

УДК 550.8:526:551.263.03:553.22(470)

О. В. ПЕТРОВ, Е. В. ПЛЮЩЕВ, В. В. ШАТОВ, А. В. МОЛЧАНОВ, Н. С. СОЛОВЬЕВ,  
С. В. КАШИН, А. Е. СОБОЛЕВ, А. В. ТЕРЕХОВ (ВСЕГЕИ)

## Гидротермально-метасоматические формации России

Впервые составлена карта гидротермально-метасоматических формаций России. Рассматриваются как природные ассоциации гидротермально-метасоматических пород в наиболее полном объеме их проявления с учетом обширных периферических зон слабых изменений. Разработана классификация. Типы гидротермально-метасоматических формаций выделены по характеру связи с геологическими формациями и положению в сфере гидротермальной деятельности. Составлена классификация генетических типов месторождений, отвечающая задачам анализа рудоносности этих формаций. Созданы базы данных России в виде развернутых атрибутивных таблиц к ГИС-проекту. Представлен атлас геолого-генетических моделей ведущих типов рудоносных гидротермально-метасоматических формаций. Даны рекомендации по направлению ГРП на выявление гидротермально-метасоматических месторождений.

Ключевые слова: гидротермально-метасоматические формации, Россия, месторождения, рудоносность, геологические формации, картирование, базы данных.

O. V. PETROV, E. V. PLYUSHCHEV, V. V. SHATOV,  
A. V. MOLCHANOV, N. S. SOLOVIEV,  
S. V. KASHIN, A. E. SOBOLEV, A. V. TEREKHOV (VSEGEI)

## Hydrothermal-metasomatic formations of Russia

The map of hydrothermal-metasomatic formations (HMF) of Russia has been compiled for the first time. HMF are considered as associations of hydrothermally-altered rocks in their total volumes with consideration for their external zones of weak alterations. The classification of HMF in Russia is produced. The HMF types are marked out according to the character of their associations with geological formations and disposition in the sphere of hydrothermal function. The classification of genetic types of ore deposits which is suited to the requirements of HMF ore content analysis is formed. The database of HMF in Russia is made as attributive tables for GIS-project. The atlas of geology-genetic models of chief types of ore-bearing HMF is created. The recommendations for prediction of hydrothermal-metasomatic deposits are proposed.

Keywords: hydrothermal-metasomatic formations, Russia, ore deposits, metalliferous, geological formations, mapping, database.

**Введение.** В 2014 г. коллективом сотрудников ВСЕГЕИ\* была составлена Карта гидротермально-метасоматических формаций (ГМФ) России м-ба 1 : 2 500 000. Это оказалось возможным на основе многолетних теоретических разработок [8–10] и составления многочисленных карт гидротермально-метасоматических изменений горных пород по отдельным регионам России и ближнего зарубежья м-ба 1 : 50 000–1 : 200 000, хранящихся в фондах ВСЕГЕИ. Карта является оригинальной, ни в России, ни за рубежом подобные работы ранее не проводились, за исключением единственной изданной Карты гидротермально-метасоматических

формаций Казахстанской складчатой области, также составленной во ВСЕГЕИ [11].

При создании карты, помимо результатов личных исследований авторов, были использованы обширные литературные и фондовые материалы по гидротермально-метасоматическим изменениям горных пород, рудным формациям, геохимии, геологии различных регионов России, изучены и проанализированы материалы по Государственным геологическим картам Российской Федерации м-ба 1 : 1 000 000 второго и третьего поколений. В полной мере была использована база данных, созданная при составлении карты Рудных узлов России [14]. Проведен анализ геологических особенностей проявления гидротермально-метасоматических (ГМ) образований, выделены и описаны ГМФ.

В основу составления карты ГМФ России положен системно-целевой подход к изучению ГМ образований в наиболее полном объеме их проявления с учетом обширных периферических

\* В составлении карты ГМФ России принимали участие А. В. Молчанов (отв. исп.), В. В. Шатов, Е. В. Плющев, Н. С. Соловьев, С. В. Кашин, В. А. Михайлов, А. Е. Соболев, В. Ф. Проскурнин, Б. С. Петрушков, А. В. Терехов. В подготовке и обработке материалов большую помощь оказали И. Г. Гурьева, В. В. Семенова, В. Н. Белова.

зон слабых изменений, в которых сосредоточена преобладающая масса гидротермального вещества в земной коре. На основе представлений об уровнях организации вещества [12] система иерархических подразделений позволяет выделить в организации вещества ГМ образований три уровня: первый – гидротермальные минералы; второй – статистически устойчивые ассоциации гидротермальных минералов, определяющие видовую принадлежность гидротермалитов (ГМ породы); третий – ГМФ как природные ассоциации ГМ пород. Гидротермальные рудные месторождения рассматриваются как частный случай проявления гидротермальной деятельности.

ГМ образования разнообразны по составу, формам выделения, размерам и условиям формирования. В качестве минералообразующих здесь встречаются химические элементы, кларки которых различаются на девять порядков. Гидротермальные образования – это и уникальные рудные тела, и рассеянная вкрапленность самых обычных минералов в слабоизмененных породах. Ареалы гидротермальной деятельности достигают сотен и первых тысяч квадратных километров, а включенные в них рудные тела имеют сечения, площадь которых на шесть порядков меньше.

Основной геологический метод исследований – геологическое картирование как способ индивидуализации природных тел в геологическом пространстве – к ГМ образованиям начал усиленно применяться лишь в последнее время. Только на базе специально разработанных методов картирования можно достоверно установить ограничения и пространственно-возрастные соотношения различных зон гидротермальной проработки, определить их положение в геологической структуре и истории развития.

ГМ образования чрезвычайно широко распространены в земной коре. Трудными многочисленных исследователей они, наряду с осадочными, магматическими и метаморфическими породами, выделены в самостоятельный класс горных пород, но при этом они обладают специфическими особенностями, отличающими их от других пород. ГМ образования формируются восходящими в целом движениями захороненными в толще земной коры атмосферных, инфильтрационных, поверхностных, седиментогенных вод, обогащенных глубинными эманациями в термодинамически регрессивном направлении (ГМ деятельность). Главной особенностью ГМ образований являются эпигенетические отношения к вмещающим породам в виде собственно метасоматических выделений и выполнения различных полостей, включая жилы выполнения. Для эпигенетических гидротермальных образований характерны рассеянные прожилково-вкрапленные выделения с редкими массивными сгущениями в виде жил и собственно метасоматических пород. При этом фиксируется зональность разных рангов по степени замещения исходных пород и по физико-химическим параметрам минералообразования.

**Масштабы проявления гидротермальной деятельности в земной коре.** Под гидротермальной деятельностью понимается циркуляция нагретых газожидких, преимущественно водных растворов по трещинам и порам горных пород. Она имеет место в верхних частях литосферы, где породы имеют

твёрдый каркас, преобладают хрупкие деформации, а литостатическое давление ниже предела прочности горных пород. Эта часть литосферы располагается выше границы перехода хрупкой части земной коры в пластичную, которая оценивается в среднем глубиной 10–15 км [17, 19].

Гидротермальная деятельность проявляется не перманентно, а в виде отдельных циклов, в ходе которых происходит периодическое зарождение, стационарное функционирование и отмирание в подвижных частях земной коры гидротермальных систем, которое осуществляется путём циркуляции нагретых, большей частью водных газожидких растворов, просачивающихся сквозь толщу горных пород по системе взаимосвязанных порово-трещинных каналов в направлении падения давления и температурного градиента. В строении таких систем выделяются области питания гидротермальных растворов и области их разгрузки, которые в совокупности составляют единую гидродинамическую систему. Возникновение таких систем обусловлено тектоническими перестройками, сопровождаемыми в ряде случаев магматической деятельностью. Время стационарного функционирования таких систем варьирует в широких пределах, но в среднем составляет  $10^4$ – $10^6$  лет [5, 15, 16].

Сегодня уже не вызывают сомнений региональные масштабы гидротермальной деятельности. Полученные данные по современным гидротермам в подвижных поясах океанов [1, 13] в целом согласуются с данными по выявлению следов бывших гидротермальных систем в фанерозойских складчатых областях. Было установлено, что ГМ образования занимают в земной коре значительно больше места (на много порядков), чем считалось ранее. Слабопроявленные (5–15 %) ГМ образования занимают огромные объёмы и, образуя тонкую рассеянную вкрапленность, имеют массы, во много раз превосходящие массу околорудных метасоматитов и руд. Эта рассеянная ГМ минерализация, которая фактически игнорировалась ранее, слагает упорядоченные (зональные) в пространстве тела ГМФ, в которых околорудные метасоматиты и руды занимают вполне определённое положение. ГМФ связаны с геологическими комплексами, они поддаются картированию в различных масштабах, от детального до мелкомасштабного и регионального.

**Основы классификации ГМФ России.** Современная классификация ГМФ учитывает все специфические особенности ГМО в полном объёме их проявления, главные из них – связь с родоначальными геологическими формациями, региональная зональность ГМФ и их рудоносность.

**Связь ГМФ с родоначальными геологическими формациями.** Видовая принадлежность ГМФ определяется составом и соотношением составляющих метасоматических зон. Геологическая обстановка проявления характеризует генезис ГМФ установленного вида. В качестве типовых геологических событий, возбуждающих геологически обособленный гидротермальный процесс, выделяются внедрение плутонов, становление вулканических массивов, перестройка тектонического плана территории. В связи с этим выделяются три группы ГМФ: плутоногенные, вулканогенные и тектоногенные амагматические. Помимо этих трех групп с отчетливыми признаками их эпигенетической природы, выделяется еще группа переходных

син-эпигенетических ГМФ, в которых трудно провести границу между продуктами петрогенетических процессов и собственно ГМФ. К ним относятся метаморфо-метасоматические, пегматитовые, карбонатитовые, гидрогенно-инфильтрационные.

**Зональность.** Одной из наиболее характерных особенностей ГМ образований является *зональность*, установление которой представляется наиболее надежным критерием их диагностики и определения условий образования. Под зональностью понимается пространственная упорядоченность ГМ образований, проявляющаяся как в телах выполнения открытых полостей, так и в метасоматических залежах. Метасоматическая зональность имеет несколько рангов или масштабов проявления.

**Околотрещинная метасоматическая зональность в однородной среде.** Она формируется в околотрещинном пространстве при замещении минералов исходной породы, в подвижное состояние переходит всё большее число компонентов до максимума во внутренней зоне. В результате воздействия одного и того же раствора на исходные породы путём инфильтрационного или диффузионного механизмов миграции компонентов возникает инфильтрационная, диффузионная или смешанная зональность [4]. Этот тип зональности чаще всего имеет локальные масштабы. Возникающая метасоматическая колонка выделяется в качестве метасоматической формации [2]. Так определяются формации грейзенов, березитов и др., которые выделяются как формации околорудных метасоматитов или локальных метасоматических формаций (ЛМФ).

**Концентрационная метасоматическая зональность в среде переменной проницаемости.** Неоднородность распределения ГМ образований в пространстве обусловлена резко переменной проницаемостью горных пород. Возникающая за счет этого зональность выражается в степени замещения исходных пород, а также в постепенном накоплении малораспространенных элементов с появлением соответствующих минералов во внутренних зонах. Такую зональность, обусловленную различным количеством раствора, прошедшего через толщу пород в зависимости от ее гетерогенной проницаемости, будем называть концентрационной. В качестве составляющих этой зональности выделяются внутренние зоны полно- или сильнопроявленных ГМ образований и внешние зоны их слабого

развития. Внешние зоны имеют значительно более обширные размеры по сравнению с внутренними. По степени накопления рудных элементов в концентрационной зональности могут быть выделены рудные (внутренние), ореольные и фоновые (внешние) зоны [7].

**Региональная (эволюционная) метасоматическая зональность в гетерогенной геологической среде.** Гидротермальные растворы, продвигающиеся от места своего зарождения до места разгрузки, существенно изменяются под влиянием меняющихся термодинамических условий и разнообразия литолого-структурных обстановок. Особенно существенно меняется кислотность-щелочность растворов, следовательно, и активные концентрации химических компонентов. Температура и давление также не остаются постоянными. В результате один и тот же раствор на разных участках своего продвижения формирует существенно различные ГМ образования. При длительном однонаправленном движении растворов в стационарном термобароградиентном поле ГМ образования разных участков формируются почти одновременно. В результате возникает региональная по масштабам проявления зональность разнофациальных ГМ образований. В качестве составляющих региональной метасоматической зональности выступают обширные зоны преимущественно слабого проявления ГМ пород, т. е. эпипородные зоны. Совокупность таких зон, обусловленная конкретным геологическим событием (становлением интрузивного или вулканического массива, стадией устойчивого тектонического режима и т. п.), т. е. порожденная геологическим обособленным гидротермальным процессом, развивающимся в градиентном термодинамическом поле, выделяется в виде ГМФ.

**Рудоносность ГМФ.** Гидротермально-метасоматические формации всегда имеют двухчленное строение: обширную периферическую зону, которая являлась областью зарождения и питания гидротермальных растворов и служила областью выноса рассеянных рудных элементов, и центральную зону, которая являлась зоной разгрузки гидротерм и содержала в себе в качестве составного элемента околорудные метасоматиты и гидротермальные руды [8–10]. Каждая ГМФ обладает сложным строением и составом, например, пропилит-березитовая ГМФ состоит из пропицитов, березитов

#### Гидротермально-метасоматические формации в сфере гидротермальной деятельности

| Термодинамические зоны                      | Петрохимические области   |   |                         |
|---|---|---|-------------------------|
|   | Сиалические   | Сиалическо-симатические                     | Симатические            |
| Телезона<br>Т 350–50 °С,<br>гл. 0–2 км      | Апокарбонат-кремнистая  | Аргиллизитоидная<br>Пропилит-березитовая    | —                       |
| Эпизона<br>Т 500–100 °С,<br>гл. 0–2(4) км   | Калишпатофир-аргиллизитовая<br>Фельдшпатофир-вторично-кварцитовая | Цеолитит-пропилитовая                       | Пропилит-серцитолитовая |
| Мезозона<br>Т 700–150 °С,<br>гл. 1–4(5) км  | Филлизитовая  | Альбитофир-березитовая<br>Оксеталитовая     | Альбитофир-пропилитовая |
| Гипозона<br>Т 900–250 °С,<br>гл. 3–7(10) км | Фельдшпатолит-грейзеновая<br>Фельдшпатолитовая                    | Фенит-фельдшпатитовая<br>Скарн-пропилитовая | Серпентинит-спилитовая  |

и аргиллизитов, которые в свою очередь имеют свою внутреннюю зональность.

ГМФ является рудоформирующей системой (РФС) для гидротермальных месторождений, а в металлогенической иерархии она соответствует рудному узлу [10, 14]. Поэтому на карте ГМФ России в качестве «элементарной» единицы, обеспечивающей возможность построения карты и её анализа, взят рудный узел (РУ) гидротермального типа. При этом нужно иметь в виду, что каждый такой РУ обладает сложным внутренним строением, разнопорядковой метасоматической зональностью, а также рудной минерализацией, занимающей в этой зональности вполне определенное положение.

Гидротермальные месторождения образуются в ходе развития ГМФ, при этом в процессы рудо-концентрирования вовлекаются рассеянные сверх-кларковые геохимические ресурсы перерабатываемого блока земной коры. В сфере гидротермальной деятельности выделяются гипо-, мезо-, эпи- и телезоны, частично перекрывающиеся по термодинамическим параметрам, но различающиеся по видам ГМ образований. Минеральные производные каждой термодинамической зоны зависят от петрохимического состава блоков, в которых функционировала соответствующая гидротермальная система. Современная слоисто-блоковая модель кристаллической коры предусматривает выделение симатических и сиалических блоков на различных уровнях глубинности с закономерными вариациями состава (таблица).

**Классификация ГМФ России (рис. 1). Плутоногенные ГМФ.** Образование каждой ГМФ данного типа связано с внедрением конкретного интрузивного тела, или группы интрузий. ГМФ этой группы разнообразны и многочисленны. Тем не менее для каждой характерен один общий признак: наличие оконтуривающего контактово-метасоматического ореола, внешняя граница которого ограничивает распространенность ГМ образований конкретной ГМФ. Во всех случаях эти слабопроявленные внешние части контактовых ореолов представлены пропилитовыми парагенезисами различных видов. В некоторых случаях пропилитизация охватывает и эндоконтактовую зону, и плутон в целом. Плутоногенные ГМФ подразделяются на глубинные, относительно высокотемпературные – гипозонные и гипабиссальные, среднетемпературные – мезозонные.

**Гипозонные ГМФ** сформировались в наиболее глубинной гипотермальной зоне плутоногенного рудообразования. В эту группу входят апограниты, фениты, скарны, грейзены и подобные метасоматиты с разнообразной, часто комплексной рудной специализацией: W, Mo, Sn, Ta, Nb, TR, Li, Be, Zr, Co, Ni, Fe, Pb, Zn, Cu, V, Au, Фл, Гр, Тлк, Ас, самоцветы. Среди них выделены три разновидности ГМФ.

**Грейзеновые ГМФ.** Развитие этих ГМ образований связано с интрузиями кислых и ультракислых гранитов преимущественно лейкогранит-аляскитовой формации, но также и других гранитоидных формаций. Внутриинтрузивные зоны: грейзены, жилы кварцевые и полевошпат-кварцевые, фельдшпатолиты, реже метасоматиты полевошпатового состава (по аляскитам и лейкократовым гранитам). Надинтрузивные зоны: березиты серицит-мусковитовые, штокверки полевошпат-кварцевые

в метасоматитах кварц-биотитового состава. Околоинтрузивные зоны: скарны, биотититы, слюдиты, пропилиты хлорит-актинолитовые, преимущественно зональные. Разновидности ГМФ: грейзеновая (нерасчлененная), фельдшпатолит-грейзеновая, биотитит-березит-грейзеновая, скарн-грейзеновая.

**Фельдшпатолит-фельдшпатитовые ГМФ** возникают в связи с кислыми и средними породами повышенной щелочности. Данные ГМФ содержат в составе внутриинтрузивных зон альбититы, калишпатиты часто эгирин-щелочно-амфиболовые, фельдшпатолиты, подчиненные грейзены по щелочным и фтор-литиевым гранитам, граносиенитам, субщелочным гранитам и щелочным сиенитам – фениты, скарны, слюдиты, полевошпатовые и щелочно-амфиболовые пропилиты. Внутриинтрузивные зоны: калишпатолиты, альбититы, альбитолиты, грейзены, эписиениты, пропилиты эпидотовые по гранодиоритам, гранитам и лейкократовым гранитам. Околоинтрузивные зоны: фениты, скарны, слюдиты, пропилиты полевошпатовые и щелочноамфиболовые. Разновидности ГМФ: фельдшпатолит-апогранитовая, фельдшпатолит-фельдшпатитовая, фельдшпатолит-фельдшпатолит, щелочнопропилит-фенитовая.

**Скарновые ГМФ.** ГМ образования данной формационной принадлежности возникают в связи с гранитоидными интрузиями пестрого состава и в целом повышенной основности. Внутриинтрузивные зоны: пропилиты хлорит-пренитовые, фельдшпатолиты биотитсодержащие (по тоналитам, кварцевым диоритам и гранодиоритам). Околоинтрузивные зоны: пропилиты биотит-актинолитовые и хлорит-биотитовые, скарны, роговики. Разновидности ГМФ: пропилит-скарновая, собственно скарновая, серпентинит-родингитовая, фельдшпатолит-скарновая.

**Мезозонные ГМФ** получили развитие в связи с малыми и средними интрузиями средних глубин, часто имеющими порфиroidные структуры. В мезозоне отмечается преимущественно гипабиссальное плутоногенное рудообразование в широком температурном интервале с образованием березитов, филлизитов, оксеталитов, лиственитов, гумбеитов, эйситов, часто кварцевых и карбонатных жил с разнообразным оруденением (Au, Cu, Pb, Zn, Mo, Sn, W, U, Bi, Sb, Ni, Co, Hg, As, Ba, Фл, Тлк, Ас, Кв). Выделены две группы ГМФ.

**Оксеталитовые ГМФ** [3]. Надинтрузивные и частично внутриинтрузивные зоны сложены карбонат-серицитовыми березитами, иногда эпидотсодержащими, лиственитами, карбонатными и кварцевыми жилами. Во внутриинтрузивных зонах по монзонит-порфирам, плагиогранит-порфирам, габбродиоритам отмечаются фельдшпатолиты, турмалин-хлоритовые, турмалин-калишпат-кварцевые гидротермалиты. В околоинтрузивных ореолах проявлены амфиболовые зональные пропилиты, реже скарны. Разновидности ГМФ: оксеталитовая (нерасчлененная), березит-оксеталитовая, биотитит-оксеталитовая, гумбеит-оксеталитовая, лиственит-оксеталитовая, скарн-оксеталитовая, пропилит-оксеталитовая.

**Филлизитовые ГМФ.** Данные ГМФ формируются в ходе становления интрузий умеренно

**Рис. 1. Рудоносные гидротермально-метасоматические формации**

| УСЛОВИЯ<br>ФОРМИРОВАНИЯ<br>ГИДРОТЕРМАЛЬНО-<br>МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ<br>ФОРМАЦИЙ |                                     | ТИП И ВИДЫ РУДОНОСНЫХ<br>ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ<br>ФОРМАЦИЙ   | РАНГИ АРЕАЛОВ ГМФ |        |      |
|--|-------------------------------------|--|-------------------|--------|------|
|  |                                     |  | ОБЛАСТИ           | РАЙОНЫ | УЗЛЫ |
| ПЛУТОНОГЕННЫЕ  | МЕЗОЗОНЫЕ<br>ГИПОЗОНЫЕ              | <b>ГР - Грейзеновый:</b> грейзеновая (нерасчлененная), фельдшпатолит-грейзеновая, биотит-березит-грейзеновая, скарн-грейзеновая  |                   |        |      |
|  |                                     | <b>ФШП - Фельдшпатолит-фельдшпатитовый:</b> фельдшпатолит-апогранитовая, фельдшпатолит-фельдшпатитовая, фельдшпатолит-фенитовая, щелочнопропилит-фенитовая   |                   |        |      |
|  |                                     | <b>СК - Скарновый:</b> пропилит-скарновая, собственно скарновая, серпентинит-родингитовая, фельдшпатолит-скарновая   |                   |        |      |
|  | МЕЗОЗОНЫЕ<br>ГИПОЗОНЫЕ              | <b>ОКС - Оксеталитовый:</b> оксеталитовая (нерасчлененная), березит-оксеталитовая, биотитит-оксеталитовая, гумбеит-оксеталитовая, лиственит-оксеталитовая, скарн-оксеталитовая, пропилит-оксеталитовая |                   |        |      |
|  |                                     | <b>ФИЛ - Филлизитовый:</b> филлизитовая (нерасчлененная), гумбеит-филлизитовая   |                   |        |      |
|  |                                     | <b>ГББ - Гумбеит-березитовый:</b> гумбеит-березитовая  |                   |        |      |
|  |                                     | <b>СКТ - Скарновый трапповый:</b> траппово-скарновая   |                   |        |      |
| ВУЛКАНОГЕННЫЕ  | КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ<br>КРАТОНИЗАЦИОННЫЕ | <b>КФ - Калишпатофировый:</b> калишпатофировая (нерасчлененная), калишпатофир-аргиллизитовая, калишпатофир-эйситовая, калишпатофир-березитовая   |                   |        |      |
|  |                                     | <b>ФФ - Фельдшпатофировый:</b> фельдшпатофировая (нерасчлененная), фельдшпатофир-пропилитовая, фельдшпатофир-вторично кварцитовая, фельдшпатофир-березит-аргиллизитовая, фельдшпатофир-адуляритовая    |                   |        |      |
|  |                                     | <b>АРТ - Аргиллизитоидный трапповый:</b> траппово-аргиллизитовая   |                   |        |      |
|  | ОКЕАНИЧЕСКИЕ<br>РИФТОГЕННЫЕ         | <b>АФ - Альбитофировый:</b> альбитофировая (нерасчлененная), альбитофир-пропилит-березитовая, альбитофир-адуляритовая, альбитофир-березитовая, альбитофир-аргиллизитовая                               |                   |        |      |
|  |                                     | <b>СПИ - Спилитовый:</b> спилит-серпентинитовая  |                   |        |      |
|  |                                     | <b>ЦЕО - Пропилит-цеолитовый:</b> пропилит-цеолитовая, аргиллизитоидная  |                   |        |      |
| ТЕКТОНОГЕННЫЕ  | ПРИРАЗЛОМНЫЕ                        | <b>ПРБ - Пропилит-березитовый:</b> пропилит-березитовая, пропилит-эйситовая, пропилит-лиственитовая, аргиллизитоидная (тектоногенная)  |                   |        |      |
|  |                                     | <b>ПГБ - Пропилит-гумбеитовый:</b> пропилит-гумбеитовая  |                   |        |      |
|  |                                     | <b>ПРС - Пропилит-серицитолитовый:</b> пропилит-серицитолитовая  |                   |        |      |
|  |                                     | <b>СЕРП - Серпентинитовый:</b> апоультрамафит-серпентинитовая  |                   |        |      |
|  | ПЛАСТОВЫЕ                           | <b>КАР - Апокарбонат-кремнистый:</b> апокарбонат-кремнистая (нерасчлененная), апокарбонат-джаспероидная, апокарбонат-фельдшпатитовая   |                   |        |      |
|  |                                     | <b>ТЕР - Альбитолит-аргиллизитовый:</b> альбитолит-аргиллизитовая  |                   |        |      |
| ПЕРЕХОДНЫЕ СИН-ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ   | <b>МЕТАМОРФО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ</b>   | <b>МСЛ - Метасланцевый:</b> апотерригенно-зеленосланцевая, кремнисто-сланцевая, джеспилитовая, кремнисто-карбонатно-черносланцевая, скарноидная  |                   |        |      |
|  | <b>МАГМАТО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ</b>     | <b>ПЕГ - Пегматит-пегматоидный:</b> пегматитовая (нерасчлененная), пегматоидная кремнещелочная, пегматоидно щелочно ультрамафитовая, пегматитовая рудоносная, пегматитовая слюдоносная                 |                   |        |      |
|  |                                     | <b>КАРБ - Карбонатитовый:</b> карбонатитовая (нерасчлененная), карбонатитовая щелочно-ультрамафитовая, карбонат-камофоритовая (фоскоритовая)   |                   |        |      |
|  | <b>ГИДРОГЕННО-ИНФИЛЬТРАЦИОННЫЕ</b>  | <b>ГД - Гидрогенный:</b> в зонах пластового окисления и корях выветривания   |                   |        |      |

кислых гранитоидов, нередко с повышенной основностью. Филлизитовая ГМФ содержит в надинтрузивных и частично внутриинтрузивных зонах кварц-серицитовые метасоматиты — филлизиты, вторичные кварциты андалузит- и корундсодержащие, березиты и аргиллизиты. Во внутриинтрузивных зонах постоянно отмечаются биотитовые фельдшпатолиты с калишпат-кварцевыми и турмалин-кварцевыми ядрами по гранит-порфирам, гранодиорит-порфирам, монцодиоритовым порфирирам. В околоинтрузивных зонах фиксируются пропилиты различных температурных ступеней и скарны, редко рудоносные. Надинтрузивные, частично внутриинтрузивные зоны: метасоматиты кварц-серицитовые пиритсодержащие (филлизиты), реже вторичные кварциты андалузит- и корундсодержащие, березиты серицитовые. Разновидности ГМФ: филлизитовая (нерасчлененная), гумбеит-филлизитовая.

Гумбеит-березитовые ГМФ связаны с интрузиями щелочных сиенитов. Периферические зоны представлены фенитами, кварц-эгириклинковыми, микроклиновыми, микроклиновыми метасоматитами, центральные зоны — серицитолитами, березитами, пирит-кварцевыми прожилками. Выделяется гумбеит-березитовая ГМФ.

Скарновые трапповые ГМФ ассоциируются с малыми интрузиями и дайками долеритов, габбро, габброноритов, базальтов, входящих в трапповую ассоциацию. Периферические части ГМФ представлены эпидотовыми, эпидот-амфиболовыми пропилитами, центральные — скарнами. Разновидность: траппово-скарновая ГМФ.

**Вулканогенные (эпизонные) ГМФ** формируются в приповерхностных (и поверхностных) условиях в широком температурном интервале с образованием аргиллизитов, вторичных кварцитов, адуляритов, опалитов, джаспероидов и других гидротермалитов с характерным набором полезных ископаемых (Au, Ag, Hg, Sb, As, U, Mo, Sn, W, Cu, S, Фл, Иш, Цл, Стр). Среди вулканогенных гидротермальных систем различаются континентальные и океанические — это определяет главные отличительные особенности состава, строения и рудоносности соответствующих ГМФ.

**Континентальные ГМФ** вулканических поясов сформировались в связи со становлением окраинно- и внутриконтинентальных вулканических поясов, отвечающих сводово-глыбовому этапу развития складчатых поясов. Среди них выделяются три разновидности ГМФ.

**Калишпатофировые ГМФ.** Представлены гематит-кварц-калишпатовыми метасоматитами эффузивного облика (калишпатофирами) по базальт-риолитовым высококалиевым породам субаэральных вулканических депрессий внутриконтинентальных вулканических поясов. Периферические зоны: метасоматиты гематит-кварц-калишпатовые эффузивного облика (калишпатофиры). Центральные зоны: вторичные кварциты каолинит-алунитовые, аргиллизиты, локальные тела метасоматитов хлорит-альбитового состава по секущим и пластовым проницаемым зонам. Разновидности ГМФ: калишпатофировая (нерасчлененная), калишпатофир-аргиллизитовая, калишпатофир-эйситовая, калишпатофир-березитовая.

**Фельдшпатофировые ГМФ** образуются по андезит-дацит-риолитовым породам субаэральных вулканических депрессий

преимущественно окраинноконтинентальных вулканических поясов. ГМФ формируется в связи с богатостью натрием вулканическими сериями с преобладанием дацитов и постепенным переходом от основных пород к кислым. Периферические зоны: метасоматиты кварц-калишпат-альбитовые эффузивного облика (фельдшпатофиры). Центральные зоны: вторичные кварциты серицит-гидросерицитовые, аргиллизиты, реже адуляриты по секущим и пластовым проницаемым зонам. Метасоматиты этого типа являются рудоформирующими для разнообразного оруденения преимущественно халькофильных металлов. Разновидности: фельдшпатофировая (нерасчлененная), фельдшпатофир-пропилитовая, фельдшпатофир-вторично-кварцитовая, фельдшпатофир-березит-аргиллизитовая, фельдшпатофир-адуляритовая.

**Аргиллизитоидные трапповые ГМФ** формируются в связи с вулканами покровных фаций трапповой ассоциации. Периферические зоны представлены эпидотовыми пропилитами, центральные — аргиллизитоидами и цеолитами.

**Океанические ГМФ.** В связи с океаническими вулканическими поясами образуются ГМФ, связанные преимущественно с зонами спрединга. ГМ системы, возникновение которых обусловлено подводным вулканизмом, описываются конвективно-рециклинговой моделью, разработанной в 60–70-е годы прошлого столетия [18, 20].

**Альбитофировые ГМФ** содержат хлорит-кварц-альбитовые метасоматиты эффузивного облика (альбитофиры), развивающиеся по контрастному калиево-натриевым антидромным базальт-риолитовым и натриевым гомодромным андезит-риолитовым субаквальным сериям (периферические зоны), а также карбонат-гидросерицит-хлоритовые метасоматиты (березиты и березитоиды), аргиллизиты, адуляриты, иногда алунитовые вторичные кварциты по пластовым, реже секущим проницаемым зонам и жерловым фациям вулканов (центральные зоны). Разновидности: альбитофировая, альбитофир-пропилит-березитовая, альбитофир-адуляритовая, альбитофир-березитовая, альбитофир-аргиллизитовая.

**Спилитовые ГМФ** часто выделяют под названием кипрский комплекс, проявленный в пилоу-лавах в спрединговой обстановке. Периферические зоны: спилиты кварц-альбитовые, кварц-альбит-хлорит-эпидотовые, кварц-альбит-хлорит-эпидот-актинолитовые по вулканитам офиолитовых комплексов. Центральные зоны: метасоматиты хлоритовые, кварц-хлоритовые, серицит-кварц-хлоритовые по секущим и пластовым зонам в базальтоидах и ультрамафитах. Разновидность: спилит-серпентинитовая.

**Пропилит-цеолитовые ГМФ.** В составе формации отмечаются метасоматиты кварц-калишпатовые и хлорит-карбонат-пренит-эпидотовые (фельдшпатофиры и пропилиты) по вулканитам базальт-андезитового состава субаквально-субаэральных переходных зон. Условия образования ГМФ несколько отличаются как от континентальных, так и морских условий. Вулканы формировались во внутриконтинентальных морских бассейнах или по их периферии в переходных условиях от субаквальной к субаэральной обстановкам, преимущественно к последней. Периферические зоны: метасоматиты кварц-калишпат-альбитовые и хлорит-карбонат-пренит-эпидотовые

(фельдшпатофиры и пропилиты). Центральные зоны: метасоматиты цеолит-пренит-карбонат-кварцевые и кварц-серицит-хлоритовые (березитоиды) в виде прожилково-вкрапленных обособлений, иногда с самородной медью. Разновидности: пропилит-цеолитовая, аргиллизитоидная (вулканогенная).

**Тектоногенные ГМФ.** Их характерной особенностью является отсутствие четко выраженной связи с магматизмом. В ряде случаев, но не всегда отмечается их связь с дайками основного состава. Главным фактором, определяющим их развитие, является образование разломов. При этом гидротермальные растворы перемещаются в элизионном режиме в сторону наименьших давлений. По времени образования рассматриваемые ГМ системы нередко совпадают с периодами стабилизации тектонического режима и пауз магматической активности. Все тектоногенные ГМФ всегда оторваны по времени от вмещающих пород, причем разрыв во времени варьирует в широких пределах. Данные ГМФ по условиям формирования могут быть подразделены на приразломные и пластовые.

**Приразломные ГМФ.** Ведущая роль разрывной тектоники при их образовании обуславливает секундарное, несогласное положение всех фрагментов метасоматической зональности по отношению к вмещающим породам, особенно это относится к полнопроявленным метасоматитам и рудным телам.

**Пропилит-березитовые ГМФ** формируются в зонах влияния крупных долгоживущих разломов, разграничивающих блоки с различной историей сводово-глыбового развития. По времени возникновения они соответствуют стадии заложения и заполнения субплатформенных впадин, окружающих блоки устойчивого воздымания с широким проявлением гранитоидного магматизма. Периферические зоны: пропилиты хлорит-альбитовые и пропилитоиды по разнообразным породам рифтогенных трогов, прилегающих гранитоидных блоков и перекрывающих наложенных впадин в зонах их амагматической активизации. Центральные зоны: березиты гидросерицитовые, метасоматиты карбонат-гидросерицитовые и карбонат-апатитового состава, джаспероиды в активизированных разломах и приразломных зонах. Разновидности: пропилит-березитовая, пропилит-эйситовая, пропилит-лиственитовая, аргиллизитоидная (тектоногенная).

**Пропилит-гумбеитовая ГМФ** развита в пределах изученной площади ограниченно. Её образование связано с разломами глубокого заложения, которые сформировались после внедрения гранитоидных интрузий повышенной щелочности в сиалические блоки со значительным отрывом во времени от эпохи гранитизации. В связи с данной ГМФ известны месторождения золото-урановой карбонат-калишпатовой рудной формации.

**Пропилит-серицитолитовые ГМФ** объединяют гидротермалиты, широко распространенные преимущественно в осадочно-вулканогенных линейно-складчатых зонах, захватывая прилегающие участки интрузивных поднятий. По времени возникновения эти образования относятся к периоду складчатых дислокаций и дислокационного метаморфизма после завершения вулканизма и накопления осадочных толщ. Зоны изменений тянутся в виде широких полос вдоль крупных разломов, субсогласных с простиранием

складчатых структур. Эти разломы нередко выражены обширными зонами расланцевания, многоплоскостным ветвлением и сравнительно небольшими амплитудами смещений. Периферические зоны: пропилиты хлорит-карбонат-эпидотовые и пренит-пумпеллиитовые – в рифтогенных линейно-складчатых трогах (по вулканогенно-терригенным породам). Центральные зоны: метасоматиты карбонат-серицит-хлоритовые эпидотсодержащие, часто сланцеватого облика (березитоиды и серицитолиты), иногда листвениты в проницаемых зонах соскладчатых разломов. Разновидность: пропилит-серицитолитовая.

**Серпентинитовые ГМФ** связаны с мафит-ультрамафитовыми комплексами, преобладающим процессом ГМ изменений является серпентинизация. Разновидность: апоультрамафит-серпентинитовая.

**Пластовые ГМФ** развиваются по разнообразным осадочным, преимущественно морским пологозалегающим слабодислоцированным комплексам, образовавшимся в различных геодинамических обстановках и залегающих на сложнодислоцированном фундаменте. Характерная их особенность – в целом согласное с простиранием вмещающих осадочных пород расположение контуров метасоматических тел. Они являются рудоформирующими для разнообразных стратиформных и стратифицированных месторождений.

**Апокарбонат-кремнистые ГМФ** развиваются в зонах разломов и приразломной складчатости по карбонатным и кремнисто-глинисто-карбонатным породам. Периферические зоны: кварц-альбитовые, доломитовые и баритовые гидротермалиты, перекристаллизованные известняки. Центральные зоны – метасоматиты кремнистые, аргиллизиты. Разновидности: апокарбонат-кремнистая (нерасчлененная), апокарбонат-джаспероидная, апокарбонат-фельдшпатовая.

**Альбитолит-аргиллизитовые ГМФ** формируются в зонах амагматической активизации по красноцветным и пестроцветным терригенным комплексам субплатформенных впадин. Периферические зоны: альбитолиты кварц-альбитовые с карбонатом. Центральные зоны: аргиллизиты и аргиллизитоиды кварц-каолинист-гидросерицитовые, карбонат-гидрослюдисто-кварцевые, иногда с хлоритом, баритом, цеолитами, а также карбонат-альбит-кварцевые метасоматиты в зонах дизъюнктивных и пликативных дислокаций. Разновидность: альбитолит-аргиллизитовая.

**Переходные син-эпигенетические ГМФ. Метаморфо-метасоматические ГМФ.** Метасланцевые ГМФ. Метасоматиты данного типа формируются преимущественно по углеродсодержащим терригенным комплексам, образовавшимся главным образом в пассивноокраинной обстановке. Эти комплексы претерпели последующий зональный метаморфизм от амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой до зеленосланцевой фации, в которой на завершающем этапе метаморфизма получили развитие кислотные метасоматиты (березиты). Разновидности: апотерригенно-зеленосланцевая, кремнисто-сланцевая, джеспилитовая, кремнисто-карбонатно-черносланцевая, скарноидная.

**Магмато-метасоматические ГМФ.** В эту группу вошли формации, представляющие собой переходные от магматических к метасоматическим. Специфика их заключается в том, что отделить продукты

собственно магматического процесса от метасоматитов крайне сложно.

**Пегматит-пегматоидные ГМФ.** Разновидности: пегматитовая (нерасчлененная), пегматоидная кремнещелочная, пегматоидно-щелочно-ультрамафитовая, пегматитовая рудоносная, пегматитовая слюдоносная.

**Карбонатитовые ГМФ.** Разновидности: карбонатитовая (нерасчлененная), карбонатитовая щелочно-ультрамафитовая, карбонат-камафоритовая (фоскоритовая).

**Гидрогенно-инфильтрационные ГМФ.** Данный тип эпигенетических образований, строго говоря, выходит за рамки собственно гидротермальной деятельности. К ним отнесены эпигенетические образования в зонах пластового окисления и корях выветривания. Последнее время в ряде работ указывается на возможное участие в их образовании эндогенных гидротермальных растворов.

**Месторождения.** Вопросы классификации рудосных ГМФ тесно связаны с классификацией самих месторождений. Разработана классификация генетических типов месторождений, отвечающая задачам анализа рудоносности ГМФ:

- метаморфические
  - метаморфо-метасоматические*
  - ультраметаморфические*
  - метаморфизованные*
- магматические
  - собственно магматические*
  - магмато-метасоматические (пегматитовые)*
  - магмато-метасоматические (карбонатитовые)*
- гидротермально-метасоматические
  - плутоногенные*
  - вулканогенные*
  - тектоногенные приразломные*
  - тектоногенные стратиформные*
  - полигенные осадочно-дислокационные*
  - полигенные вулканно-дислокационные*
  - метаморфо-гидротермально-метасоматические*
- гидрогенно-инфильтрационные
  - поверхностные*
  - пластовые*
  - трещинные*
- осадочные
  - пластовые*
  - россыпные*
- коптогенные
  - импактные.*

В слое, по своему содержанию отвечающему месторождениям, маленькими кружками вынесены все месторождения, причем гидротермальные желтым цветом, все остальные серым. Особыми знаками показаны 358 наиболее характерных крупных и сверхкрупных месторождений. Их генетические типы показаны формой значка, а геохимические типы, отвечающие природным геохимическим ассоциациям полезных ископаемых, показаны на карте цветом значка:

- лито-халькофильные галоидные;
- сидерофильные неметаллические контактовые;
- сидерофильные неметаллические драгоценные и самоцветные;
- неметаллические литофильные;
- кианит-нефелин-бокситовые;
- редкоземельно-редкометалльные апатитовые;
- редкоземельно-редкометалльные;
- редкометалльные литофильные;

- халькофильные золото-серебряные;
- халькофильные полиметаллические;
- медно-никелевые;
- фосфорито-апатитовые сидерофильные;
- железорудные сидерофильные;
- титан-железорудные мафит-ультрамафитовые;
- железомарганцевые;
- хромитовые.

Для этих месторождений составлена таблица, в которой указаны:

1. Географическое положение (номер листа масштаб 1 : 1 000 000).
2. Название рудного узла и его номер в базе данных.
3. Название месторождения и его индивидуальный номер в базе данных.
4. Полезное ископаемое.
5. Геохимический тип месторождений, показанный на карте цветом, а в таблице в виде кода.
6. Генетический тип месторождений, показанный на карте особой формой значка, а в таблице в виде кода.
7. Индекс и название рудной формации.

Для лучшего восприятия карты вынесены также и месторождения негидротермального генезиса (магматические, осадочные и др.).

**Базы данных.** В целом базы данных, как и карта ГМФ, включают два блока: блок геологических подразделений и блок ГМ образований. База данных по ГМФ России создана в виде развернутых атрибутивных таблиц к ГИС-проекту карты ГМФ. Основными источниками информации по пространственному распределению ГМФ являются составленные БД по рудным узлам России и месторождениям полезных ископаемых. По каждому из регионов составлены таблицы, в которых обобщены основные характеристики всех рудных узлов гидротермального типа:

1. Номер узла в базе данных.
2. Символ мегаблока в конкретном георегионе.
3. Номер рудного узла в базе данных «Рудные узлы России». Отсутствие номера означает, что в данном РУ отсутствуют месторождения, т. е. он является потенциальным.
4. Название рудного узла.
5. Полезные ископаемые.
6. Ранг месторождений по запасам: малое, среднее, крупное и уникальное, отсутствие запасов означает, что рудный узел является потенциальным.
7. Перспективность рудного узла в тоннах условного золота: 1 – низкая (< 0,5 т), 2 – малая (0,5–5), 3 – средняя (5–50 т), 4 – высокая (50–500 т), 5 – уникальная (> 500 т);
8. Рудно-геохимический тип рудного узла.
9. Генетическая типизация и индексация РУ.
10. Возраст рудоформирующей ГМФ.
11. Тип рудоформирующей ГМФ.
12. Номер рудной формации в базе данных.
13. Номер второстепенной рудной формации в базе данных.
14. Название рудной формации.
15. Номер рудоносной ГМФ в базе данных.
16. Номер второстепенной рудоносной ГМФ в базе данных.
17. Название рудоносной формации.

Составлено 11 таблиц по числу георегионов России. Эти таблицы служат основой для анализа рудоносности ГМФ.

**Атлас геолого-генетических моделей ведущих типов рудоносных ГМФ.** Геолого-генетические модели ГМФ включают:

– геологическую карту, которая может быть представлена как самостоятельная карта или в чёрно-белом варианте как геологическая основа;

– карту ГМФ, на которой показано их строение, зональность, состав отдельных метасоматических зон с разделением на периферические и центральные, а также рудные объекты рассматриваемого типа.

Эти карты обычно сопровождаются другими документами, наличие которых зависит от степени изученности и от представлений авторов:

– геохимические карты и схемы;

– детальные метасоматические и геохимические разрезы через рудные тела с целью отображения положения рудных тел в околорудной метасоматической зональности (что в целом отвечает центральной зоне ГМФ) и их взаимоотношения с внешними, слабопроявленными зонами единой метасоматической колонки (периферические части ГМФ);

– предполагаемые направления движения гидротермальных растворов, расшифрованные на основе деталей метасоматической зональности;

– направление перемещения в ходе развития гидротермальной системы петрогенных и малых элементов;

– количественная оценка перемещённого в ходе развития гидротермальной системы вещества;

– выделение новых прогнозных площадей;

– другие карты, схемы, графики;

– краткий пояснительный текст.

Основная задача при этом заключается в том, чтобы показать, что для понимания генезиса гидротермальных месторождений и прогнозирования подобных объектов главным объектом изучения должны быть ГМФ в полном объёме их проявления с учётом обширных периферических внешних зон. Всего составлено 35 моделей рудных узлов гидротермального типа.

**Карта ГМФ России.** В качестве геологической основы карты ГМФ России (рис. 2) послужила Геологическая карта России м-ба 1 : 2 500 000 (2011 г.). С геологической основы снята цветовая раскраска, так как цветом показаны ГМФ. Упрощён крап – он снят со стратифицированных осадочных комплексов, для которых оставлены индексы. Крап сохранен для наиболее значимых для составления карты ГМФ магматических подразделений (интрузивных и вулканических).

В основу анализа геологической позиции ГМФ положено структурно-геологическое районирование территории России. В качестве структурных элементов I порядка выделены складчатые пояса и платформы. На территории России фрагментарно проявлены следующие складчатые пояса: Средиземноморский, Уральский (с Новой Землей), Таймырский, Центрально-Азиатский, Тихоокеанский. Платформы представлены Восточно-Европейской, Западно-Сибирской, Сибирской.

В составе складчатых поясов и платформ определены структурные элементы II порядка, которые названы геологическими регионами (георегионами). Георегион – это термин относительно свободного пользования, под которым понимается часть складчатого пояса площадью от сотен тысяч до первых миллионов квадратных километров, которая

пространственно индивидуализирована и отличается от других георегионов по набору региональных геологических особенностей (мощности земной коры, времени складчатости, металлогении и др.). От традиционных названий, например Уральского складчатого пояса, Уральский георегион отличается тем, что в него входит только российская его часть. Что касается платформ, то они не подразделяются на георегионы, в понятие, например, Центральный георегион входит не вся Восточно-Европейская платформа, а только её российская часть, не покрытая морями.

В составе складчатых поясов зафиксированы Кавказский, Уральский, Таймырский, Северо-Восточный, Дальневосточный, Алтае-Саянский, Амуро-Байкальский георегионы. В составе платформ Карело-Кольский, Центральный, Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский георегионы.

В пределах крупных георегионов (складчатые пояса, щиты, платформы) выделены более дробные подразделения – срединные массивы (микроконтиненты), складчатые системы, антеклизы, синеклизы, моноклизы и особые зоны. Подобное расчленение с выделением блоков, характеризующихся различной историей геологического развития, способствует выявлению и оконтуриванию в пространстве разнообразных ГМФ, возникновение которых обусловлено различной историей геологического развития конкретных блоков земной коры.

Проведение границ ареалов ГМФ в ранге рудного района и зоны (области) – одно из наименее формализованных действий при построении карты. Прежде всего нужно отметить, что границы ГМ тел в общем случае не совпадают с границами геологических тел. Гидротермальная деятельность всегда проявляется уже после того, как сформировались вмещающие породы и гидротермальные растворы двинулись в сторону падения градиента температуры и давления, поэтому контуры тел ГМ пород только в общих чертах контролируются контурами геологических подразделений.

Границы распространения ареалов ГМФ проводятся по ареалам развития гидротермальной минерализации, в том числе и рудной. Проведение границ ареалов ГМФ различного ранга отражает степень достоверности. Она уменьшается по схеме узел – район – область. Наиболее достоверны границы ареалов в ранге рудных узлов, которые проводились на основе анализа геологических карт масштабов 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000. Проведение границ определяется в первую очередь развитием самих ГМФ, а также рудных концентраций, связанных с теми или иными рудоносными ГМФ.

Карта ГМФ не имеет сплошной закраски. Её отсутствие в общем случае не означает отсутствия ГМ изменений. Либо в таких местах они проявлены очень слабо (менее 5 %), либо ГМФ изучены недостаточно (в частности, из-за отсутствия гидротермальной рудной минерализации), что не позволяет установить их формационную принадлежность, или имеет место большая мощность перекрывающих отложений (как в Западно-Сибирском георегионе) и др. Почти все ареалы, выделенные на карте, включают не одну, а несколько ГМФ (до 5 и более). Цветом на карте показана только одна, ведущая ГМФ, в индекс включена вторая, наличие других отражено в атрибутивных таблицах и в тексте.

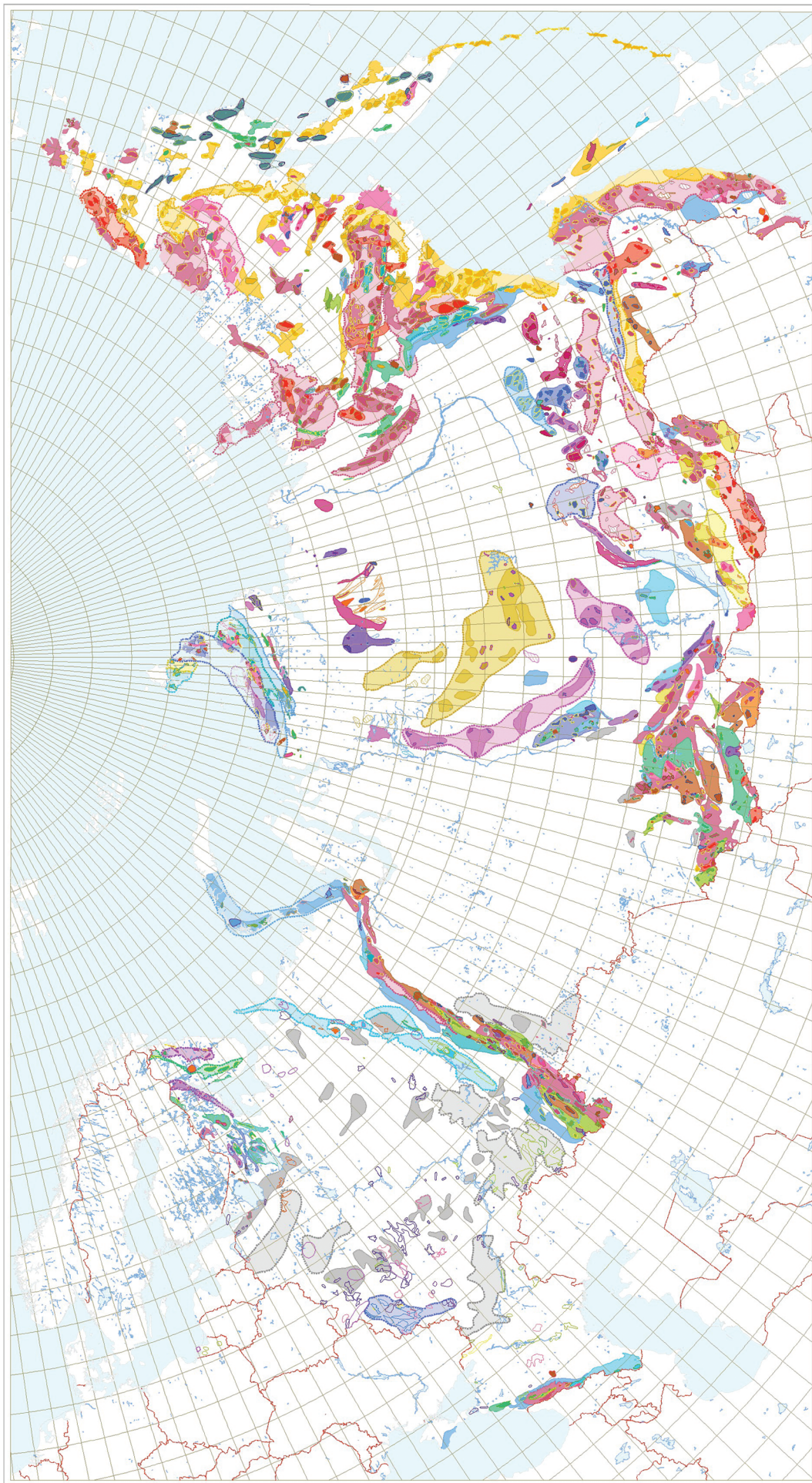


Рис. 2. Карта гидротермально-метасоматических формаций России м-ба 1 : 2 500 000

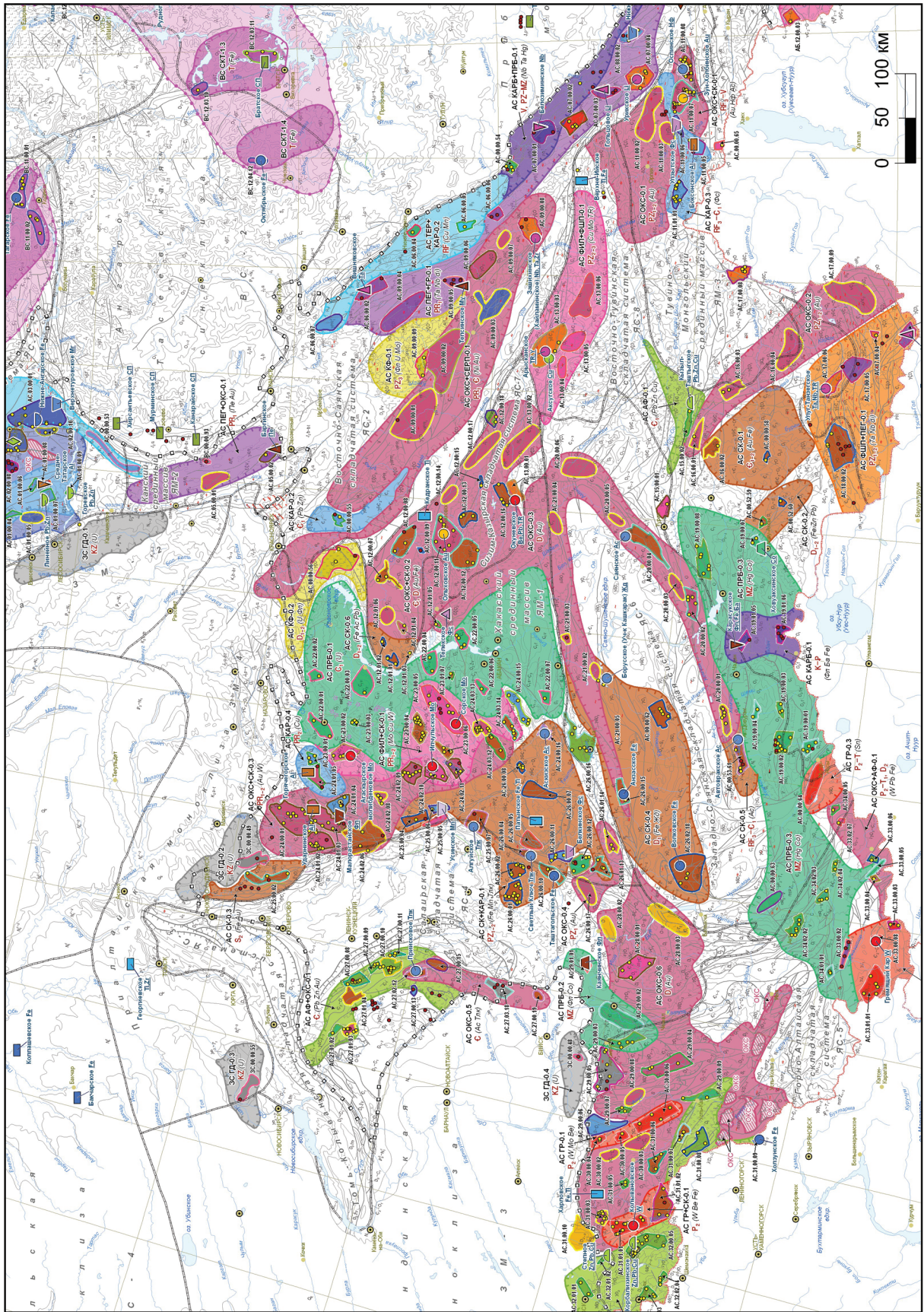


Рис. 3. Фрагмент карты гидротермально-метасоматических формаций России м-ба 1 : 2 500 000 (Адгэе-Саянский георегтон)



Метасоматические процессы очень широко проявлены в земной коре, диапазон их проявленности колеблется от высоких степеней метаморфизма до кор выветривания. Велико их значение и в качестве петрогенетических факторов, что изучено ещё явно недостаточно. Но на карте получили отражение только ГМФ, способствующие концентрированию рассеянного рудного вещества до рудных концентраций, т. е. рудоносные ГМФ. На рис. 3 и 4 приведены фрагменты по отдельным георегионам карты ГМФ России.

В объяснительной записке к карте ГМФ по каждому из георегионов проведено геолого-структурное районирование с выделением и характеристикой структурных элементов третьего порядка, дана характеристика металлогенического облика и ГМФ. Составлены таблицы соотношения рудоносных и рудных ГМФ.

**Рекомендации по направлению ГРР на выявление новых ГМ месторождений наиболее важных видов рудных полезных ископаемых.** Основой для анализа рудоносности выделенных ГМФ и выработки рекомендаций по направлению ГРР послужили таблицы характеристик рудных узлов гидротермального типа и таблицы соотношения рудных и рудоносных формаций России.

Прогноз рудных узлов гидротермального типа был в определенной мере осуществлен в рамках двух выполненных во ВСЕГЕИ базовых проектов: ГН-35 «Осуществить прогноз рудных узлов, районов и рудоносных зон с ожидаемыми особо крупными месторождениями стратегических видов твердых полезных ископаемых» (2006 г.) и 7.4-11/06 «Разработать методические рекомендации по прогнозно-металлогеническим исследованиям метаморфических и гидротермально-метасоматических комплексов» (2008 г.).

Современное состояние минерально-сырьевой базы страны освещено в ряде крупных обобщающих, региональных и специальных изданий по изучению, использованию недр и наращиванию ресурсного потенциала для дальнейшего ускоренного развития ведущих отраслей народного хозяйства. Наиболее полно вопросы обеспеченности минеральным сырьем и путей развития ресурсной базы, в том числе на региональном уровне, рассмотрены в двухтомной монографии [6]. Прилагаемая к ней Прогнозно-металлогеническая карта м-ба 1 : 5 000 000 сопровождается электронной версией, выполненной в м-бе 1 : 2 500 000, что раскрывает возможности прямой трансляции и совершенствования рекомендательных выкладок в настоящей работе того же масштаба с учетом ее ГМ специфики; принимается во внимание и более чем пятилетний промежуток времени, миновавший с периода подготовки монографии к опубликованию.

В данной работе использован Кадастр прогнозных ресурсов Российской Федерации, учтенный по состоянию на 01.01.2014. Прогнозные ресурсы (ПР) по категориям  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  в количественном выражении утверждены Росгеологией или головными отраслевыми институтами РФ и поставлены на учет по значительному числу объектов разного ранга, а также суммарно по соответствующим административным подразделениям.

Каждая из ГМФ специализирована на определенные виды полезных ископаемых.

В соответствии с этим распределяются прогнозные ресурсы минерального сырья по прогнозным площадям, вписываемым в ГМ узлы, районы и области. На объектах с полихронным и полигенным оруденением профилирующий тип ГМФ нередко несет «инородные» вкрапления с оцененными ресурсами нетрадиционных для него видов полезных ископаемых. Это проливает свет на особенности функционирования полиформационных рудогенерирующих систем (с учетом количественных данных), а в практическом отношении расширяет ресурсный потенциал известных рудных узлов и перспективных площадей как комплексных объектов и в количественном, и в качественном выражении.

Рекомендуется постановка следующих видов работ:

- в рамках узлов: крупномасштабное ГК 1 : 50 000 (1 : 25 000);
- в рамках районов: среднемасштабное ГК 1 : 200 000 (1 : 100 000);
- в рамках зон (областей): мелкомасштабное ГК 1 : 1 000 000 (1 : 500 000) (тематические прогнозно-минерагенические специализированные работы).

**Заключение.** Впервые составлена карта ГМФ России м-ба 1 : 2 500 000 с объяснительной запиской в виде ГИС-проекта (Arc Map с развернутыми атрибутивными таблицами).

Карта ГМФ России представляет собой картографически выраженный анализ закономерностей распределения рудоносных ГМФ. В основу анализа положены представления о ГМФ регионального распространения – продуктах деятельности гидротермальных палеосистем, охватывающих блоки земной коры в сотни квадратных километров и отвечающих в металлогенической таксонометрии рудному узлу. ГМФ имеют обширные периферические зоны питания, состоящие из продуктов субщелочного или кремнешелочного метасоматоза и сравнительно локальные центральные зоны – области разгрузки гидротерм, сложенные преимущественно кислотными (реже щелочными) метасоматитами и включающими в себя в качестве локальных проявлений гидротермальной деятельности месторождения полезных ископаемых. Для целей регионального анализа ГМФ рассматривается в качестве «элементарной» ячейки – основополагающей единицы для обобщения материалов. Границы рудных узлов, образованных гидротермальными рудоформирующими системами, проводились по набору геологических, геофизических, геохимических и других признаков на основе изучения материалов средне- и мелкомасштабных геологических съемок.

Следующая иерархическая ступень – ареал ГМФ в ранге рудного района, охватывающий площади в тысячи квадратных километров. Данные ареалы представляют собой сближенные в пространстве рудные узлы гидротермального типа сходного генезиса. Сближенность их в пространстве подразумевает общую причину их формирования – обширный ареал развития интрузивных образований, вулканитов и др. Пространственное единство ареалов подчеркивается также рассеянной, спорадической проявленностью гидротермальной и рудной минерализации вне узлов.

Наиболее крупный таксон – ареал ГМФ в ранге зоны (или области). Они представляют собой сгруппированные узлы, районы в крупных ареалах в десятки и сотни тысяч квадратных километров. Они отражают регионально проявленную гидротермальную деятельность в пределах крупных блоков континентальной земной коры, в которых проявилась гидротермальная деятельность сходного генетического типа.

Проведена классификация ГМФ территории России с учетом существующей иерархической системы ГМ образований, включающей систематику гидротермальных минералов, их устойчивых ассоциаций (пород и эпипород).

Создана база данных ГМФ России с отражением их вещественного состава, геохимической специализации, рудоносности, возраста и геологической позиции в виде атрибутивных таблиц к карте ГМФ. Разработан Атлас геолого-генетических моделей ведущих типов рудоносных ГМФ на примере ряда месторождений России.

На основе проведенных исследований, а также изучения и обработки результатов предшествовавших работ по сходной тематике выполнен анализ рудоносности ГМФ, выделенных на составленной карте, и подготовлены рекомендации по направлению ГРР на выявление новых ГМ месторождений наиболее важных видов рудных и нерудных полезных ископаемых. На основе частных таблиц по отдельным регионам составлена единая таблица соотношения рудных и рудоносных формаций России, которая положена в основу оценки потенциальной рудоносности выделенных на карте ареалов.

Составлен и подготовлен к изданию в виде отдельной книги аналитический обзор «Гидротермально-метасоматические формации России».

1. Богданов Ю.А., Лисицын А.П., Сагалевич А.М., Гуревич Е.Г. Гидротермальный рудогенез океанского дна. – М.: Наука, 2006. – 527 с.
2. Жариков В.А., Омеляненко Б.И. Некоторые проблемы изучения изменений вмещающих пород в связи с металлогеническими исследованиями // Изучение закономерностей размещения минералов при металлогеническом исследовании рудных районов. – М.: Недра, 1965. – С. 119–194.
3. Казыцын Ю.В. О необходимости выделения оксепалитов – новой формации околорудных метасоматитов // Проблемы метасоматизма. – М.: Недра, 1970. – С. 146–151.
4. Коржинский Д.С. Очерк метасоматических процессов // Основные проблемы учения о магматогенных рудных месторождениях. – М.: АН СССР, 1955. – С. 332–452.
5. Котляр В.Н. Основы теории рудообразования. – М.: Недра, 1970. – 462 с.
6. Минерально-сырьевой потенциал недр Российской Федерации. В 2-х т. / науч. ред. О.В. Петров. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. Т. 1. 224 с.; Т. 2. 492 с.
7. Плющев Е.В., Калиничева Л.И. Геохимический аспект минералообразования // Проблемы геохимии. – С. 61–72 (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. серия. 1975. Т. 241).
8. Плющев Е.В., Ушаков О.П., Шатов В.В., Беляев Г.М. Методика изучения гидротермально-метасоматических образований. – Л.: Недра, 1981. – 262 с.
9. Плющев Е.В., Шатов В.В. Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований. – Л.: Недра, 1985. – 247 с.
10. Плющев Е.В., Шатов В.В., Кашин С.В. Металлогения гидротермально-метасоматических образований. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. – 560 с.

11. Плющев Е.В., Шатов В.В., Шор Г.М. Карта гидротермально-метасоматических формаций Казахской складчатой области масштаба 1 : 1 500 000. – СПб.: Картографическая ВСЕГЕИ, 1993. – 4 л.

12. Проблемы развития советской геологии. – Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1971. – 335 с. (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. серия. Т. 177).

13. Рона П. Гидротермальная минерализация областей спрединга в океане. – М.: Мир, 1986. – 160 с.

14. Рудные узлы России / ред. Е.В. Плющев. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. – 416 с.

15. Рудоносность и геологические формации структур земной коры / ред. Д.В. Рундквист. – Л.: Недра, 1981. – 423 с.

16. Рундквист Д.В. Эволюция рудообразования во времени // Геологическое строение СССР. – М.: Недра, 1969. – Т. V. С. 303–332.

17. Candela P.A. Ores in the Earth Crust // The Crust / Ed. by R.L. Rudnick. 2004. – P. 411–431.

18. Elder J.W. Physical processes in geothermal areas // Terrestrial heat flow. Am. Geophys. Union. 1965. Vol. 8. – P. 211–239.

19. Manning C.E., Ingebritsen S.E. Role of the brittle-ductile transition in large-scale fluid flow in active continental crust // Earth System Processes. Abstract. Geological Society of America. Edinburgh, Scotland, 2001.

20. Spooner E.T.C., Fyfe W.S. Sub-seafloor metamorphism, heat and mass transfer // Contr. Mineral. Petrol. 1973. Vol. 42. – P. 287–304.

1. Bogdanov Yu.A., Lisitsin A.P., Sagalevich A.M., Gurevich E.G. Gidrottermalnyy rudogenez okeanskogo dna [Hydrothermal ore genesis of the ocean floor]. Moscow: Nauka. 2006. 527 p.

2. Zharikov V.A., Omelyanenko B.I. Some issues of studying alterations in host rocks in connection with the metallogenic studies. *Study of minerals accommodation during metallogenic investigation of ore districts*. Moscow: Nedra. 1965. Pp. 119–194. (In Russian).

3. Kazitsyn Yu.V. Towards the need to allocate oxepalites, a new formation of wallrock alteration. *Issues of metasomatism*. Moscow: Nedra. 1970. Pp. 146–151. (In Russian).

4. Korzhinsky D.S. Essay on the metasomatic processes. *Main problems of the doctrine of magmatic ore deposits*. Moscow: USSR Academy of Sciences. 1955. Pp. 332–452. (In Russian).

5. Kotlyar V.N. Osnovy teorii rudoobrazovaniya [Fundamentals of the ore formation theory]. Moscow: Nedra. 1970. 462 p.

6. Mineralno-syryevoy potentsial neдр Rossiyskoy Federatsii [Mineral and raw material potential of the Russian Federation]. Sci. ed. O.V. Petrov. St. Petersburg: VSEGEI Press. 2009. Vol. 1. Forecast metallogenic analysis. 224 p.; Vol. 2. Mineral resource and cost analysis. 492 p.

7. Plyushchev E.V., Kalinicheva L.I. Geochemical aspect of mineral formation. *Issues of mineral geochemistry*. Pp. 61–72. (Tr. VSEGEI. New Ser. 1975. Vol. 241). (In Russian).

8. Plyushchev E.V., Ushakov O.P., Shatov V.V., Belyaev G.M. Metodika izucheniya gidrottermalno-metasomaticheskikh obrazovaniy [Methods of studying hydrothermal-metasomatic formations]. Leningrad: Nedra. 1981. 262 p.

9. Plyushchev E.V., Shatov V.V. Geokhimiya i rudoznost gidrottermalno-metasomaticheskikh obrazovaniy [Geochemistry and ore content of hydrothermal-metasomatic formations]. Leningrad: Nedra. 1985. 247 p.

10. Plyushchev E.V., Shatov V.V., Kashin S.V. Metallogeniya gidrottermalno-metasomaticheskikh obrazovaniy [Metallogeny of hydrothermal-metasomatic formations]. St. Petersburg: VSEGEI Press. 2012. 560 p.

11. Plyushchev E.V., Titov V.V., Shor G.M. Karta gidrottermalno-metasomaticheskikh formatsiy Kazakhstanskoy skladchatoy oblasti masshtaba 1 : 1 500 000 [Map of hydrothermal-metasomatic formations of Kazakhstan fold area, scale 1 : 1,500,000]. St. Petersburg. VSEGEI Cartographic Factory. 1993. 4 sheets. (In Russian).

12. Problemy razvitiya sovetskoy geologii [Issues of the Soviet geology development]. Leningrad. 335 p. (Tr. VSEGEI. New Ser. Vol. 177. 1971).
13. Rona P. Gidrotermalnaya mineralizatsiya oblastey spreyinga v okeane [Hydrothermal mineralization in the ocean spreading area]. Moscow: Mir. 1986. 160 p.
14. Rudnye uzly Rossii [Ore knots of Russia]. Ed. by E.V. Plyushev. St. Petersburg: VSEGEI. 2001. 416 p.
15. Rudonosnost i geologicheskie formatsii struktur zemnoy kory [Ore content and geological formations of the Earth's crust structures]. Ed. by D.V. Rundkvist. Leningrad: Nedra. 1981. 423 p.
16. Rundkvist D.V. Evolution of mineralization in time. *Geological structure of the USSR*. Moscow: Nedra. 1969. Vol. V. Pp. 303–332. (In Russian).
17. Candela, P.A. 2004: Ores in the Earth Crust. In Rudnick, R.L. (ed.): *The Crust*. 411–431.
18. Elder, J.W. 1965: Physical processes in geothermal areas. In Lee, W.H.K. (ed.): *Terrestrial heat flow. American Geophysical Union, vol. 8*. 211–239.
19. Manning, C.E., Ingebritsen, S.E. 2001: Role of the brittle-ductile transition in large-scale fluid flow in active continental crust. *Abstract. Earth System Processes. Geological Society of America. Edinburgh, Scotland*.
20. Spooner, E.T.C., Fyfe, W.S. 1973: Sub-seafloor metamorphism, heat and mass transfer. *Contributions to Mineralogy and Petrology, vol. 42*. 287–304.

---

*Петров Олег Владимирович* – доктор геол.-минер. наук, доктор экон. наук, ген. директор, ВСЕГЕИ <sup>1</sup>. <vsegei@vsegei.ru>  
*Плющев Евгений Витальевич* – доктор геол.-минер. наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ.  
 <Evgeni\_Plyushchev@vsegei>  
*Шатов Виталий Витальевич* – канд. геол.-минер. наук, зам. ген. директора, ВСЕГЕИ <sup>1</sup>. <Vitaliy\_Shatov@vsegei.ru>  
*Молчанов Анатолий Васильевич* – доктор геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ <sup>1</sup>. <Anatoly\_Molchanov@vsegei.ru>  
*Соловьев Николай Сергеевич* – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ <sup>1</sup>.  
*Кашин Сергей Васильевич* – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ <sup>1</sup>. <Sergey\_Kashin@vsegei>  
*Соболев Александр Евгеньевич* – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ <sup>1</sup>.  
*Терехов Артем Валерьевич* – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ <sup>1</sup>. <Artem\_Terekhov@vsegei>

*Petrov Oleg Vladimirovich* – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Doctor Economic Sciences, Director General, VSEGEI <sup>1</sup>. <OPetrov@vsegei.ru>  
*Plyushchev Evgeniy Vitalievich* – Doctor Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, Professor. VSEGEI <sup>1</sup>. <Evgeni\_Plyushchev@vsegei>  
*Shatov Vitaliy Vitalyevich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Director, VSEGEI. <Vitaliy\_Shatov@vsegei.ru>  
*Molchanov Anatoly Vasilyevich* – Doctor Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department, VSEGEI <sup>1</sup>. <Anatoly\_Molchanov@vsegei.ru>  
*Soloviev Nikolay Sergeevich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI <sup>1</sup>.  
*Kashin Sergey Vasilyevich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI. <Sergey\_Kashin@vsegei>  
*Sobolev Aleksandr Evgenievich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI. <Vasily\_Proskurnin@vsegei>  
*Terekhov Artem Valerievich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI. <Artem\_Terekhov@vsegei>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.  
 A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74, Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia