого-геохимических картографических материалов; актуализацию, пере-

интерпретацию и переоценку геохимической информации; трансформацию базовых геохимических карт геохимической специализации структурно-формационных комплексов (СФК), минерагенического районирования, прогнозно-геохимической, локализации перспективных площадей, районирования территории по условиям проведения геохимических работ из масштаба 1:1 000 000 по номенклатурным листам созданных ГХО ГК-1000 в масштаб 1:2 500 000; увязку и генерализацию контуров трансформированных геохимических карт в масштабе 1:2 500 000 по территориальным блокам, а затем в единый комплект по всей территории РФ; пополнение вышеуказанных комплектов базовых геохимических карт результатами экстра- и интерполяции картографической геохимической информации и результатами комплексного анализа ретроспективных мелкомасштабных и обзорных карт территории России (геохимических, геологических, минерагенических, полезных ископаемых, ландшафтных и др.) по территориям отсутствия или неудовлетворительного качества геохимической информации.

В результате проведенного анализа геохимическая информация была дифференцирована на три основных блока:

- Материалы многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 (1996 – 2007 г.г.) и данные международного проекта эколого-геохимического картирования по Баренцрегиону.(1999 – 2004 г.г.).

- Материалы региональных геохимических работ, полученные при создании геохимических основ Госгеолкарты-1000/3 на основе ретроспективных данных по геохимическим съемкам масштаба 1:200 000-1:1 000 000.

- Разномасштабная геохимическая информация, данные шлихового опробования, обзорные карты геологические, металлогенические, прогнозно-металлогенические, полезных ископаемых, а также данные из научных монографий и статей целенаправленно собранные для составления карт АГП России и геохимической специализации СФК территории России.

Основу данных первой и второй группы составляют результаты приближенно-количественного спектрального анализа. Обработка данных проводилась с использованием компьютерных технологий, с целью выделения и увязки рудогенных геохимических аномалий, получения геохимических характеристик аномальных геохимических полей, их интерпретации и оценки.

Наиболее разнородна третья группа. В процессе обработки этой информации проводилась ее актуализация с учетом новых геохимических, металлогенических и геологических данных. В процессе актуализации карт производилась их увязка на единой топографической основе.

По территориям, на которые не составлялись ГХО-1000, но ранее проводились разномасштабные геохимические работы, для составления карты рудогенных аномальных геохимических полей масштаба 1:2 500 000 при отсутствии аналитических данных использовались картографические геохимические материалы и результаты шлихового опробования выполненного при ГСР-200.

Однородные массивы геохимической информации увязывались друг с другом посредством процедур индивидуального нормирования и получения

взаимоувязанных показателей аномальности, интенсивности, комплексности, геохимической и металлогенической специализации, перспективности.

Для территорий, недостаточно обеспеченных первичными аналитическими данными, но имеющих набор производных геохимических материалов: мелко-масштабные и обзорные карты геохимического содержания; карты контуров геохимических аномалий в коренных породах, почвах, донных отложениях, водах и шлихах, карты распределения пунктов минерализации и рудопроявлений, геохимические характеристики известных месторождений проводился комплексный анализ геохимической информации с использованием инструментария ГИС-программ.

По территориям, геохимически неизученным или неудовлетворительно изученным, создание карты рудогенных аномальных геохимических полей проведено путем интерполяции и экстраполяции данных по изученным сопредельным площадям и с применением методов эвристики на основе установленных по результатам специального предварительного комплексного анализа закономерностей связи морфологии, размеров, состава, интенсивности разноранговых АГХП с известными рудными месторождениями, узлами, районами, металлогеническими зонами, с геохимически специализированными СФК, геологическими структурами и т.д.

Для переинтерпретации и переоценки геохимических данных использовались карты районирования по условиям проведения геохимических работ [Гуляева и др, 2009] и геохимической специализации структурно-формационных комплексов [Гусев и др., 2009]. На первой карте, по эффективности выхода на поверхность литохимических вторичных ореолов и потоков рассеяния, выделяются открытые, полузакрытые и закрытые районы. На второй - показано распределение типов геохимической специализации структурно-формационных комплексов, выделенных на основе классификации, предложенной В.М. Гольдшмидтом, с некоторыми изменениями [Требования ..., 1999].

Задача 2. Выявление, разбраковка, интерпретация и оценка перспективности рудогенных аномальных геохимических площадей в ранге рудных районов. Основными объектами картографирования являлись аномальные геохимические площади (АГХП) в ранге рудных районов (табл. 1).

Для выявления АГХП, прежде всего, проводилось определение фоновых содержаний химических элементов. Это понятие относится к числу основополагающих для объектов прогнозной оценки. В его основе лежит представление о геохимическом фоне, как о рассеянном распределении химических элементов, связанном с сингенетическими процессами миграции.

Эффективность оценок фона зависит от возможности учета степени изменчивости данных и обеспечивается формированием однородных выборок, лишенных экстремальных данных.

Сравнение фоновых содержаний химических элементов в компонентах геологической среды разных регионов страны показало значительную дифференциацию содержаний многих элементов, отражающую геохимическую специализацию крупных регионов России. Это обстоятельство определило необ-

ходимость использование местных (региональных) фоновых содержаний для выделения рудогенных аномальных геохимических полей с целью избежания выделения ложных аномалий.

Основной объем данных представляли результаты приближенно-количественного спектрального анализа. Сначала они расчленялись на однородные массивы с учетом регионов, лабораторий, исполнителей и времени производства. Затем, при необходимости, вычленялись блоки с одинаковыми перечнем элементов, чувствительностью анализа, типами природных ландшафтов, петрогенетическими типами пород и т.п. Полученные однородные массивы обрабатывались отдельно.

За фоновые содержания элементов принимались значения медианы, которые, как показали Б.А. Юфа и Ю.М. Гурвич [1964] являются наиболее оптимальными для разнородных данных, которыми располагал автор. За критерий аномальности содержаний, согласно «Методическим рекомендациям к составлению легенд ...» [Беляев и др., 1985], принималась величина стандартного отклонения от фона ( $S_a = S_f \pm 1S, 2S, 3S$  и т.д.). Полученные оценки фона подвергались экспертизе, и при необходимости вносились коррективы.

Выделение объектов прогнозной оценки в ранге рудных районов производилось на картах интегральных геохимических аномальных полей совмещением рудогенных аномалий, выявленных в разных компонентах природно-геологической среды [Головин, Гуляева, 1995]. Объекты прогнозной оценки, при использовании ретроспективных картографических данных, вычленялись из совокупности геохимических полей с учетом ландшафтно-геохимических, металлогенических, геологических условий их локализации. Для разбраковки геохимических аномалий с выделением объектов рудной природы использовались геолого-геохимические критерии [Криночкин, 1999].

Вслед за выделением АГХП проводилась их геолого-геохимическая *интерпретация*. Для чего привлекались данные о связи с: конкретными геологическими образованиями и структурными элементами, контролирующими размещение коренного оруденения; металлогенической специализацией геологических структур и комплексов; геодинамической обстановкой, условиями гипергенной миграции элементов и др.

Обобщенная сводка методических принципов интерпретации рудогенных аномалий ранга рудных полей и месторождений подробно рассмотрены в работах Л.Н. Овчинникова [1986], в работах Э.Н. Баранова и др. [1972, 1976] и А.А. Головина и др. [1976] и др. Они используются при региональном картографировании для интерпретации геохимических полей более низких иерархических уровней [Требования ..., 1999; Головин и др., 2008].

Оценка *перспективности* рудогенных аномалий проводилась на базе комплекса благоприятных предпосылок и признаков (табл. 4). Результаты интерпретации и оценки АГХП отображены на *карте рудогенных аномальных геохимических полей России масштаба 1:2 500 000* [Криночкин и др., 2009]. На нее вынесены рудогенные АГХП, классифицированные по основным группам прогнозируемых полезных ископаемых и степени перспективности и результа-

ты геохимического районирования аномального геохимического поля (мегапровинции, провинции, области и мегазоны).

Минерагеническая специализация АГХП представлена следующими типами: благородные металлы (Au, Ag, Pt); цветные металлы (Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Al); редкие металлы (W, Sn, Hg, Mo, Sb, Be, Bi, As, Re, Ta, Nb, Y, Yb, Zr, TR); радиоактивные металлы (U, Th); черные металлы Cr, Mn, Ti, Fe, V); драгоценные полезные ископаемые (di – алмазы); нерудные полезные ископаемые (S – сера, F – флюорит, P – фосфорит, Ap – апатит, Ba – барит, B – бор); смешанный тип (комплекс из 3-х и более полезных ископаемых).

По степени перспективности АГХП дифференцированы на 4 категории: высокой, средней, низкой и неясной. Объекты с высокой и средней степенью перспективности разделены на известные и потенциальные.

Представленная карта решает задачи: выявления, оконтуривания и увязки АГХП; установления пространственных связей выявленных АГХП с геологическими образованиями и структурами; выявления прямых геохимических признаков рудогенных объектов; оценки геохимической и металлогенической специализации АГХП; качественной оценки минерагенического потенциала перспективных рудогенных АГХП; получение объективной прямой геохимической информации для обоснования направлений региональных ГРР.

Важной технологической особенностью проведенных исследований является создание банка данных картографической и фактографической информации, содержащего также электронный кадастр минерагенических таксонов (провинций, областей, мегазон, зон и районов) с оценкой минерагенического потенциала потенциальных высокоресурсных объектов.

Задача 3. Изучение неоднородностей глобального и регионального иерархических уровней аномального геохимического поля территории России. В основу выявления геохимических неоднородностей глобального уровня (мегапровинции и провинции) и регионального уровня (области и мегазоны) был положен анализ распределения объектов локального уровня (районов и зон), их геохимических характеристик, в совокупности с особенностями геологического строения и развития регионов.

Районирование заключалось в выявлении территорий характеризующихся положительными аномальными содержаниями химических элементов с определенными геохимическими свойствами (сидерофильными, халькофильными, литофильными и смешанными).

Установленные неоднородности аномального геохимического поля характеризуются иерархичностью, самоподобием, распределением в пространстве, что сближает их с фрактальными структурами. Иерархичность геохимических полей показана в таблице 1.

Для исследования всего множества объектов строилась эмпирическая зависимость между рангом объекта и его площадью. Эта зависимость выражается формулой:  $d = \ln S_1 / \ln S_2$ , где:  $d$  – фрактальная размерность неоднородностей АГП;  $\ln S_1$  и  $\ln S_2$  – значения натуральных логарифмов средних площадей сопоставляемых объектов (районов -  $S_1$ , зон -  $S_2$ ) смежных уровней.

На базе установленной иерархичности (фрактальности) АГП проводился анализ изменения геохимических и металлогенических свойств выделенных неоднородностей.

Задача 4. Установление закономерностей локализации разноранговых АГП в основных геодинамических обстановках. Для выявления закономерностей локализации разноранговых аномальных геохимических полей проводился анализ их распределения в пределах кристаллических щитов, платформенных плит и покровно-складчатых поясов. Для кристаллических щитов и зон тектономагматической активизации платформенных плит исследовались взаимоотношения АГП с ареалами внутриплитного рифтогенного и локального магматизма; для платформенных плит - обстановки платформенных осадочных бассейнов, а для складчатых областей – плитотектонические субдукционные обстановки.

Проведенное исследование позволило ответить на вопрос о структуре региональных аномальных геохимических полей, ее взаимоотношении с геологическими структурами, установить проявления конформной и дисформной геохимической зональности.

Задача 5. Разработать критерии локализации высокоресурсных аномальных геохимических площадей для целей глобального и локального прогноза. Для этого исследовались связи геохимической специализации пород разноранговых тектонических единиц с их металлогенической специализацией; взаимосвязи состава аномальных геохимических полей и металлогении высокоресурсных эталонных объектов; особенности распределения высокоресурсных рудных районов в структурах глобальных геохимических неоднородностей и их связи с геохимически специализированными геологическими комплексами.

Для оценки перспективности АГХП в ранге рудных районов, использовался комплекс критериев, отобранных из числа известных, путем уточнения и апробации на эталонных объектах. В качестве последних на территории России были выбраны хорошо изученные рудные районы с уникальным и крупным ресурсным потенциалом. Эталонные объекты включали 122 месторождения по следующим группам полезных ископаемых: черные (Fe, Mn, Cr, Ti, V), цветные (Cu, Ni, Co, Pb, Zn, Sn, Mo, W, Al, Mg, Hg, Sb), редкие (Li, Be, Ta, Nb, Re, Ge, Zr, редкие земли), благородные (Au, Ag, Pt), радиоактивные (U) металлы и некоторые нерудные полезные ископаемые (горючие ископаемые, алмазы флюорит, фосфор и др.).

Задача 6. Геохимическое прогнозирование на территорию России с локализацией высокоресурсных потенциальных рудных районов перспективных на обнаружение крупных месторождений полезных ископаемых. Глобальное и локальное геохимическое прогнозирование ресурсного потенциала территории России проводилось на основе синтеза всей полученной информации с использованием установленных геохимических критериев.

Результатом глобального прогнозирования явилось выделение геохимических областей и мегазон перспективных на обнаружение новых для них высокоресурсных видов полезных ископаемых и прироста ресурсного потенциала

известных. Локальный геохимический прогноз заключается в выделении высоко-ресурсных потенциальных рудных районов в пределах геохимических провинций.

### **Глава 3. Геохимические неоднородности аномального геохимического поля территории России**

В последние десятилетия широкое распространение в различных областях естествознания, в том числе и в геологии получили идеи нелинейной динамики. С этих позиций земная кора в целом и отдельные ее элементы рассматриваются как открытые диссипативные динамические системы. Вследствие этого образование различных геологических структур рассматривается как результат сложного взаимодействия многих факторов. Отличительной особенностью таких систем является иерархическая структура их организации или фрактальность.

Теоретические основы методов фрактального анализа и примеры практического приложения теории фракталов в различных областях естественных наук изложены в трудах Мандельбротта [1983], Фальконера [1995] и др. Исследованиям иерархической организации строения земной коры и фрактальных свойств различных геологических систем посвящены работы М.А. Садовского и В.Ф. Писаренко [1991], П.М. Горяинова и Г.Ю. Иванюка [2001] и др.

Под фракталом понимается объект, состоящий из частей, которые в каком-то смысле подобны целому – самоподобны. Это подобие может быть как геометрическим, так и статистическим [Mandelbrot, 1983; Шредер, 2001].

Установленный иерархический ряд площадных размеров неоднородностей аномального геохимического поля имеет вид: районы, зоны, мегазоны, области, провинции, мегапровинции. В отличие от регулярных фракталов их фрактальная размерность не является константой. В интервале: район – зона величина показателя фрактальности  $d = 1,33$  ( $d = \ln S_{\text{зона}} / \ln S_{\text{район}}$ ), а для пары мегазона – провинция  $d = 1,058$ . Соответственно, в этом направлении тренд фрактальности «выполаживается» (рис. 1).

Наиболее достоверные данные получены для районов, зон и мегазон (табл. 1). Тренд средних значений площадей этих трех объектов аппроксимируется уравнением:  $\ln S_N = 7,9865 + 3,7687 \ln(N)$ , где  $N$  – порядковый номер иерархического уровня объекта (1-район, 2 – зон, 3 – мегазона, 4 – область, 5 – провинция, 6 - мегапровинция). Величина достоверности аппроксимации  $R^2=0.9992$ . На основании полученного уравнения рассчитаны средние значения площадей остальных членов иерархического ряда (табл. 1).

Установленный тренд может быть, как субъективным, так и достаточно объективным для исследования. Многие из выделенных мегазон и областей и большинства провинций, имеют ограничения в виде границ государства и водных акваторий. По этой причине часть из них не использовались при расчетах. А полученные средние размеры являются ориентировочными (табл. 1). Однако, они хорошо согласуются с размерами площадей тектонических структур,



выделенных на территории России Г.С. Гусевым (2001), для которых наблюдается аналогичный тренд средних размеров. Это, с одной стороны, подтверждает достаточную надежность полученных эмпирических данных, а с другой стороны, позволяет использовать результаты тектонического районирования для изучения геохимических неоднородностей.

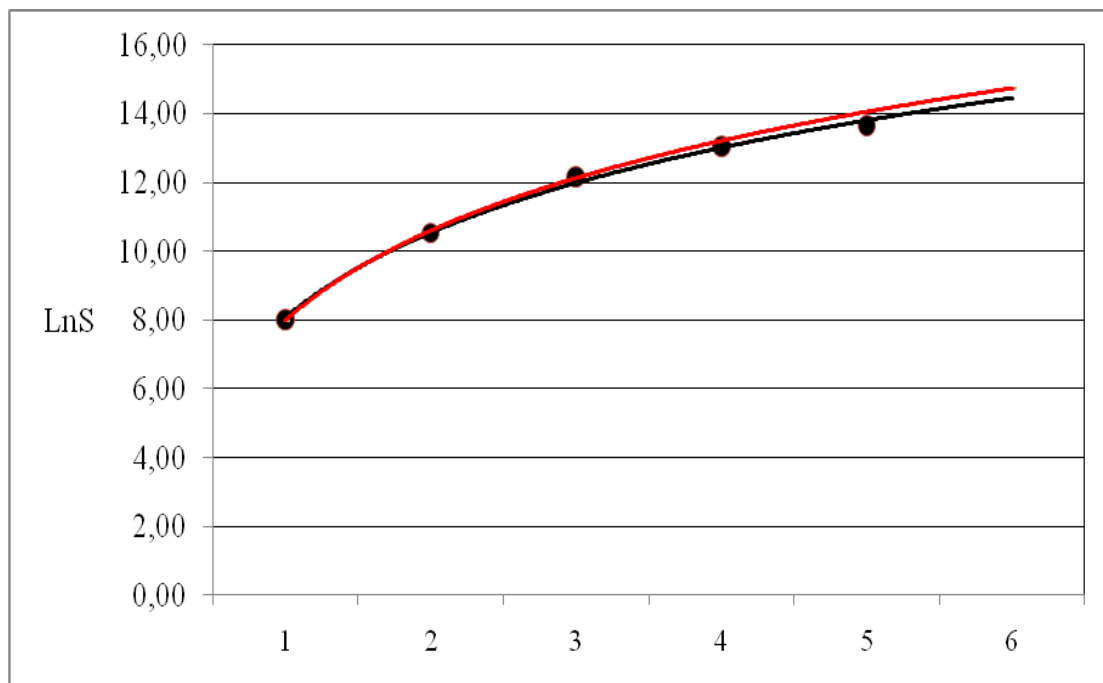


Рис. 1. Тренд фрактальной размерности неоднородностей аномального геохимического поля

Оси: Y – натуральный логарифм площади, X – объекты (1 – район, 2 – зона, 3 – мегазона, 4 – область, 5 – провинция, 6 – мегапровинция). Линии тренда: черная – имперический, красная – расчетный.

Геохимические мегапровинции отвечают платформам и покровно-складчатым поясам. На территории РФ выделяются фрагменты семи геохимических мегапровинций. В геохимическом отношении они весьма неоднородны.

Геохимические провинции (ГХП) в мегапровинциях отвечают плитам, щитам и покровно-складчатым областям и характеризуются отчетливо выраженными чертами геохимической индивидуальности. Даже аномальные поля провинций с аналогичной геотектонической позицией (кристаллические щиты, платформенные плиты, складчатые области), как правило, геохимически различаются (рис.2).

Установлено, что особенностью аномальных полей *геохимических провинций кристаллических щитов* является доминирование в них халькофильных элементов. Но главные элементы халькофильной группы на Балтийском щите (I-Б) ГХП представлены Cu, а на Алдано-Становом (IV-АСТ) – Au, Ag. Ведущие литофильные элементы в обеих провинциях представляют U и Mo, а сидерофильные в первой – Ni, а во второй – Cr.

Из *геохимических провинций платформенных плит* наиболее близки между собой Скифская (II-СФ) и Западно-Сибирская (III-ЗС) ГХП молодых

платформ. Их, преимущественно, сидеро-литофильные аномальные геохимические поля характеризуются практически одним составом - U, Sr, Ti, Zr. Для Западно-Сибирской провинции характерно еще и широкое развитие полей Mn и Co, а для Скифской ГХП – Y и Yb. К ним, в плане доминирования U, Sr, Zr, Ti, близка Восточно-Европейская (I-VE) ГХП, но в ней также широко распространены и поля Cu, Zn, P, Mo, Mn.

Таблица 1

Сопоставление иерархических уровней геохимических и тектонических единиц на территории России

Геохимические (по данным автора)			Тектонические (по Г.С. Гусеву, 2001)			Диапазон (км <sup>2</sup> )
Иерархические уровни	Ранг	Средний размер (км <sup>2</sup> ) статистич/ расчетный	Иерархические уровни	Ранг	Средний размер по России (км <sup>2</sup> )	
Глобальный	Мегапровинция:	-/ 2 500 000	Глобальные	Мегапровинция, складчатый пояс		n·10 <sup>6-7</sup>
	Провинция	850 000/ 1 300 000	Трансрегиональный	Провинция и область	100 000 – 1 000 000	
Региональный	Область	460 000/ 550 000	Региональный	Мегазона	200 000	n·10 <sup>5</sup>
	Мегазона	190 000/ 185 000				
Локальный	Зона	38 000/ 40 000	Территориальный	Зона	30 000	n·10 <sup>4</sup>
	Район	3 000/ 2 900	Локальный	Район	3 000	n·10 <sup>3</sup>

Существенно отличаются аномальные поля Тимано-Баренцевоморской (I-ТБ) и Центрально-Сибирской (IV-СП) платформенных провинций. Первая провинция приурочена к молодой платформе и в ней доминируют поля Sr, Mn и Ni. Вторая ГХП соответствует древней платформе, испытавшей интенсивную тектономагматическую активизацию, и характеризуется широким развитием аномалий Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Ti, Cr, V.

Из *геохимических провинций складчатых областей*, широкое развитие аномальных полей Pb, Zn, Cu сближает Кавказскую (II-КВ), Уральскую (III-УР), Пайхой-Новоземельскую (III-ПНЗ) и Алтае-Саянскую (III-АС) провинции.

Кавказская и Уральская ГХП относятся к аккреционно-коллизийным областям. Но, в Кавказской провинции, по распространенности аномальных полей, вслед за халькофильными элементами следуют литофильные (W, Mo), а в Уральской провинции - сидерофильные (Ni, V, Co, Cr, Mn). В Пайхой-

Новоземельской ГХП коллизионной области сидерофильные и литофильные поля угнетены. Аномальное поле Алтае-Саянской ГХП аккреционно-коллизионно-активноокраинной области наиболее комплексно. В нем список халькофильных элементов дополняют Ag и Au, и широко распространены поля литофильных (Mo, W) и сидерофильных (Mn, Co) элементов.

Для складчатых областей восточной части страны характерны лито- и халькофильные поля. Доминированием аномалий Au, Pb и Zn характеризуются Байкало-Витимская (V-БВ), Монголо-Охотская (V-МО) и Колымо-Омолонская (VI-КО) провинции. Из них Байкало-Витимская и Монголо-Охотская ГХП приурочены к аккреционно-коллизионно-активноокраинным областям, а Колымо-Омолонская – к аккреционно-коллизионной. Литофильные поля в первых двух провинциях представлены Mo, U и W, а в последней - Sn, W и Mo.

Близкий состав полей с доминированием Au и Ag объединяют Охотско-Чукотскую (VII-ОЧ) и Хоккайдо-Сахалинскую (VII-СХ) провинции аккреционно-коллизионно-активноокраинных областей. Но в первой распространены аномальные поля Pb и Zn, а во второй – Hg и Cu. Литофильная составляющая обеих провинций представлена Sn, W и Mo.

Преобладание литофильных полей является общим для Буреинско-Цзямусинской (VII-БЦ) и Сихотэ-Алинской (VII-СА) провинций аккреционно-коллизионно-активноокраинных областей, Верхояно-Колымской (VI-БК) и Чукотской (VI-Ч) провинций коллизионных областей и Курильской (VII-КУ) островодужной провинции. В Буреинско-Цзямусинской ГХП они представлены Sn, U и Be, в Сихотэ-Алинской ГХП - Sn, W и Mo, в Верхояно-Колымской и Чукотской ГХП – Sn и W, а в Курильской ГХП - Mo. Халькофильная составляющая в Буреинско-Цзямусинской ГХП представлена, в основном, полями Ag, а в других провинциях - Au, Ag, Cu, Pb, Zn.

Ярко выраженной халькофильной специализацией выделяется Корякско-Камчатская (VII-КК) ГХП аккреционно-коллизионно-активноокраинной области. Ведущая роль в ней принадлежит аномальным полям благородных (Ag, Au) и цветных (Cu, Zn, Pb) металлов.

Геохимические провинции во фрактальном ряду сменяют области и мегазоны - неоднородности регионального уровня. Структура АГП на этом уровне значительно усложняется, а выделенные объекты характеризуются более ярко выраженной геохимической и металлогенической специализацией (рис. 3).

Это можно видеть на примере Балтийской провинции. Выделяемые в составе ее интегрального АГП Кольская (Mo, U, Cu, Cr, Ni, Co, Mn, Zn, Ag) и Карельская (Cu, Cr, Ni, Mn, Mo, U, V) области достаточно отчетливо специализированы: первая - на литофильные элементы, а вторая – на сидерофильные. (табл. 2).

Эта тенденция продолжается в аномальных полях мегазон, зон и рудных районов. Выделенные в Кольской (I-Б-1) области Ловозерская (I-Б-1-1) и Печенгская (I-Б-1-2) мегазоны, становятся еще более геохимически специализиро

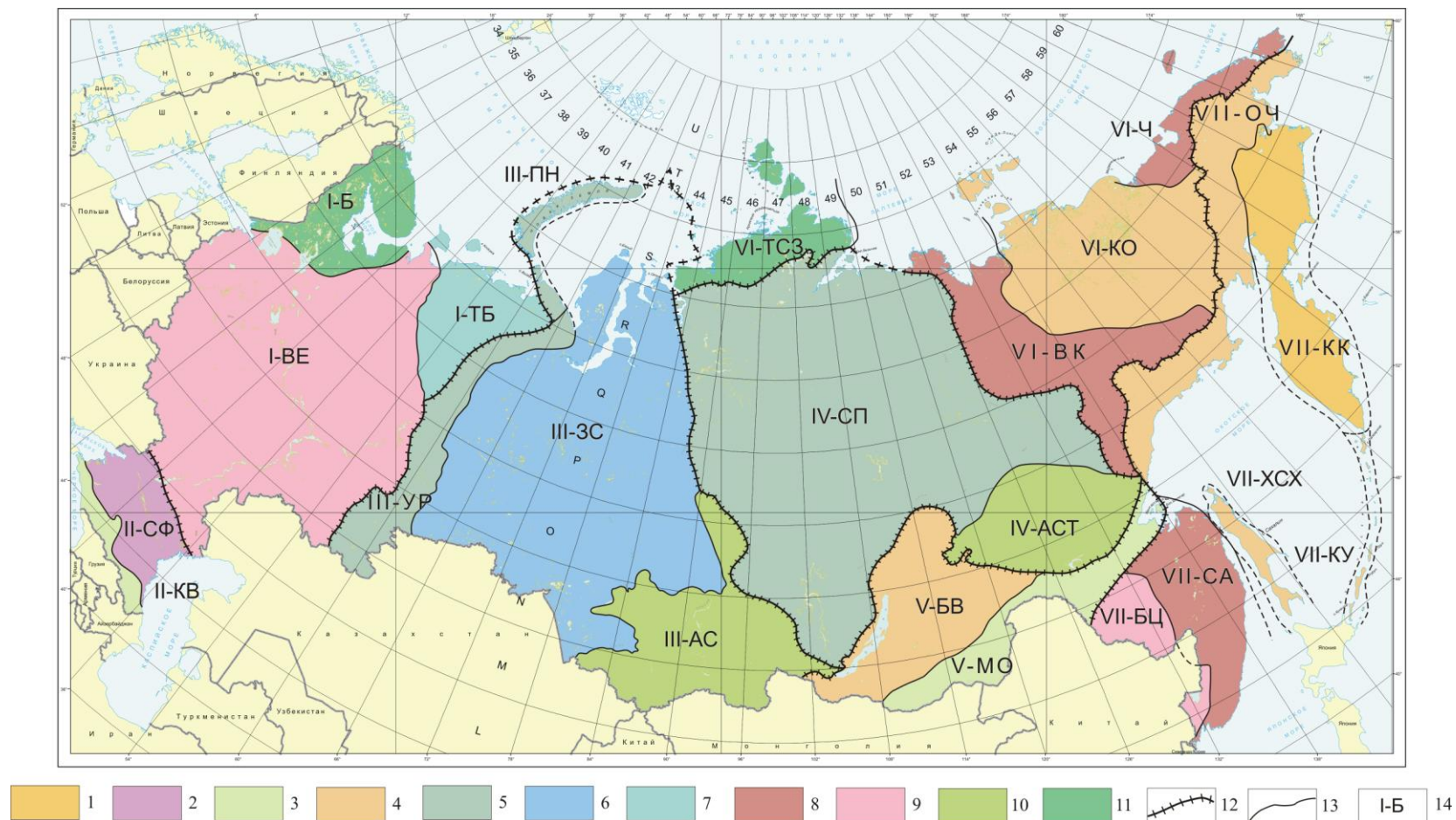


Рис. 2. Глобальные геохимические неоднородности АГП России.

1 – 11. Геохимические типы аномальных полей (доминирующие элементы): 1 - халькофильный (Au, Ag), 2 – литофильный (U), 3 – лито-халькофильный (Pb, Zn, Cu), 4 – лито-халькофильный (Au, Ag), 5 – сидеро-халькофильный (Cu, Pb, Zn), 6 – литол-сидерофильный (Ti, Mn), 7 – халько-сидерофильный (Cr, Mn), 8 – халько-литофильный (Sn, W), 9 – халько-литофильный (U), 10 – лито-сидеро-халькофильный, 11 – сидеро-лито-халькофильный; 12 – индексы геохимических типов АГП; 13 – 14. Границы глобальных неоднородностей АГП: 13 – мегапровинций, 14 – провинций; 15 – индексы, названия и основной состав АГП провинций.

ванными. Из них Ловозерская мегазона приобретает литофильные свойства, а Печенгская, преимущественно, сидерофильные.

Тренд геохимической специализации АГП в сторону существенно литофильных элементов продолжается в Хибинском, Ловозерском и Колмозерском районах, а сидерофильных - в Печенгском, Сопчеозерском, Верхнетуломском и Ковдорском районах и заканчивается оруденением соответствующих геохимических типов.

Анализ АГП других провинций показал, что тенденция специализации выделяемых пространственных таксонов фрактального типа с увеличением ранга является свойством интегрального геохимического поля и отражает направленность его эволюции. При этом, наблюдается не только изменения их геохимических свойств, но и возрастание специализации их аномальных геохимических полей на рудообразующие элементы. Это создает предпосылки для научно обоснованного прогнозирования при региональном и даже глобальном геохимическом изучении территорий.

#### **Глава 4. Закономерности локализации аномальных геохимических полей в связи с геодинамическими обстановками их формирования**

Для рассмотрения общих геохимических особенностей региональных АГП автор не обсуждает принципиальные вопросы современной теоретической геологии. Как реально существующий факт принимается, что современные структуры земной коры на территории России представлены двумя основными группами [Гусев и др., 1999]: «несубдукционные» и «субдукционные». Первые характерны для кристаллических щитов и платформенных плит, вторые - для складчатых областей (покровно-складчатых поясов).

Аномальные геохимические поля в отмеченных обстановках могут быть производными собственных рудно-геохимических систем, или быть трансформированными в ходе их взаимодействия с глубинными флюидными (геохимическими) системами зон субдукции и/или корово-мантийных плюмов.

Формирование интегральных геохимических полей *кристаллических щитов* связано с комплексом таких геологических процессов, как седиментогенез, магматизм, региональный метаморфизм и ультраметаморфизм, гранитообразование, кремнещелочной и железо-магнезиально-кальциевый метасоматоз и т.п. [Геохимическая карта ..., 1985]. Это многообразие, совмещенность в пространстве разных геологических процессов и сильнейшие преобразования архейских и других структурно-вещественных комплексов затрудняют интерпретацию первичной природы аномальных полей.

Сложный состав интегрального АГП Балтийской геохимической провинции обусловлен гетерогенностью образующих его аномальных полей, связанных с архейской корой и ареалами внутриплитного магматизма. Область *Балтийского щита* (БЩ) представляет коллаж метаморфических террейнов архейского и раннепротерозойского возраста и ареал позднепротерозойского и



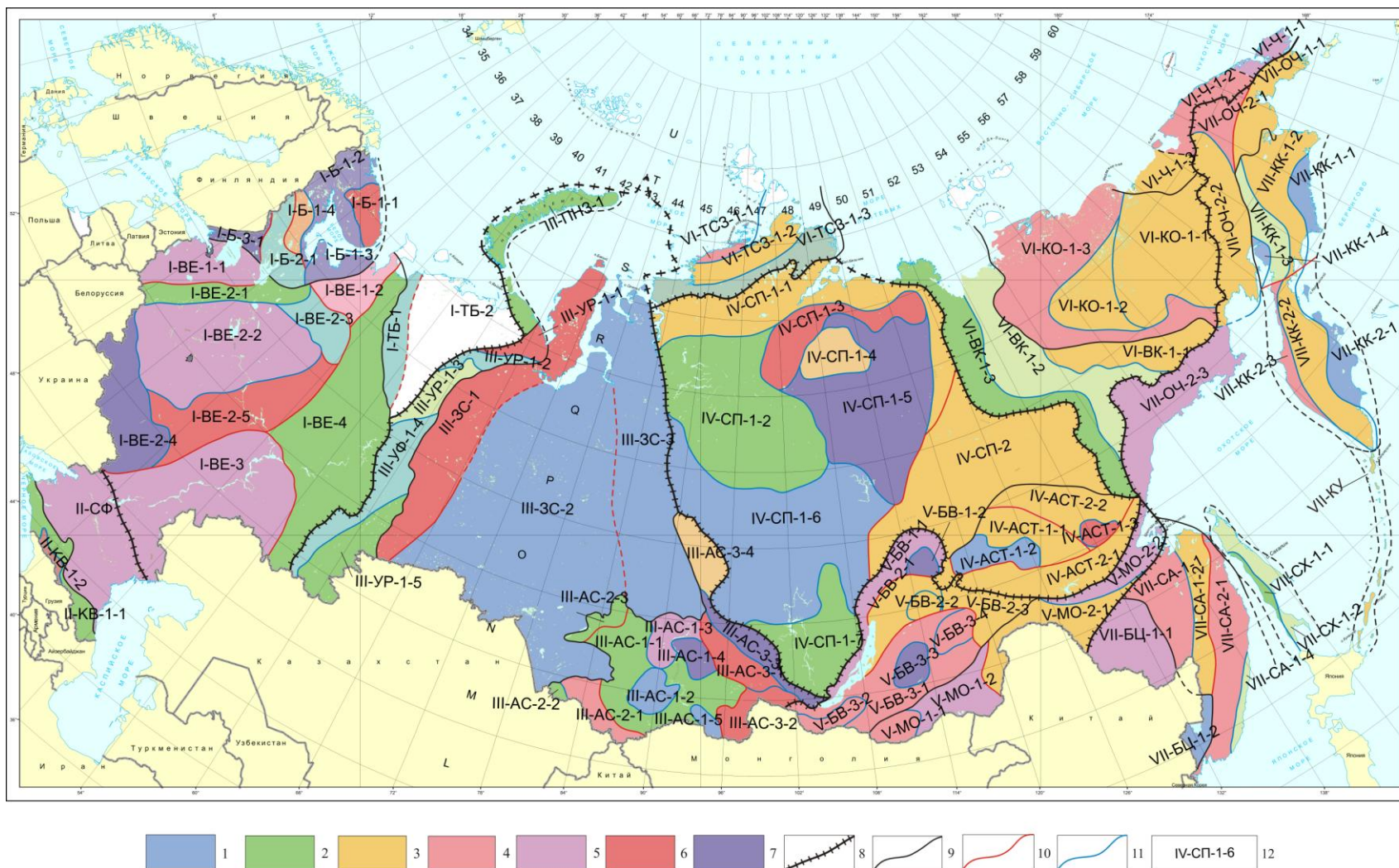


Рис. 3. Региональные геохимические неоднородности АГП России

1 – 12. Геохимические типы аномальных полей (доминирующие элементы): 1 - сидерофильный, 2 – халькофильный (Cu, Pb, Zn), 3 - халькофильный (Au, Ag), 4 – литофильный (редкие), 5 - литофильный (U), 6 – литофильный (редкоземельные), 7 – смешанный; 8 – 12. Границы неоднородностей АГП: 8 - мегапровинций, 9 – провинций, 10 областей, 11 – мегазон; 12 – индексы областей и мегазон.

Таблица 2

Состав геохимических неоднородностей различных уровней аномального геохимического поля Балтийской геохимической провинции

Провинции	Области	Мегазоны	Зоны	Районы	Высокоресурсные полезные ископаемые
Балтийская (I-B): Cu, Ni, Co, U, Nb, Mo, Pb, Zn, Cr, V, Mn, P, Th, Sn, As, Sb	Кольская (I-B-1) Mo, U, Cu, Cr, Ni, Co, Mn, Zn, Ag (сидеро-халько- литофильный)	Ловозерская (I-B-1-1) - Nb, Mo, P, U, Be, TR, Th, Zr <b>(литофильный)</b>	Ловозерская – Nb, Mo, P, U, Be, TR, Th, Zr <b>(литофильный)</b>	Хибинский (2-Q-36) – Nb, P, Sr, Rb, Zr, Ce, La, U <b>(литофильный)</b>	P, Al <b>(литофильный)</b>
				Ловозерский (3-Q-36) Nb, La, Ce, Zr, Th, U, Mo <b>(литофильный)</b>	Nb, Ta, TR <b>(литофильный)</b>
				Колмозерский (1-R-37) Nb, La, Ce, Li, Cs, U, Th, Be, Mo <b>(литофильный)</b>	Li Be Ta Nb <b>(литофильный)</b>
		Печенгская (I-B-1-2) - Cr, Ni, Cu, Mo, U, Zn, Mn, Ag (лито-халько- сидерофильный)	Печенгская - Ni, Cu, Mo, Co, Cr, Cd, Mn, Sc (лито-халько- сидерофильный)	Печенгский (1-R-36) Cu, Ni, Mo, Mn, Cd, As, Ti, Co, Sc (лито-халько-сидерофильный)	Cu, Ni, Co <b>(халько- сидерофильный)</b>
				Верхнетуломский (5-R-36) – Ni, Cr, Cu, Ti, Mo, P, Cd, Co (халько-лито-сидерофильный)	Fe, Ti, P <b>(лито- сидерофильный)</b>
				Сопчеозерский 1-Q-36 Cr, Ti, Ni, Cu, V, Mo, Co (халько-лито-сидерофильный)	Cr, Ti, Fe <b>(сидерофильный)</b>
				Ковдорская - Cr, Ni, U, Li, Th, P, Cu, Nb, Mn <b>(лито-сидерофильный)</b>	Ковдорский (4-Q-36) P, U, Nb, Mo, Cr, Ni, Mn, La <b>(сидеро-литофильный)</b>

среднепалеозойского внутриплитного магматизма. Известны месторождения метаморфической группы железорудного комплекса, метаморфизованной внутриплитной платиновой, хромитовой, медно-никелевой, ванадиевой фосфатной, глиноземистой и редкометальной групп [Гусев и др., 2002].

В структуре щита выделяются Кольско-Норвежская, Кольско-Карельская и Карельская структурно-формационные мегазоны, имеющие свои особенности формирования коры в архее и ее переработки в протерозое. Для Кольско-Норвежской структурно-формационной мегазоны характерны гранулиты основного и кислого состава и широкое развитие щелочных магматических пород, слабо проявлены зеленокаменные пояса. В Кольско-Карельской мегазоне максимальное развитие получили глубинные процессы динамометаморфизма, гранитизации и пегматитообразования, течения вязкого вещества и субгоризонтального перемещения комплексов. В ней находятся наиболее древние комплексы с возрастом 3.5 млрд. лет, имеют значительное развитие разновозрастные зеленокаменные пояса, щелочной магматизм имеет подчиненное развитие. [Смолюкин, 2009]. Мегазона представляет наиболее сохранившуюся часть архейской коры.

Территорию Кольско-Норвежской и Кольско-Карельской структурно-формационных мегазон и частично Восточно-Европейской плиты охватывает аномальное поле Кольской (I-B-1) геохимической области. В этом проявляется его дисформность по отношению к геологическим структурам. Для АГП области характерно широкое развитие полей разного состава. Но главные литофильные поля локализуются на территории Ловозерской (I-B-1) и Лехтинской (I-B-1-4) мегазон, а халькофильные и сидерофильные за их пределами. Аналогично проявляет себя и минерагеническая зональность.

В пределах Карельской структурно-формационной мегазоны локализуется Карельская (I-B-2) геохимическая область. Состав ее аномального поля, в основном, халько-сидерофильный. В мегазоне, в архейской коре (в фундаменте платформы) локализовано АГП Костомукшинского железорудного района на северо-западном фланге Костомукшинской (V-1) геохимической зоны. Особенностью аномального поля является не только развитие аномальных полей Cr и Ni – спутников основного полезного ископаемого - железа, но и халькофильных спутников золота – As, Ag, Pb, Cu и Cd (рис. 4)

С ареалами развития раннепротерозойского и средне-позднедевонского внутриплитового рифтогенного магматизма ассоциируют Печенгская (I-1), Ковдорская (IV-1), Кулайская (III-1) и Лехтинская (VI-1) геохимические зоны. Первые три характеризуются широчайшим развитием, прежде всего, аномальных полей сидерофильных элементов (Cr, Ni, Co, Mn), хотя в них значительное распространение имеют халькофильные и литофильные поля.

Лехтинская (VI-1) геохимическая зона, приуроченная к Лехтинской структуре (Восточно-Карельская подвижная зона [Минц, 1996]). Она локализована на границе Кольско-Карельской и Карельской структурно-формационных мегазон и отличается доминированием полей литофильных Mo и U и халькофильных Cu, Pb, Zn, As и Sb. Сидерофильные (Co, Mn, V) поля имеют подчиненное значение.



Металлогения Печенгской зоны наиболее разнообразна - Ni, Co, Fe, Ti, Cr, Cu, P; основными полезными ископаемыми Ковдорской зоны являются Fe и P, Кулайской – Pt, а Лехтинской - Mo, Au и Cu.

С ареалами локального внутриплитного магматизма связаны Ловозерская (II-1), Онежская (II-5) и Архангельская (VII-1) геохимические зоны. Из них, Ловозерская (II-1) ГХЗ ассоциирует с ареалом щелочных магматических пород и характеризуется ярко выраженными литофильными свойствами - Mo, U, Be, Th, Nb, P. Связь Онежской (II-5) геохимической зоны с локальным базальтоидным магматизмом определяет специализацию ее АГП на Cr, Ni, V, Mn, Co при значительном распространении аномалий Zn, Cu, Pb, Au, As. Составу АГП отвечает металлогения – V, Cu, Ni, U, Au. Архангельская (VII-1) геохимическая зона локализуется в пределах Восточно-Европейской плиты, и характеризуется проявлением кимберлитового магматизма, аномалиями сидерофильных ассоциаций (Cr, Ni, Co, Sc, и др.) и алмазной минерагенией.

Отмеченные особенности строения аномального поля щита, широкое развитие аномальных геохимических полей и месторождений Cu, Ni, Co, Pt и ЭПП указывают на его связь с глубинной геохимической системой, которая и формирует современный облик АГП провинции. Система имеет предположительно мантийно-плюмовую природу. Преобладание мантийной компоненты в формировании магматических пород и месторождений региона отмечают В.Ф. Смолькин и др. [2009], Ю.Д. Пушкарев и др. [2000]. На функционирование активной глубинной флюидно-динамической системы в пределах Кольского полуострова указывает и существование термических кольцевых структур [Горный, 2000].

**Алдано-Становой щит** – область раннепротерозойской аккреции и коллизии архейских и раннепротерозойских метаморфических террейнов. Ареал раннепротерозойского и рифейского внутриплитного магматизма, позднемезозойского вулканоплутонического пояса активной континентальной окраины [Гусев, 2002].

Для аномального поля Алдано-Становой геохимической провинции характерны аномалии Au, Ag, Mo, Cu, Cr, Pb, U, W, Ni, Sr и др. элементов, которые, как правило, ассоциируют с месторождения халькофильных благородных (Au, Ag) и цветных (Cu), редких радиоактивных (U) и редкоземельных (TR, Ta, Nb) и сидерофильных черных (Fe, Ti, V) металлов.

В аномальном поле провинции локализуются Дес-Леглеерская (IV-АСТ-1), Улканская (IV-АСТ-2) и Становая (IV-АСТ-3) геохимические области (рис. 2). Аномальные поля первых двух характеризуются элементами концентрической зональности. В них выделяется центральные и фланговые мегазоны. Состав полей центральных мегазон существенно различается. В АГП Дес-Леглеерской (IV-АСТ-1-2) мегазоны доминируют Cr, Ag, Pb и Au, а в АГП Улканской (IV-АСТ-2-2) - TR, W, Be, U. Состав же аномальных полей фланговых мегазон относится к одному лито-халькофильному типу и характеризуется широким развитием аномалий Au, Ag, Pb, Cu, Zn, Mo, U, W, TR

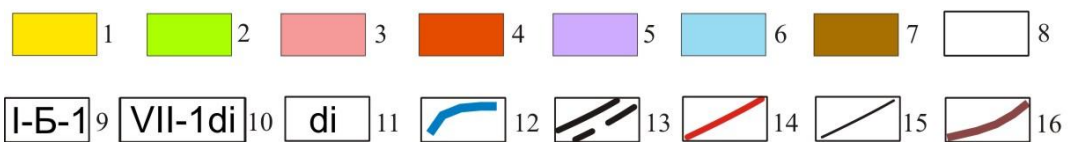
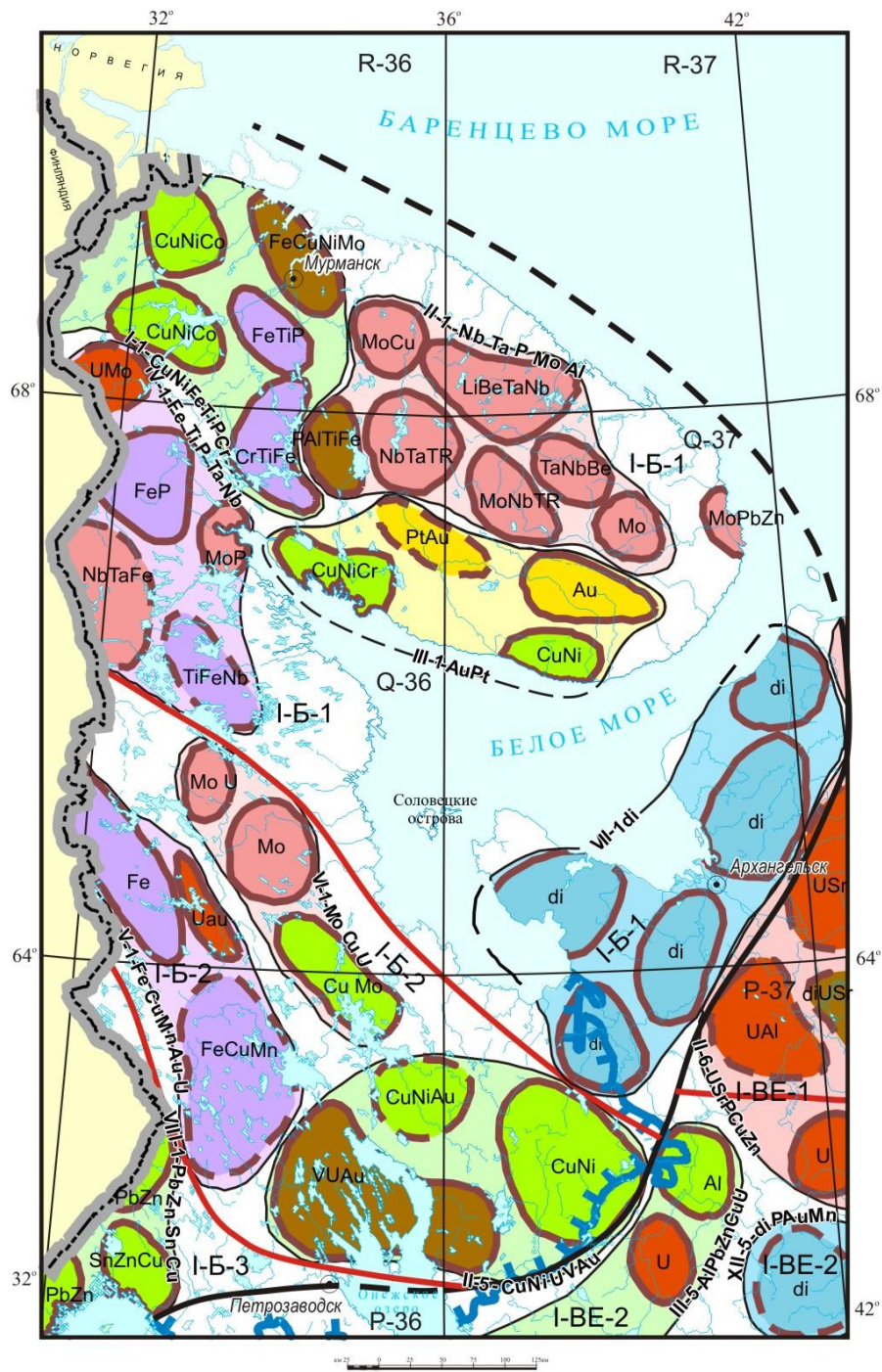


Рис. 4. Распределение АГП на Балтийском щите

1 – 7. Минерагеническая специализация АГХП: 1 – благородные (Au, Ag), 2 – цветные (Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Al), 3 – редкие (Sn, Mo, Be, Ta, Nb, Li, TR), 4 – радиоактивные (U), 5 – черные (Cr, Ti, Fe, V), 6 – алмазы (di), 7 – смешанный; 8 – фоновые территории; 9 – 11. Индексы геохимических подразделений: 9 – областей, 10 – зон, 11 – районов; 12 – граница Балтийского щита, 13 – 16. Границы геохимических подразделений: 13 - провинций (на суше и акватории морей), 14 – областей, 15 – зон, 16 – районов.

Становая (IV-АСТ-3) геохимическая область занимает южную часть щита, представляющую собой аккреционно-коллизийную систему гранулит-гнейсовых поясов и гранит-зеленокаменных областей с наложенными комплексами внешней мегазоны мезозойской активной континентальной окраины. Состав аномального поля преимущественно халькофильный - Au, Ag, Pb, Zn со сквозным развитием аномалий Au и Ag.

Таким образом, в пределах Алдано-Станового щита выделяются два основных типа геохимических полей. Первый представляют АГП Дес-Леглеерской и Улканской областей, характеризующейся концентрической зональностью и дисформностью по отношению к границам геологических структур. Второму типу отвечает АГП Становой геохимической области, отличающееся линейной морфологией и конформностью с вмещающей зоной коллизии.

В пределах **платформенных плит** основными являются геодинамические обстановки платформенных бассейнов, континентальных рифтов, трапповых провинций и пассивных континентальных окраин.

Обстановка платформенных бассейнов характеризует условия формирования АГП *Восточно-Европейской, Скифской и Западно-Сибирской* платформенных плит. Структурно-формационные комплексы чехлов плит характеризуются существенным преобладанием геохимических ассоциаций экзогенного типа с литофильными и лито-халькофильными свойствами (рис. 3).

Примером формирования аномальных полей в условиях платформенных осадочных бассейнов является Московская (I-BE-2) геохимическая область. Ее пространственно и генетически сопряженные аномальные поля образуют единую геохимическую систему, приуроченную к Московской синеклизе.

На северо-западном склоне синеклизы в Иксинской (I-BE-2-1) мегазоне наибольшее значение имеют поля лито-халькофильных ассоциаций (Cu, Cd, As, Ag, U, Sn) и бокситовое оруденение. Расположенная на северо-восточном борту синеклизы Средневажская (I-BE-2-3) мегазона характеризуется широким распространением аномальных полей Ga, Zn, Ti, V, Co, Mn, Zr, P и шлиховых ореолов минералов-спутников алмазов. Кирсановская (I-BE-2-5) мегазона занимает юго-восточный фланг области и выделяется ярко выраженной литофильной специализацией поля- Zr, P, Sr, Sn, значительное распространение также имеют аномалии Ti, Cr, Sc, а минерагению зоны представляют месторождениями Ti-Zr и фосфоритов. На юго-западном фланге области Воронежская (I-BE-2-4) мегазона характеризуется халько-лито-сидерофильными ассоциациями полей (Mn, P, Pb, Zn, U, Cu, Ti) и месторождениями фосфоритов.

На флангах геохимической области (на бортах синеклизы), в корях выветривания аномальные геохимические поля и рудные концентрации образовывали малоподвижные Al, Ti, Zr, а не устойчивый в зоне окисления уран выносился в центральную часть синеклизы, где образовывал АГП и локальные рудные концентрации. В центральной части развиты аномальные геохимические поля Cu, Zn, Pb, P, Co, Mn, Mo, Sr, Au и др. элементов. Известны месторождения фосфоритов.

Обстановку формирования аномального поля геохимической провинции **Центрально-Сибирской плиты** определяет сочетание условий платформен-

ных осадочных бассейнов рифейско-кайнозойского возраста и внутриплитный основной позднекембрийский и среднепалеозойский магматизм континентальных рифтов, а также локальный внутриплитный рифейский, среднепозднедевонский и мезозойский магматизм. Мощный магматизм трапповой формации проявился в конце перми, а в раннем триасе на северо-западе плиты. Это комплекс вулканических пород основного состава и сопровождающие их интрузии долеритов и расслоенных основных и ультраосновных пород. С ним связано широкое распространение ассоциаций халькофильных (Cu, Pb, Zn, Au) и сидерофильных (Co, Ni, Ti, Cr, V, Mn, Pt) элементов (рис. 3).

К ареалу раннемезозойского магматизма приурочены аномальные поля Тунгусской (IV-СП-1-2) и Ангаро-Ленской (IV-СП-1-6) геохимических мегазон. Для Тунгусской мегазоны характерны интенсивный трапповый магматизм, ярко выраженная Cu-Ni специализация и широкое развитие аномалий Co, Ti, Pb, Zn, Au. На территории Ангаро-Ленской мегазоны активно проявился интрузивный базальтовый магматизм и аномальные поля сидеро-халькофильного состава (Cu, Pb, Zn, Mn, P, Ti, Co). Особенностью аномальных полей мегазон является их выдержанная линейность, указывающая на их рифтогенную природу.

Щелочно-ультраосновной магматизм проявился в образовании карбонатитов и кимберлитов, главным образом, в восточной половине плиты, где локализованы Томторская (IV-СП-1-3) и Ленно-Вилуйская (IV-СП-1-5) мегазоны. Для первой характерны карбонатиты и литофильные поля (TR, Nb, P), для второй - алмазоносные кимберлиты и аномалии сидерофильных и редкоземельных элементов (Ni, Co, Cr, Nb, TR и др.). В структуре мегазон, как линейные зоны значительной протяженности, так и разобщенные относительно локальные поля. Первые связаны с рифтами, а вторые – с локальными проявлениями внутриплитного карбонатитового и кимберлитового магматизма.

Для *складчатых областей* одним из ведущих геодинамических процессов является субдукция. В зонах субдукции, формируются флюидодинамические системы, с которыми связаны рудные месторождения [Гатинский, 2000]. Над ними отчетливо проявляется латеральная асимметричная полосовидная металлогеническая зональность [Р. Силлитое, 1976 и др.].

Современная *Курило-Камчатская островная дуга*, расположенная над зоной субдукции Западно-Тихоокеанской плиты под Евроазиатскую характеризуется относительно простым строением. Распределение макро- и микроэлементов в породах Камчатского полуострова асимметрично зональное, типично островодужное [Балеста, 1991; Г.П. Авдейко, 1992; Г.С. Гусев, 2005].

Подобная асимметричность и полосовидность характерны и для аномального геохимического поля Камчатского полуострова, которое характеризуется изменением состава аномалий по мере погружения зоны субдукции от сидерофильных элементов к халькофильным и литофильным (рис. 3).

Восточно-Камчатская (VII-КК-2-1) и Центрально-Камчатская (VII-КК-2-2) мегазоны локализованы на островодужных комплексах. Первая из них характеризуется преобладанием аномальных полей Cu, Zn, Hg, Cd с существенной долей полей Ni, Cr, Co, Mn, а вторая - ярко выраженными халькофильными свойствами с доминированием полей - Au, Hg, Cd, Cu и Ag. В Западно-

Камчатской (VII-КК-2-3) ГХМЗ, приуроченной к тыловому поднятию активной континентальной окраины на первое место выходят аномалии Zn, Ag, Cu, значимой становится роль полей литофильных Mo, Sn и Ba.

Аналогичное полосчатое асимметричное зональное строение аномальных геохимических полей характерно для Кавказской, Корякско-Камчатской, Сахалинской и других складчатых областей.

Более сложным строением характеризуется аномальное геохимическое поле *Алтае-Саянской складчатой области* (рис. 3). В центре области, сложенной островодужными структурно-вещественными комплексами выделяется Саяно-Тувинская (III-АС-1) геохимическая область, для которой характерно широкое развитие аномальных полей халькофильного, сидерофильного и литофильного состава, а в металлогении преобладание Fe, Au, Be, Ta, Nb, Li, Hg, Pb, Zn. Особенностью структуры аномального поля этой части провинции является мозаичное распределение АГП и различная их азимутальная ориентировка.

Фланги провинции характеризуются зонально-полосчатым строением. На комплексах вулcano-плутонических дуг активных континентальных окраин западной периферии локализована халько-литофильная (Mo, W, Cu, Zn, Ag) Горно-Алтайская (III-АС-2-1) мегазона. Далее на запад, на островодужных комплексах, располагаются лито-халькофильная (Ag, Zn, Pb, Cu, Mo) Рудно-Алтайская (III-АС-2-2) и сидеро-халькофильная (Pb, Zn, Cu, Hg, Mn, Cr, V) Колывань-Томская (III-АС-1-7) мегазоны. На восточной периферии территории халько-литофильной (Nb, Mo, Cu, Zn, Pb, Au, W) Агсугской (III-АС-3-1) и литофильной (Nb, Y, Li, La, Mo) Улуг-Танзекской (III-АС-3-2) мегазон сложены комплексами вулcano-плутонических дуг активных континентальных окраин, а еще восточнее лито-халько-сидерофильная (Mn, Ni, Co, Cu, Mo, Nb, Au) Вишняковская (III-АС-3-3) мегазона располагается на пассивно-окраинных шельфовых комплексах.

АГП Алтае-Саянской складчатой области характеризуется глобальной концентрической зональностью, конформной по отношению геологическими структурами области. Установленная геохимическая зональность АГП Алтае-Саянской провинции является результатом деятельности единой глубинной очаговой геохимической системы, значительные размеры которой и широкое развитие аномальных полей Cr, Ni, Co, Ti.

Для региона установлены многочисленные признаки участия в становлении магматизма и золотого, редкометального, железо-титан-ванадиевого и других типов оруденения плюмтектоники, как результата нижнемантийной конвенкции, генерировавшей крупные мантийные диапиры, в процессе поднятия которых формировались магмо-флюидодинамические системы [А.И. Гусев, 2003; А.И. Гусев и Н.И. Гусев, 2009]

Отмеченное позволяют предположить для АГП Алтае-Саянской складчатой области мантийно-плюмовую природу.

Особенности строения и состава аномальных полей Восточно-Забайкальского, Северо-Восточного и других регионов также указывают на их связь с крупными глубинными флюидо-динамическими системами (рис. 3).

В Восточно-Забайкальском регионе глубинная флюидо-динамическая система единой геохимической зональностью объединяет аномальные поля Монголо-Охотской (V-МО) и Байкало-Витимской (V-БВ) геохимических провинций, а в Северо-Восточном регионе - аномальные поля Колымо-Омолонской, Верхояно-Колымской, и частично Новосибирско-Чукотской и Охотско-Чукотской провинций.

АГП этих регионов, в целом, является дисформными по отношению к геологическим структурам.

Подводя итогу выше сказанному, можно резюмировать, что аномальные поля геохимических провинций имеют сложное, но упорядоченное внутреннее строение. Эта упорядоченность проявляется в их глобальной геохимической зональности, которая может быть как конформной, так и дисформной по отношению к геологическим структурам, вмещающим региональные аномальные геохимические поля. В ее формировании могут принимать участие глубинные геохимические системы очагового типа, связанные с корово-мантийными плюмами, характеризующиеся фиксированным положением в пространстве и длительностью функционирования.

## **Глава 5. Критерии геохимического прогнозирования при региональных геохимических исследованиях**

Проблемой прогнозирования крупных и уникальных месторождений занимались и занимаются многие исследователи [Б.Г. Башкиров, 1981, Н.Н. В.И. Бергер, 1981, Боровко, 1971, Критерии, 1987, И.Н. Томсон, 1994 и т.д.]. Делались попытки подойти к решению проблемы на основе обобщения структурно-вещественных особенностей самих месторождений. Выявлению крупных и сверхкрупных месторождений просвещен ряд публикаций ведущих сотрудников ИМГРЭ, ЦНИГРИ, ВСЕГИИ, ВИМС и др. Главные трудности связаны с достоверностью оконтуривания рудоносных площадей и их прогнозной оценкой. Для этого предлагаются различные региональные и локальные критерии.

Значение геохимических закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых неоднократно отмечалось Л.Н. Овчинниковым, Л.В. Таусоном и другими исследователями. Обогащенность структурно-вещественных комплексов рудообразующими элементами рассматривалась и рассматривается, как важный признак потенциальной ресурсности геологических формаций и служит геологическим обоснованием применимости установленной зависимости между кларками и суммарными запасами металлов для оценок прогнозных ресурсов [Овчинников, 1988, 1990, 1992; Иванов, Панфилов, 1985]

В то же время содержания рудообразующих элементов в сериях магматических, вулканогенно-осадочных и осадочных пород, с которыми связываются рудные месторождения, могут быть и пониженными [Таусон и др., 1970; Покалов, 1982; Кривцов, 1979; Тычинский и др., 1980; Дистанов и др., 1982; Кисляков, Щеточкин, 1993]. Промышленные объекты W, Mo, Be известны в Восточном Забайкалье и Горном Алтае. Но, в Восточном Забайкалье они связаны с



гранитами, в которых концентрации этих элементов превышают их кларки в 4 раза, а Горном Алтае - с гранитами, характеризующимися их дефицитом. В связи с первыми известны крупные и средние месторождения этих металлов, а со вторыми - только малые [Криночкин, 1999].

Степень накопления рудообразующих элементов отражает потенциальные возможности комплексов. Структурно-вещественные комплексы Балтийского щита, в целом, обогащены Cu, Mo, Pb, Ni, Co, Cr, Sn, Nb, TR, U. Многие из этих элементов входят в перечень профилирующих полезных ископаемых региона (Cu, Ni, Nb, Ta, Mo, Cr), образующих крупные месторождения (рис. 5).

Для СФК структурно-формационных мегазон корреляция между геохимической специализацией и металлогенией еще более очевидна: Кольско-Норвежская мегазона (БЩ-I) геохимически и металлогенически (крупные запасы) специализирована на Mo, Nb, Ta, P, Li; Кольско-Карельская (БЩ-II) – на Cu, Ni, Fe, Co, Cr; Карельская (БЩ-III) – на Fe, V, Ti, Cr.

Аналогичная согласованность наблюдается между геохимической специализацией и металлогенией структурно-вещественных комплексов зон. В структурно-формационных зонах с литофильной специализацией локализуются месторождения литофильного профиля - Nb, Ta, P, Mo, Li, а в зонах обогащенных сидерофильными элементами наиболее высок потенциала Fe, Cr, Ti, V, а с накоплением сидерофильных и халькофильных элементов - Cu, Ni.

СФК высокоресурсных рудных районов, как правило, также обогащены рудообразующими элементами. В Балтийской провинции в медно-молибденовом Пелопаскском (6-R-36) районе СФК специализированы на Ag, Cu, Mo; в редкоземельно-редкометальном Ловозерском районе (3-Q-36) – на Nb, Zr, Be, TR, Y, Mo, Ta; и т.д. (табл. 3).

Однако, для ряда районов такой связи не выявлено. В той же Балтийской провинции фосфор-алюминий-титан-железородный Хибинский (2-Q-36) район расположен в пределах СФК обогащенных Nb, Zr, Be, TR и Y, а редкоземельно-редкометальный Коломозерский (1-R-37) - комплексов с повышенными содержаниями Ag, Cu, Mo.

Сравнительный анализ между металлогенической и геохимической специализацией СФК, проведенный на 80 эталонных высокоресурсных районах различных рудно-формационных типов, показал, что подавляющее большинство изученных объектов характеризуется прямой корреляцией между двумя этими характеристиками, через комплекс рудообразующих элементов. Лишь в 8 районах такая связь проявлена ограничено, на уровне отдельных рудообразующих элементов, и в 9 районах пока не выявлена.

Таким образом, устойчивая связь между положительной геохимической специализацией структурно-вещественных комплексов тектонических структур низких иерархий (область, мегазона и зона) с их металлогенической специализацией является надежным критерием их потенциальной рудоносности. Однако, на уровне рудных районов, эта связь проявляется не всегда, что может объясняться разнообразием процессов концентрации и рассеяния элементов. А, возможно, является примером существования комплексов геохимически истощенных по рудным элементам, по различным причинам.

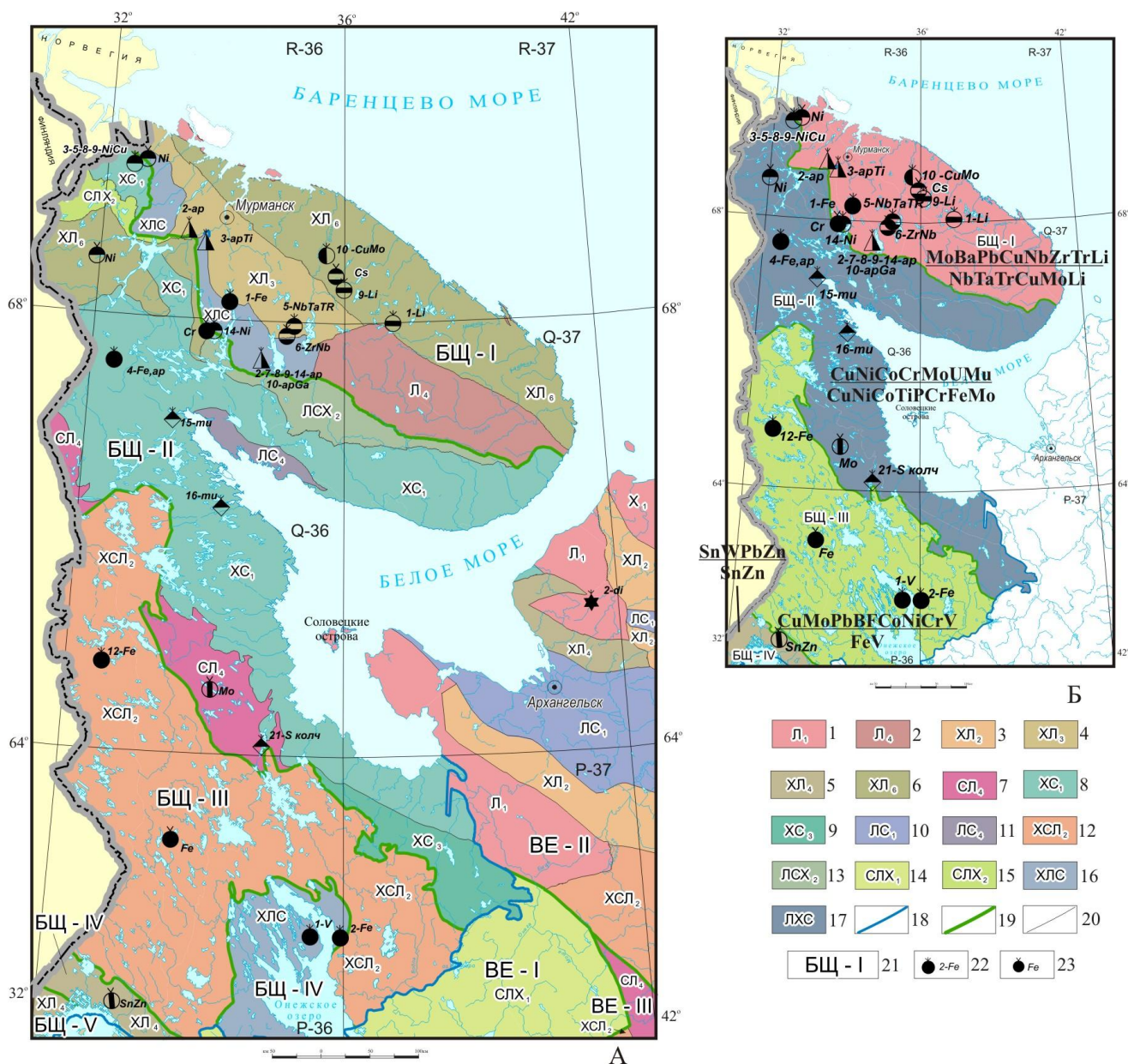


Рис. 5. Геохимическая специализация структурно-формационных зон (А) и мегазон (Б) Балтийского кристаллического щита.

1 – Геохимические типы геологических комплексов: 1 – 2. Литофильный: 1 –  $L_1$  (TRP), 2 –  $L_4$  (RMTR); 3 – 6. Халько-литофильный: 3 –  $XL_2$  (AuUFMo), 4 –  $XL_3$  (AgCuMo), 5 –  $XL_4$  (PbZnRM). 6 –  $XL_5$  (GaGeRM); 7 –  $CL_4$  (VUMo); 8 – 9. Халько-сидерофильный: 8 –  $XC$  (CuNi), 9 –  $XC$  (AuCrPt); 10 – 11. Лито-сидерофильный: 10 –  $LC_1$  (PTiV), 11 –  $LC_4$  (PRMCRNi); 12 – халько-лито-сидерофильный -  $XCL_2$  (CuVRM); 13 – лито-сидеро-халькофильный –  $LCX_2$  (MoVBi); 14 – 15. Сидеро-лито-халькофильный: 14 –  $SLX_1$  (MnBaPbZn), 15 –  $SLX_2$  (MnFeCuMo); 16 – халько-лито-сидерофильный –  $XLC$  (CuMoCo); 17 – лито-халько-сидерофильный –  $LXC$  (CuNiCoCrMo); 18 – 20. Границы структурно-формационных подразделений: 18 – областей, 19 – мегазон, 20 – зон; 21 – индексы структурно-формационных мегазон (Балтийский щит: БЩ. I – Кольско-Норвежская, БЩ. II – Кольско-Карельская, БЩ. III – Карельская, БЩ. IV – Свекофенская, БЩ. V – Старорусская; Восточно-Европейская плита: ВЕ. I – Нарва-Онежская, ВЕ. II – Архангельско-Мезенская); 22 – 23. Месторождения: 22 – крупные, 23 – средние.



Обогащенность комплексов химическими элементами является указанием на наличие ресурса потенциала полезного компонента. Но для образования месторождений еще необходимо его концентрирование. Например, для геологических комплексов Балтийского щита характерны повышенные концентрации Pb, Sn, U и ряд других элементов, не образуют крупных рудных концентраций.

В качестве благоприятного признака потенциальной рудоносности геологических формаций исследователями выдвигалась высокая дисперсия содержаний оцениваемых компонентов. Так, М.Г. Руб и В.С. Коптев-Дворников отмечали, что оловоносные магматические комплексы отличаются от неоловоносных повышенными по сравнению с кларковыми содержаниями олова и большей дисперсией его содержаний. Однако, использованию этого параметра при региональных работах препятствует, с одной стороны, сложный состав структурно-вещественных комплексов, а с другой – тот факт, что высокая дисперсия содержаний элемента в породе не всегда является результатом его перераспределения в процессе рудообразования.

Степень рудогенного концентрирования элементов отражается в контрастности и структуре аномальных геохимических полей любого ранга. Такая связь характерна даже для глобальных аномальных полей рудообразующих Au, Pt, Sn, W, Hg, Mo, Pb, Zn и других элементов, которые фиксируют территории с наибольшей концентрацией месторождений этих полезных ископаемых.

Эта связь характерна и для АГП выделенных геохимических провинций. Так, в аномальном поле Балтийской (I-B) ГХП кристаллического щита наиболее широкое развитие имеют аномалии высокоресурсных Cu, Ni, Co, Nb, Mo, Cr, V, P и др. В аномальном поле Алдано-Становой (IV-АСТ) провинции ведущими являются рудообразующие Au, Ag, Cu, Pb, Mo, W, U, Ni, Cr. Доминирование в АГП этой провинции полей Au и Ag находит отражение в их ведущей металлогенической роли.

Таблица 3

Геохимическая характеристика АГХП Балтийской области

Название рудно-геохимических районов (РГХР) и аномальных геохимических площадей (АГХПл)	№№ объектов на карте	Металлогеническая специализация	Геохимическая специализация геологических комплексов
		Символы главных (второстепенных) элементов. (красный цвет - главные рудообразующие элементы в геохимической специализации ГК)	
Лавозерская ГХЗ			
Хибинский железо-титан-алюминий-фосфорный РГХР	2-Q-36	P Al Ti Fe (Sr TR Nb)	Nb, Zr, Be, TR, Y (Sn, Ta)
Ловозерский редкометальный РГХР	3-Q-36	<b>Nb Ta TR</b> (Ti Fe)	<b>Nb</b> , Zr, Be, <b>TR</b> , Y, Mo, <b>Ta</b> , (Sn, P, Ba, B, F)- Cu, Pb(Au, Ag, Bi) - Co, Ni (Cr, Ti, Mn)
Пелопакский медно-молибденовый РГХР	6-R-36	<b>Mo Cu</b> (Fe Au U)	Ag, <b>Cu</b> , (Pb, Au, Bi) - <b>Mo</b> , Ba (U, B, F)
Колмозерский редкометальный РГХР	1-R-37	Li Be Ta Nb	Ag, Cu, Mo, Ba (U, Au, Bi)

Региональное развитие аномальных полей рудообразующих элементов также характерно для плитных провинций платформ: Восточно-Европейской (I-VE) - U, P, Zr, Ti, Скифской (I-СФ) - U, Zr, Sr, Ti, Западно-Сибирской (III-ЗС) - Ti, Mn, Zr, U, Sr, P и Центрально-Сибирской (IV-СП) - Cu, Ni, Co и др.

Складчатые области не являются исключением. Примером высокой корреляцией между составом региональных аномальных полей и их металлогенией может быть любая из них. Так, в аномальном поле Кавказской (II-КВ) ГХП широко развиты ореолы основных рудообразующих Pb, Zn, Cu, W, Mo, в Уральской (III-УР) ГХП - Cu, Zn, Fe, Au, Ti, Mn, Cr, Ni, в Пайхой-Новоземельской (III-ПНЗ) ГХП - Cu, Zn и Pb и т.д.

Устойчивая связь между составом региональных АГП и металлогенией является следствием того, что высокоресурсные рудообразующие элементы образуют наиболее обширные поля.

Критерии выявления АГХП ранга рудного района кратко охарактеризованы в разделе методика. Критерии их интерпретации и оценки, приведены в таблице 4. Они отобраны из числа известных и успешно применяемых на объектах высоких рангов - месторождений, полей и узлов [Овчинников, 1986; Баранов и др., 1972, 1976; Беус, 1976, Головин и др., 1976; Кузнецов, 1984; Григорян, 1992 и др.] и при региональных работах (МГХК-1000 и 200) [Криночкин и др., 2002]. Апробация их эффективности для данных исследований производилась на хорошо изученных эталонных объектах.

Комплекс критериев оценки АГХП содержит поисковые (локальные концентрации, аномальные геохимические поля) и оценочные (количественные и качественные характеристики аномальных геохимических полей) критерии. Их универсальность обеспечивает эффективность применения для объектов различной рудно-формационной принадлежности.

Аномальные геохимические поля позволяют локализовать в пределах потенциально рудоносных геологических структур наиболее перспективные площади. Они характеризуются размером площади, составом типоморфной ассоциации, комплексностью, интенсивностью, степенью дифференцированности содержаний рудообразующих элементов.

Под геохимической зональностью или структурой геохимического поля понимаются закономерные соотношения областей фона, мобилизации и накопления химических элементов в геологическом пространстве, что выражается в различающемся составе разных зон в контуре АГХП. Для рудных объектов наиболее характерной является асимметричная зональность ореолов. Чем интенсивнее проявлены рудообразующие процессы и связанные с ними направленные концентрационные и сепарационные эффекты, тем выше степень контрастности проявления структуры зональности АГХП.

С одной стороны, АГП рудных районов имеют зональное строение, а с другой – их распределение в аномальном поле провинций подчинено глобальной геохимической зональности последних. Так, в Балтийской геохимической провинции высокоресурсные редкометально-редкоземельные Хибинский (P, Al, Ti, Fe), Ловозерский (Nb, Ta, TR) и другие локализируются, в основном, в лито-

Таблица 4

## Критерии оценки перспективности потенциально рудоносных АГХП

Предпосылки и признаки	Критерии оценки перспективности			
	Низкой перспективности	Неясной перспективности	Средней перспективности	Высокой перспективности
Локальные концентрации прогнозируемых рудных формаций	Рудопроявления		Малые месторождения	Средние месторождения
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 ( $\Sigma K_a$ , $S_{\text{ср}}$ и др.)	Низкая		Средняя	Высокая
Дифференцированность АГХП ( $V_{\text{ср}}$ )	Низкая (< 75%)		Средняя (75 % - 100%)	Высокая (> 100 %)
Геохимическая зональность АГХП	Не проявлена		Выражена отчетливо	
Локализация в региональных аномальных геохимических зонах определенного состава	Районы вне геохимических зон или в зонах другой геохимической специализации		В пределах геохимических зон с соответствующей геохимической специализацией	
Минерагенический потенциал	Низкий	Неопределенный	Средний	Высокий

фильной (Nb, Mo, U, Be, Th, Zr) Лавозерской мегазоне. А районы с сидерофильной металлогенией Печенгский (Ni, Cu, Co), Верхнетуломский (Fe, Ti, P), Сопчеозерский (Cr, Ti, Fe) и другие - в халько-сидерофильной (Co, Ni, Cu, Mn, V, Mo, U) Печенгской ГХМЗ.

Минерагенический потенциал является одним из наиболее важных критериев перспективности объектов, т.к. при его достаточно высоких значениях, условия освоения объектов отходят на второй план [Криночкин и др., 2004]. Его оценка при геохимических исследованиях может проводиться различными методами (прямой расчет, аналогии, экспертных оценок и др.) и включает определение величины минерагенического потенциала рудных районов для полезных ископаемых, которые имеют или могут иметь промышленное значение. Однако большинство методов оценки применяются при локальном прогнозе и их использование при геохимическом картографировании масштаба 1:2 500 000 должно быть предметом специального исследования. В данной работе проводилась качественная оценка минерагенического потенциала, в основном по аналогии с известными объектами, а полученные оценки ресурсного потенциала являются ориентировочными.

Апробация приведенного комплекса критериев на достаточно хорошо изученных территориях показала достаточно высокую его эффективность при оценке перспективности крупных регионов.

## **Глава 6. Перспективы развития минерально-сырьевой базы России на основе региональных геохимических данных**

На основе установленных закономерностей распределения высокоресурсных площадей проведено глобальное и локальное геохимическое прогнозирование ресурсного потенциала территории России.

Глобальное геохимическое прогнозирование было направлено, как на выявление площадей перспективных на обнаружение новых высокоресурсных видов полезных ископаемых, так и прирост ресурсного потенциала уже известных (рис. 6). К новым высокоресурсным видам отнесены полезные ископаемые, для которых на оцениваемой территории не было известно крупных месторождений. Прогнозирование прироста ресурсного потенциала известных полезных ископаемых означает возможность обнаружения новых крупных месторождений при уже существующем крупном потенциале.

Особенностью глобального прогноза для *Восточно-Европейско-Баренцевской геохимической мегапровинции* (I) является прогнозирование, в основном, новых высокоресурсных полезных ископаемых. Широкое распространение аномальных полей элементов-индикаторов молибденового, золотого и медного оруденения в *Балтийской* (I-Б) ГХП позволяет прогнозировать крупный потенциал новых для провинции полезных ископаемых - Mo и Au, а для Лехтинской (I-Б-2-1) мегазоны - Cu.

Для *Восточно-Европейской* (I-ВЕ) плитной провинции, из-за слабой ее геохимической изученности, перспективность большинства, выделенных

АГХП остается неясной. Достаточно уверенно оцениваются только отдельные территории. Высокий ресурсный потенциал новых полезных ископаемых прогнозируется в Ладожской (I-ВЕ-1-1) ГХМЗ - U, V, Pt, Au, Sr и в Московской (I-ВЕ-2) ГХМЗ - U и Sr, в Кирсановской (I-ДТ-2-5) ГХМЗ ожидается прирост ресурсного потенциала Ti, Zr, P. В **Средиземноморской геохимической мегапровинции (II)** территория Скифской (II-СФ) ГХП рассматривается, как высокоресурсная в отношении урана. В пределах же Кавказской (II-КВ) ГХП глобального изменения ресурсной ситуации не прогнозируется.

В **Урало-Западно-Сибирской геохимической мегапровинции (III)** для Уральской (III-УР) ГХП также не ожидается глобального изменения ресурсного потенциала. В южной части Западно-Сибирской (III-ЗС) ГХП прогнозируется крупный потенциал новых полезных ископаемых: в Зауральской (III-ЗС-1) области - U, Zr, Ti и Mn; в Ишимо-Кулундинской (III-ЗС-2) области - U и Mn и в Малокемчукской (III-ЗС-3) области – Ti, Zr и Mn. Кроме того, в Ишимо-Кулундинской области возможен значительный прирост по Ti и Zr.

В **Алтае-Саянской (III-АС)** ГХП к числу новых полезных ископаемых в Карбайской (V-АС-1-2) ГХМЗ отнесены Co, Ni, Cr, Cu, в Горношорской (III-АС-1-3) ГХМЗ – U и Au, в Улуг-Танзекской (III-АС-1-6) ГХМЗ – Cu и Mo, в Агсугской (III-АС-3-1) ГХМЗ -Au, в Вишняковской (III-АС-3-2) ГХМЗ – Sn, U, Mo, а в Енисейской (III-АС-3-3) ГХМЗ – Mo. Прогнозируется существенный прирост потенциала Ta, Nb, Вe, Li в Улуг-Танзекской, Mo и Cu - в Агсугской, Au – в Саяно-Тувинской, а Au и Ag – в Енисейской мегазонах.

**Центрально-Сибирская геохимическая мегапровинция (IV)** геохимически изучена недостаточно. Но имеющиеся данные позволяют прогнозировать увеличение ресурсного потенциала Тунгусской (IV-СП-1-2) ГХМЗ по Cu и Ni и Ленно-Вилюйской (IV-СП-1-5) по алмазам. Новые высокоресурсные полезные ископаемые прогнозируются в Ангаро-Ленской (IV-СП-1-6) ГХМЗ - Au и di и а Ангарской (IV-1-7) ГХМЗ – Cu, Zn, Mn, U.

Из новых полезных ископаемых в Куронахской (IV- АСТ-1-1) ГХМЗ прогнозируется – Mo и прирост потенциала Au, Ag и U, в Становой (IV-АСТ-2-1) ГХМЗ – Ni и Co, прирост потенциала Ta, Nb, Au - в Дес-Лисогерской (IV-АСТ-1-2).

**Байкало-Охотская геохимическая мегапровинция (V).** В Байкало-Витимской (V-БВ) ГХП прогнозируются, как новые виды полезных ископаемых, так и значительный прирост уже известных. Новыми высокоресурсными полезными ископаемыми являются для Светлинско-Катерской (V-БВ-2-1) ГХМЗ - Mo; Муйской (V-БВ-2-2) ГХМЗ – Sn; Джединско-Селенгинской (V-БВ-3-2) ГХМЗ – Mo; Бом-Горхонской (V-БВ-3-1) ГХМЗ - Fe и Mn и Амалатской (V-БВ-3-3) - Mn. В ряде из этих мегазон возможен прирост потенциала Au и U.

В Монголо-Охотской (V-МО) провинции прогнозируется прирост - Sn, W, Au и Ag.

**Таймыро-Колымская геохимическая мегапровинция (VI)** имеет значительные перспективы прироста потенциала Au, Ag, Cu, Ni, Mo и др. Для

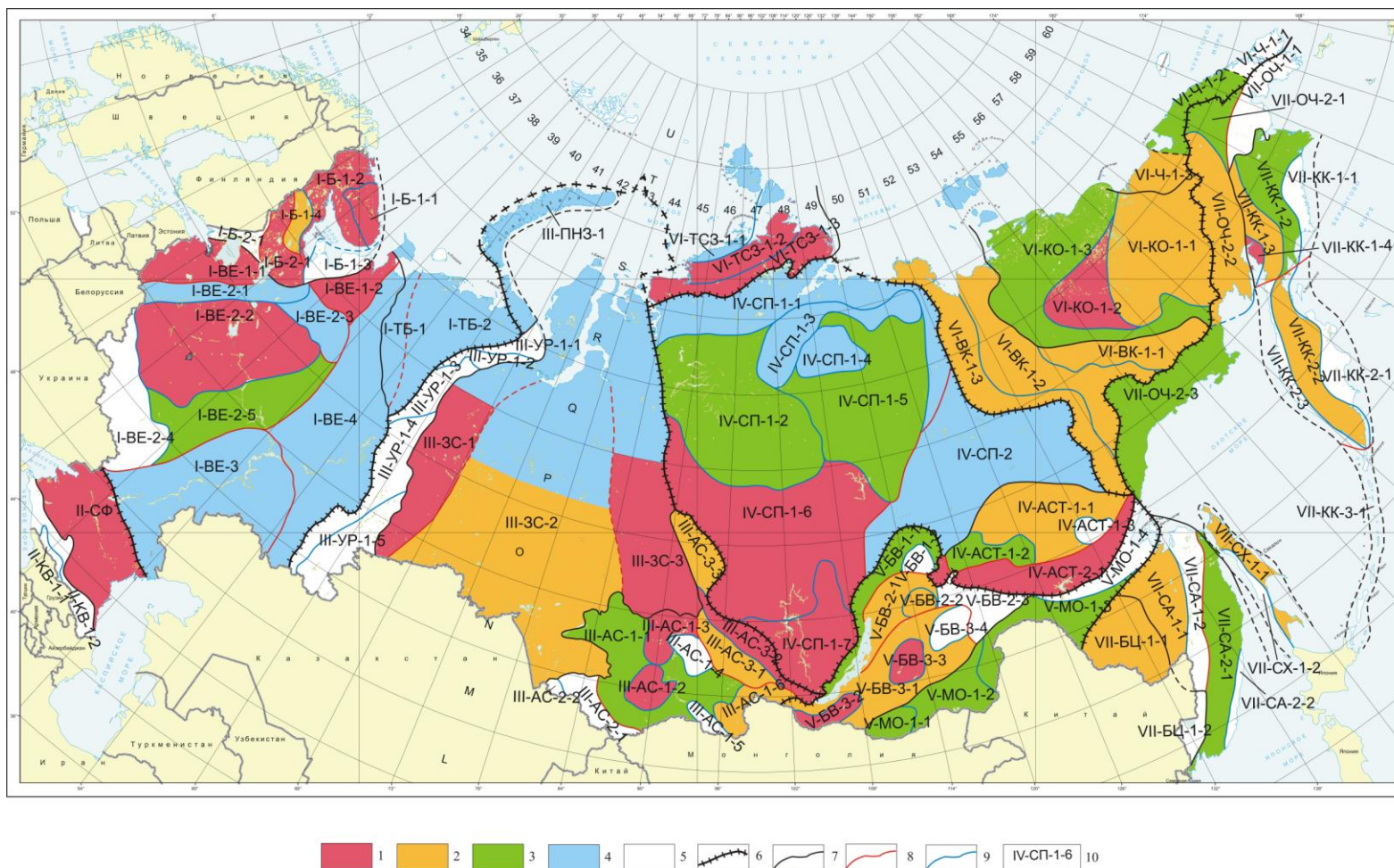


Рис. 6. Глобальный геохимический прогноз размещения ресурсного потенциала на территории РФ.  
 1 – 3. Глобальный прогноз высокоресурсных ПИ: 1 – нетрадиционных, 2 – нетрадиционных (числитель) и прирост уже известных (знаменатель), 3 – прирост известных; 4 – недостаточно данных; 5 – не прогнозируется; 6 – 9. Границы геохимических подразделений: 6 – мегапровинций, 7 – провинций, 8 – областей, 9 – мегазон; 10 – индексы геохимических подразделений.



слабо изученной *Таймыро-Североземельской* (VI-ТСЗ) ГХП новыми высоко-ресурсными полезными ископаемыми будут Au и Ag в Центрально-Таймырской (VI-ТСЗ-1-1), а Cu и Ni - в Южно-Таймырской (VI-ТСЗ-1-2) мегазонах

В *Колымо-Омолонской* (VI-КО) ГХП новое высоко-ресурсное полезное ископаемое представляет Mo в Омолонской (VI-КО-1-1) ГХМЗ и Au – в Делькюнской (VI-КО-1-2). В Омолонской ГХМЗ также ожидается прирост ресурсного потенциала по Au, Ag, Cu, а в Депутатской (VI-КО-1-3) ГХМЗ - по Sn, W, Au.

Для *Чукотской* (VI-Ч) ГХП прогнозируется уникальный прирост ресурсного потенциал на Au, Ag, Sn, W, Hg. Новыми высоко-ресурсными для провинции будут Be и Bi.

В *Верхояно-Колымской* (VI-БК) ГХП новым полезным ископаемым для Адыча-Сунтарской (VI-БК-1-1) ГХМЗ будет W, Омолой-Верхоянской (VI-БК-1-2) – Mo, Верхоянской (VI-БК-1-3) – Cu, Mo, W. Соответственно, в первой прогнозируется прирост ресурсов Au, Sb, Sn, во второй – Sn, W, Pb, Zn, Ag, а в третьей – Pb и Zn.

В **Охотско-Чукотская геохимической мегапровинции (VII)** новыми полезными ископаемыми для *Охотско-Чукотской* (VII-ОЧ) провинции могут стать полиметаллы, и в ней также прогнозируется значительный прирост ресурсов Au, Ag, Hg, Sb, Cu и Mo.

В *Корякско-Камчатской* (VII-КК) ГХП из новых полезных ископаемых особово внимания заслуживает Sb в Западно-Камчатской (VII-КК-1-3) ГХМЗ, Pt - в Тихореченской (VII-КК-1-4) ГХМЗ, Hg и Bi - в Центрально-Камчатской (VII-КК-2-2) ГХМЗ. При этом ожидается прирост ресурсов Au и Ag в Центрально-Корякской (VII-КК-1-2), Hg - в Западно-Камчатской, Au, Ag, Cu, Mo - в Центрально-Камчатской мегазонах.

Для *Хакайдо-Сахалинской* (VII-СХ) ГХП прогнозируются новые полезные ископаемые – Pt, Ni, Cu и значительный прирост ресурсов по Au.

В *Сихотэ-Алинской* (VII-СА) и *Буреинско-Дзямусинской* (VII-БЦ) ГХП новым высоко-ресурсным полезным ископаемым может быть Mo, при этом, в первой прогнозируется также прирост по Cu, Sn и Au, а во второй – по Au, Ag, U, Sn.

В результате локального прогнозирования выделено 90 высоко-ресурсных потенциальных рудных районов (рис. 7). В работе приводится перечень этих районов с их краткой характеристикой и ориентировочной оценкой минерагенического потенциала. В них прогнозируется выявление крупных месторождений разных видов полезных ископаемых. За счет этих объектов в ближайшем будущем возможен прирост и восполнение ресурсной базы страны. Их оцененный ресурсный потенциал ориентировочно 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., di – 800 млн.карат и др..

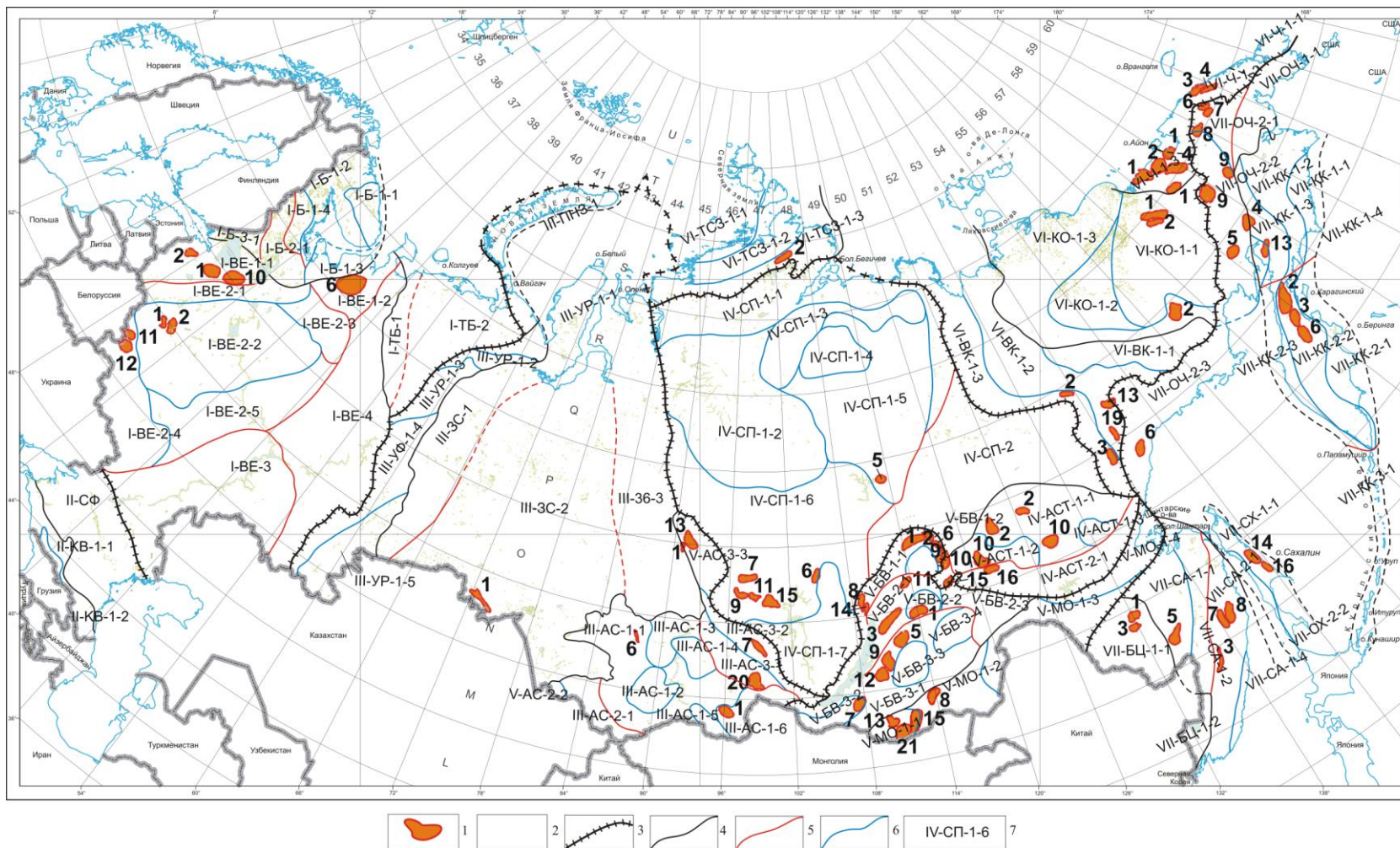


Рис. 7. Локальный геохимический прогноз полезных ископаемых на территории РФ.

1 – потенциальные высокоресурсные рудные районы (цвет поля см. рис. 4); 2 – номера районов в пределах трапеций м-ба 1:1 000 000; 3 – 6. Границы геохимических подразделений: 3 мегапровинций, 4 – провинций, 5 – областей, 6 – мезазон, 7 – индексы геохимических мезазон.



С учетом известного и прогнозируемого, по геохимическим данным, оруденения, сделан анализ распределения высокоресурсных АГХП по основным видам полезных ископаемых для страны и ее регионов. В целом, на территории России по количеству высокоресурсных площадей лидирует золото. Оно является главным или одним из основных полезных ископаемых в 160 рудных и потенциально рудных районах. Отдельную группу образуют основные и относительно близкие по количеству высокоресурсных объектов девять полезных ископаемых - железо - 72 АГХП, медь - 69, олово - 67, цинк - 61, серебро - 53, свинец - 49, вольфрам - 49, молибден - 42 и уран - 39. Затем идут все остальные – от титан (24 АГХП) до Sr, Вi и Zr – по 6 объектов.

Распределение высокоресурсных объектов разных видов полезных ископаемых между геохимическими провинциями весьма неравномерно. Например, высокоресурсные объекты золота локализуется, в основном, в геохимических провинциях складчатых областей и кристаллических щитов. Количество его потенциальных рудных районов в складчатых областях – 29, и распределены они следующим образом. В Колымо-Омолонской провинции выделено 10 потенциально высокоресурсных объектов, в Чукотской ГХП – 7, в Байкало-Витимской ГХП – 6, в Алтае-Саянской и Монголо-Охотская провинциях – по 3 объекта. Из провинций кристаллических щитов высокоресурсные потенциальные рудные районы выделены в Алдано-Становая ГХП (6 объектов).

С золотом ассоциируют высокоресурсные объекты серебра. Однако, они локализируются, в основном, в Таймыро-Колымской и Западно-Тихоокеанской мегапровинциях.

Высокоресурсные районы потенциальные на Fe локализованы: - в Алтае-Саянской, Центрально-Сибирской и Алдано-Становой провинциях; на U - в Алдано-Становой и Байкало-Витимской ГХП; на Sn, W и Mo - в Монголо-Охотской, Таймыро-Колымской и Западно-Тихоокеанской мегапровинциях; на Cu, Pb и Zn - в Верхояно-Колымской и Сихотэ-Алинской и т. д.

Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают представление о том, что региональные аномальные геохимические поля являются одним из наиболее эффективных инструментов прогнозирования высокоресурсных площадей. Проведенное на их основе геохимическое прогнозирование позволило установить возможность значительного прироста существующей минерально-сырьевой базы и выявление новых высокоресурсных видов полезных ископаемых в ряде регионов страны. Полученные результаты, позволяют ориентировать направление геологоразведочных работ на выявление крупных месторождений полезных ископаемых и определить, в зависимости от конъюнктуры, направление и пути ликвидации «узких» мест в ресурсном обеспечении государства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе создания фундаментальной геохимической основы прогноза ресурсного потенциала территории Российской Федерации на базе изучения закономерностей локализации региональных аномальных геохимических полей решены следующие задачи:

1. *Проведен комплексный анализ геохимической информации по территории России с оценкой ее качества и актуализацией с целью отбраковки материалов с низким качеством и выделения однородных массивов геохимической информации для их последующей обработке.*

2. *Проведены выявление, интерпретация и оценка аномальных геохимических площадей в ранге рудных районов.* На созданной авторской карте аномальных геохимических полей России выделены, проинтерпретированы и оценены 1679 аномальных геохимических площадей в ранге районов. Из них 392 АГХП отнесено к высоко перспективным районам, 400 АГПХ - к среднеперспективным районам, 490 АГХП - к объектам с неясной и 398 АГХП - с низкой перспективностью.

3. *Изучены геохимические особенности неоднородностей глобального и регионального иерархических уровней аномального геохимического поля территории России.* Проведено районирование АГП территории России, выделены и изучены геохимические неоднородности глобального (геохимические мегапровинции и провинции) и регионального (области и мегазоны) уровней. Фрактальная размерность их иерархического ряда не является постоянной и характеризуется изменяющимся трендом и возрастанием степени геохимической и металлогенической специализации интегральных АГП с увеличением их ранга.

4. *Установлены закономерности локализации аномальных геохимических полей.* В разных геодинамических обстановках на них могут оказывать влияние глубинные геохимические системы, связанные с корово-мантийными плюмами, которые определяют их глобальную геохимическую зональность.

5. *Разработаны критерии локализации высокоресурсных аномальных геохимических площадей для целей глобального и локального прогнозирования.* на основе установленных закономерностей химических элементов в СФК и АГП.

6. *Выполнен геохимический прогноз на территорию России с локализацией высокоресурсных потенциальных рудных районов перспективных на обнаружение крупных месторождений полезных ископаемых.* Для многих геохимических провинций прогнозируется выявление высокоресурсных новых для них полезных ископаемых и прирост потенциала известных. Локализовано 90 высокоресурсных потенциальных рудных районов, перспективных на выявление крупных месторождений золота, уран, олова, молибдена, вольфрам и др.

Решение отмеченных выше задач позволило создать фундаментальную геохимическую основу прогноза ресурсного потенциала территории Российской Федерации, обеспечивающей обоснование для планирования региональных ГРР на ближайшую и далекую перспективу в соответствии с потребностями восполнения и расширения минерально-сырьевой базы, как отдельных регионов, так и всей страны.

По теме диссертации опубликованы 42 научных работы

1. Баринский Р.Л., Криночкин Л.А., Беляев Г.М., Аристов Ю.А., Кальева О.П. Применение рентгенофлюорисцентного анализа для выявления перспектив ураноносности Карелии. / Разведка и охрана недр, 2004, № 11, с. 24-27.

2. Буренков Э.К., Волочкович К.Л., Головин А.А., Гусев Г.С., Криночкин Л.А. и др. Геохимическая специализация структурно-формационных комплексов, как основа прогноза и поисков полезных ископаемых при МГХК в масштабе 1:1 00 000. / Отечественная геология, № 1, 2000.

3. Головин А.А., Морозова И.А., Трефилова Н.Я., Криночкин Л.А. Карта рационального землепользования - новый вид геохимических карт. / Разведка и охрана недр, 1994, 5, с.32-33.

4. Головин А.А., Морозова И.А., Трефилова Н.Я., Криночкин Л.А. Карта рационального землепользования - новый вид геохимических карт. / Геоэкологические исследования и охрана недр: Науч.-техн. Информ. сб. / АО «Геоинформмарк». - М.: 1994, вып.1, с. 9 - 13

5. Головин А.А., Морозова И.А., Ачкасов А.И., Волочкович К.Л., Гуляева Н.Г., Криночкин Л.А. Многоцелевое геохимическое картирование территории России в масштабе 1:1 00 000. / Международный симпозиум по прикладной геохимии стран СНГ, 29 - 31 октября 1997, М.: 1997, с. 7 - 8.

6. Головин А.А., Морозова И.А., Ачкасов А.И. и др. Многоцелевое геохимическое картирование территории России в масштабе 1:1 000 000 // Разведка и охрана недр, 1998, № 3, с. 3-9.

7. Головин А.А., Гусев Г.С., Ключев О.С., Криночкин Л.А., Филатов Е.И. Использование прогнозно-геохимических карт масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000 для выявления и количественной оценки ресурсов рудных районов и полей. / Руды и металлы, № 3, М., ЦНИГРИ, 2000 с. 10-21.

8. Головин А.А., Ключев О.С., Криночкин Л.А. Прогнозно-геохимические карты: задачи и технология составления. «Прикладная геохимия» (сб. статей), вып. 1, М.:ИМГРЭ, 2000, с. 83-104.

9. Головин А.А., Гусев Г.С., Криночкин Л.А., Килипко В.А. Многоцелевое геохимическое картирование – новые решения проблем металлогенического прогнозирования. / Разведка и охрана недр, 2002, № 8, с. 2-9.

10. Головин А.А., Гусев Г.С., Килипко В.А., Криночкин Л.А. Современные региональные геолого-геохимические методы выявления и оценки новых металлогенических объектов. / Разведка и охрана недр, 2004, № 3, с. 25-31.

11. Головин А.А., Криночкин Л.А., Гусев Г.С. и др. Возможности прогнозно-геохимических работ масштаба 1:1 000 000 на территории России. Сб. Прикладная геохимия, вып. 7, кн.1, 2005, с. 173-189.
12. Головин А.А., Гусев Г.С., Килипко В.А., Криночкин Л.А., Филатов Е.И. Жирнова Г.Л., Кальева О.П. Основные результаты и проблемы обеспечения комплектов Госгеолкарты-1000/3 опережающими геохимическими основами./Региональная геология и металлогения, 2005, № 21, с. 67-73.
13. Головин А.А., Криночкин Л.А., Чепкасова Т.В., Беляев Г.М. Геохимическое картографирование территории России: состояние, сравнительный анализ с зарубежными странами // Разведка и охрана недр – 2007. –№: 2-3. – С. 46-52.
14. Головин А.А., Криночкин Л.А., Килипко В.А., Филатов Е.И. Геохимическое обеспечение Госгеолкарты-1000/3. Состояние и перспективы./ Региональная геология и металлогения./ С-Петербург: 2007, № 33, 79-81 с.
15. Головин А.А., Гусев Г.С., Килипко В.А., Криночкин Л.А. Критерии локализации перспективных площадей при мелко – среднемасштабных геохимических работах // Разведка и охрана недр.– 2008.- № 4-5.– С. 50-58.
16. Головин А.А., Гусев Г.С., Килипко В.А., Криночкин Л.А., Сироткина О.Н. Многоцелевое геохимическое картирование как основа для геолого-металлогенических построений и оценки минерагенического потенциала России / Прогнозно-поисковая геохимия – современное состояние и перспективы развития (к 100-летию со дня рождения профессора А.П. Соловова)/М.: ИМГРЭ, 2008, 340 с.
17. Головин А.А., Гусев Г.С., Килипко В.А., Криночкин Л.А. Критерии локализации перспективных площадей при мелко – среднемасштабных геохимических работах // Прикладная геохимия, вып. 8, том 1, М.: ИМГРЭ, 2008, с. 139-154.
18. Головин А.А., Гусев Г.С., Гуляева Н.Г., Килипко В.А., Криночкин Л.А., Готовсурэн А. Инновационная технология многоцелевого геохимического картирования: результаты изучения приграничной с Монголией территории России. Недропользование - XXI век. 2009 г., № 5, с. 48-54.
19. Головин А.А., Гусев Г.С., Килипко В.А., Криночкин Л.А. и др. Инновационная технология геохимического картирования: результаты изучения приграничной с Монголией территории России. Научно-технический журнал «Недропользование», 2009 №5, С. 48 – 54
20. Головин А.А., Гусев Г.С., Криночкин Л.А., Килипко В.А., Межеловский Н.В. и др. Геохимическая карта России масштаба 1:2 500 000. //Региональные геохимические работы – основа подготовки площадей для поисков месторождений полезных ископаемых. Тезисы докладов III научно-практической конференции по прикладной геохимии.- М.: ИМГРЭ, 2010. с. 77-78.
21. Головин А.А., Гусев Г.С., Криночкин Л.А., Килипко В.А., Межеловский Н.В. и др. Геохимическая карта России масштаба 1:2 500 000. // Разведка и охрана недр.– 2010.- № 5.– С.14-21.

22. Головин А.А., Гусев Г.С., Криночкин Л.А., Килипко В.А. Металлогеническая зональность петрогенных и рудогенных систем России – основа расширения минерально-сырьевой базы. // материалы XXI Международной конференции. Посвященной 100-летию со дня рождения академика В.И. Смирнова «Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогения». – М.: МГУ, 2010. С.133.

23. Головин А.А., Криночкин Л.А. Прогнозно-поисковые геолого-геохимические модели колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая и критерии их прогнозирования. Большой Алтай – уникальная редкометально-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии. Материалы международной конференции. Усть-Каменогорск, 2010. С. 147-148.

24. Кондратов Л.С., Старостин В.И., Воинков Д.М., Голубев Ю.К., Криночкин Л.А., Демидов В.И. Газы литосферы и полезные ископаемые. В кн. Смирновский сборник – 2009, Фонд им. акад. В.И. Смирнова, 2009, с. 75-103.

25. Криночкин Л.А., Баранов Э.Н. К вопросу геохимических поисков скрытого колчеданно-полиметаллического оруденения в Северном Прибайкалье, 1976.

26. Криночкин Л.А., Никифорова Л.Д., Сидоренко Е.Ю. Опыт составления карт многофункционального районирования для многоцелевого геохимического картирования. / Геоэкологические исследования и охрана недр: Науч.-техн. информ. сб./ АО "Геоинформмарк". М.: 1994, вып. 1, с. 13 - 24.

27. Криночкин Л.А., Головин А.А., Чекалин В.М. Проблемы комплексной оценки природных ресурсов Предгорной зоны северо-западной части Алтай. / Матер. II межвузовской научно-практической конференции / Бийск.: 1996, с. 77 - 80.

28. Криночкин Л.А., Головин А.А., Чекалин В.М., Робертус Ю.В. Перспективы развития минерально-сырьевой базы Предгорной зоны северо-западной части Алтай в свете геохимических данных. / Матер. II межвузовской научно-практической конференции / Бийск: 1996, с. 109 - 112.

29. Криночкин Л.А., Волочкович К.Л., Трофимов А.П., Фролова Е.В. Результаты многоцелевого геохимического картирования Алтайского полигона в масштабе 1:1 00 000. / Международный симпозиум по прикладной геохимии стран СНГ, 29 - 31 октября 1997, М.: 1997, с. 30 - 31.

30. Криночкин Л.А., Головин А.А., Ачкасов А.И., Гуляева Н.Г., Чекалин В.М. Ресурсно-экологическая оценка южной части Алтайского края по результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000. / В сб. «300 лет горно-геологической службе России: история горнорудного дела, геологическое строение и полезные ископаемые Алтая» / Барнаул, Алтайский ГосУ., 2000, с. 305 – 391.

31. Криночкин Л.А., Головин А.А., Николаев Ю.Н., Бурьянов А.В. Геолого-геохимические модели аномальных полей – основа прогнозной оценки территорий МГХК. / Разведка и охрана недр, 2002, № 8, с. 9-13.

32. Криночкин Л.А., Николаев Ю.Н., Бурьянов А.В. Технология прогнозной оценки металлогенических зон, рудных районов и узлов при МГХК-1000 и МГХК-200. Методические рекомендации. – М.: ИМГРЭ, 2002, 160 с.
33. Криночкин Л.А., Головин А.А., Гуляева Н.Г., Трефилова Н.Я. Оценка инвестиционной привлекательности территорий перспективных для горнорудного освоения. / Разведка и охрана недр, 2004, № 11, с. 8-15.
34. Криночкин Л.А. Информационное обеспечение развития минерально-сырьевой базы России, на основе многоцелевого геохимического картирования / Геоинформатика, 2011, № 1, с. 26 – 32.
35. Минерагенический потенциал недр России. Г.С. Гусев, А.А. Головин, А.В. Гуцин, В.А. Килипко, Л.А. Криночкин, Н.В. Межеловский, М.В. Минц, А.Ф. Морозов, О.Н. Сироткина, Ю.А. Шаройко. М.: Геокарт, ГЕОС, 2008, 727 с.
36. Морозов А.Ф., Чепкасова Т.В., Головин А.А., Гусев Г.С., Криночкин Л.А. Многоцелевые прогнозно-геохимические работы масштаба 1:1000 000 на территории России. / Разведка и охрана недр, 2004, № 11, с. 2-7.
37. Николаев Ю.Н., Криночкин Л.А., Головин А.А., Дамбаев В.А. Геохимическая зональность металлогенических зон, рудных районов и узлов. / Разведка и охрана недр, 2004, № 3, с. 31-36.
38. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000. / Головин А.А., Ачкасов А.И., Волочкович К.Л. и др. - М.:ИМГРЭ, 1999, 104 с.
39. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200 000. / Головин А.А., Н.Н. Москаленко, Ачкасов А.И., Волочкович К.Л. и др. - М.:ИМГРЭ, 2002, 92 с.
40. Arkadiy A. Golovin, Lev Krinochkin, Vladimir S. Pevzner. Geochemical specialization of bedrock and soil as indicator of regional geochemical endemicity./ Vilnius, Geology, 2004. Т. 48. Р. 22-28.
41. Головин А.А., Криночкин Л.А. Геохимические признаки крупных и уникальных рудных месторождений Геохімі та рудотворення, НАН України, выпуск 27, 2009, с.113-116.