

УДК 550.84:528.094:553.078(470)

О. В. ПЕТРОВ (ВСЕГЕИ), А. Ф. МОРОЗОВ (Роснедра),
Г. М. БЕЛЯЕВ, Ю. М. ЭРИНЧЕК, Ю. Ю. ЮРЧЕНКО (ВСЕГЕИ)

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КАРТА РОССИИ – ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

Одна из составных частей Атласа сводных карт для территории России, включающего картографические материалы с пояснительными записками «Космический образ России», «Атлас геофизических карт России» и «Атлас геохимических карт России», – комплект геохимических карт масштабов 1 : 15 000 000 – 1 : 2 500 000 – 1 : 1 000 000 – 1 : 200 000 для комплексной эколого-ресурсно-экономической оценки территории России и ее регионов. Одна из базовых элементов комплекта – Карта геохимической специализации структурно-вещественных (геодинамических) комплексов России масштаба 1 : 15 000 000 (далее Карта) входит в Национальный атлас России (2006). Карта составлена на основе «Схемы тектонического районирования России» м-ба 1 : 5 000 000, реализующей концепцию тектоники плит. На Карте и сопровождающих её схемах-врезках геохимически охарактеризованы структурно-вещественные (геодинамические) комплексы тектонических структур разных рангов, что дает возможность получения новой информации при уменьшении масштаба картографирования. Индивидуальная и комплексная характеристика геохимической специализации структурно-вещественных комплексов позволяет оценивать минерагенический потенциал высоколиквидных и остродефицитных полезных ископаемых как на территории России в целом, так и в отдельных ее регионах.

Ключевые слова: *карта России, геохимия, минерагения, картография, геологическое строение, золото, полезные ископаемые.*

A set of geochemical maps at scales of 1 : 15,000,000 – 1 : 2,500,000 – 1 : 1,000,000 – 1:200,000 for a comprehensive environmental resource and economic assessment of Russia and its regions is a component of the Atlas of composite maps of Russia that includes cartographic materials with explanatory notes “Space Image of Russia”, “Atlas of Geophysical Maps of Russia” and “Atlas of Geochemical Maps of Russia”. One of basic elements of the set, the 1 : 15 M Map of geochemical orientation of structural petrologic (geodynamic) complexes of Russia (further referred to as the map), is included in the National Atlas of Russia (2006). The map is based on the 1 : 5 M Tectonic zoning map of Russia showing the plate tectonics concept. The map and accompanying inset maps geochemically characterize the structural and petrologic (geodynamic) complexes of tectonic structures of various ranks that enables obtaining new information with decreased scale of mapping. Individual and comprehensive characteristics of the geochemical orientation of structural petrologic complexes allow evaluating the mineragenic potential of marketable and critical minerals in Russia in general and in its individual regions.

Keywords: *Map of Russia, geochemistry, minerageny, mapping, geological structure, gold, mineral resources.*

Введение. В 2004–2006 гг. во ВСЕГЕИ составлен Атлас сводных карт для территории России (далее Атлас), включающий картографические материалы с пояснительными записками «Космический образ России», «Атлас геофизических карт России» и «Атлас геохимических карт России» [22]. Атлас может быть использован в экономической, управленческой, научной, образовательной и других видах деятельности как сводка результатов комплексного анализа новых геологических данных – дистанционных, геофизических, геохимических.

Одна из составных частей Атласа – комплект геохимических карт как основа для эколого-ресурсно-экономической оценки территории России и ее регионов м-бов 1 : 15 000 000 – 1 : 2 500 000 – 1 : 1 000 000 – 1 : 200 000.

Объекты изучения в Атласе (в его геохимическом варианте) – геологическая среда, отображенная в геохимических полях, несущих информацию

о природных, прежде всего минеральных ресурсах и экологическом состоянии территории России.

Предметы описания в Атласе территорий в ряду м-бов 1 : 15 000 000 – 1 : 2 500 000 – 1 : 1 000 000 – 1 : 200 000:

- Россия в целом;
- крупные геологические структуры (Балтийский щит, Сихотэ-Алинская складчатая область, южное обрамление Сибирской платформы);
- отдельные листы Госгеолкарт-1000, -200, важные для наращивания минерально-сырьевой базы или решения острых экологических вопросов.

Всего в Атлас включено около 600 карт геохимического содержания разных масштабов, составленных специалистами-геохимиками ВСЕГЕИ и ИМГРЭ.

Открывает Атлас Карта геохимической специализации структурно-вещественных (геодинамических) комплексов России м-ба 1 : 15 000 000 (далее

Карта), которая включена в Национальный атлас России [11] (рис. 1, 2).

История вопроса. Геохимические карты, в основу которых положены особенности микроэлементного состава коренных горных пород, неразрывно связаны с другими картами геологического содержания в зависимости от принятого масштаба – собственно геологической, литолого-петрографической, формационной и т. п. Дело в том, что в случае коренных пород геохимическая информация (как первичная, так и производная) жестко привязывается к контурам геологических тел, отображенных на карте того или иного содержания, будь то подцветы, свиты или серии стратифицированных образований, массивы интрузивных или поля вулканических пород, формации, структурно-формационные комплексы, тектонические и металлогенические структуры различных рангов.

В последней четверти XX в. для построения мелкомасштабных и обзорных геохимических карт в качестве геологической основы (подложки) использовались преимущественно карты структурно-формационных комплексов м-бов 1 : 1 000 000 – 1 : 10 000 000 и мельче:

– *Геохимическая карта территории СССР* м-ба 1 : 10 000 000 [2]. Она отличается от приведенной в данной статье карты м-ба 1 : 15 000 000 по двум параметрам: а) количество изученных химических элементов группы накопления (кларк концентрации по отношению к кларкам земной коры $K_k \geq 1,5$) увеличилось от 28 до 41; б) то же имеет место и в отношении выделенных геохимических типов геологических подразделений – от 26 до 46;

– *Геохимическая карта зоны Байкало-Амурской магистрали* м-ба 1 : 3 000 000 [1];

– *Карта геохимической специализации структурно-формационных комплексов России* м-ба 1 : 5 000 000 [7].

Эти карты не имеют аналогов в зарубежной геохимической картографии.

Следует отметить, что геохимическое картирование коренных горных пород признано важным направлением геологических исследований еще в 30-х годах XX в. такими авторитетными геологами широкого профиля, как В. И. Вернадский и А. Е. Ферсман. А уже в 1968 г. во ВСЕГЕИ был издан сборник статей «*Основные принципы и методика радиогеохимического картирования горных пород*» [13]. К этому времени у отечественных исследователей, прежде всего геохимиков ВСЕГЕИ, уже был накоплен достаточный опыт картографического свертывания геохимической информации по распределению содержания в коренных горных породах двух химических элементов – урана и тория. Этот опыт и был использован при составлении вышеупомянутых полиэлементных геохимических карт. К 1985 г. практических результатов оказалось достаточно для издания «*Методических рекомендаций по составлению легенд к полиэлементным геохимическим картам*» м-бов от 1 : 15 000 000 до 1 : 200 000 [10].

Принципы составления карты. Принятая «Схема тектонического районирования России» м-ба 1 : 5 000 000 реализует концепцию тектоники плит [17]. На карте и сопровождающих её схемах-врезках геохимически охарактеризованы структурно-вещественные (геодинамические) комплексы (СВК) тектонических структур трех рангов – трансреги-

ональных и региональных, дающих возможность получения новой информации при уменьшении масштаба картографирования.

В основу положены:

– историко-геологическая общность и единство геодинамической природы СВК;

– интегрирование геохимических характеристик СВК как по латерали, так и по вертикали на всю доступную для изучения глубину тектонических блоков;

– унифицированная методика выделения геохимических типов СВК;

– учет при определении геохимических типов СВК общим числом 46, резко выделяющихся по микроэлементному составу таких их породных составляющих, как углеродистые сланцы, каменные и бурые угли, нефти и битумы и пр.;

– оценка по геохимическим данным минерагенического потенциала конкретных СВК и вмещающих их тектонических структур.

Исходные материалы. При составлении карты использованы следующие материалы:

– изданные и неопубликованные геохимические карты (с объяснительными записками) различных масштабов по территории России;

– материалы по МГХК-1000 и ГХО-1000 последних лет;

– публикации по геохимии различных типов пород и руд.

Результаты интерпретации. На карте выделено семь типов трансрегиональных тектонических структур – кристаллические щиты, древние и молодые платформенные плиты, различные складчатые области общим числом 26, охватывающие в совокупности 135 геодинамических комплексов, дифференцированные по геохимическим типам и ресурсно-геохимическому потенциалу.

Смысловое содержание карты достаточно полно отражает схема геохимической типизации трансрегиональных тектонических структур (ТТС) (рис. 3). Эта схема позволяет выявить черты сходства и различия в геохимическом облике ТТС.

Геохимически сходны между собой:

– плиты Восточно-Европейская и Западно-Сибирская, кристаллические щиты Воронежский, Анабарский и Алдано-Становой, Байкало-Витимская аккреционно-коллизивно активнookраинная область (АКАО), Новосибирско-Чукотская коллизивная покровно-складчатая область (КПСО) и Беринговская провинция задуговых шельфовых бассейнов – геохимический тип сидерофильно-халькофильно-литофильный (СХЛ)*;

– плиты Скифская, Печоро-Баренцевоморская и Сибирская, Балтийский щит – геохимический тип ХСЛ;

– Монголо-Охотская и Сихотэ-Алинская АКАО и Колымо-Омолонская аккреционно-коллизивная область (АКО) – геохимический тип ХЛ;

– Кавказская АКО, Таймыро-Североземельская и Верхояно-Колымская КПСО и Охотско-Чукотская АКАО – геохимический тип ЛХ;

– Пайхой-Новоземельская КПСО, Корякско-Камчатская и Хоккайдо-Сахалинская АКАО – геохимический тип ЛСХ.

* Далее в тексте геохимические типы приведены согласно условным обозначениям к рис. 1.

Геохимически индивидуальны Уральская АКО – геохимический тип ХЛС, Алтае-Саянская АКАО – геохимический тип СЛХ, Курильская островодужная область – геохимический тип СХ. Вследствие отсутствия данных геохимически не охарактеризована Лаптевоморская пассивноокраинная провинция.

ТТС каждого из 7 типов имеет свои геохимические особенности:

– размеры тектонических структур – чем они больше, тем ближе их микроэлементный состав к составу земной коры в целом (Восточно-Европейская, Сибирская, Западно-Сибирская плиты);

– длительность истории геологического развития – тенденция та же (щиты древних платформ, Байкало-Витимская АКАО);

– интенсивность глубинных эндогенных процессов (Пайхой-Новоземельская КПСО, Уральская АКО, Алтае-Саянская и Корякско-Камчатская АКАО).

Два первых фактора определяют общую тенденцию эволюции литосферы – преобладание в составе СВК химических элементов (ХЭ) литофильной группы при переменной роли халькофильных и сидерофильных элементов. Третий фактор выводит на первые роли элементы халькофильной и сидерофильной групп независимо от того, в каких геологических образованиях они концентрируются – плутонических или осадочно-вулканогенных.

Щиты древних платформ имеют преимущественно сидерофильно-халькофильно-литофильную геохимическую специализацию. Ведущими являются Мо, Cu, Pb, Cr, Ag, Co, Be, TR, Au, U, Ni, из которых Мо, Cu, Co, TR, Au, U, Ni образуют крупные месторождения. Древние платформенные плиты имеют близкую геохимическую специализацию: СХЛ₂ – Восточно-Европейская плита, ХСЛ₂ – Печоро-Баренцевоморская плита, ХСЛ₁ – Сибирская плита. Сводный ряд элементов группы накопления – Мо, Cu, Pb, TR, P, Ba, Ag, Mn, Zn, Co, F, U, Ti, V, Zr, Sn, Cr, Sr, Y, Be, Li, B.

Сходны геохимические типы и молодых платформенных плит Скифская (ХСЛ₁) и Западно-Сибирская (СХЛ₁). Общий для них ряд элементов группы накопления имеет следующий вид: Cu, Mo, U, F, Pb, P, Ba, Co, Mn, Ti, Zn, Ni, Ag, TR, Sr, B, V, Zr, Sn, Cr.

Коллизионные покровно-складчатые области (КПСО) представлены двумя геохимическими типами: смешанным – Пайхой-Новоземельская (ЛСХ) и Новосибирско-Чукотская (СХЛ) и литофильно-халькофильным – Таймыро-Североземельская и Верхояно-Колымская. Ряды элементов группы накопления:

– Пайхой-Новоземельская – Pb, Zn, Mn, Ti, Ag, Mo, Zr, TR, Cu;

– Новосибирско-Чукотская – Mo, Sn, W, Pb, Ag, Cu, B, F, U, Zn;

– Таймыро-Североземельская – Pb, Mo, Cu, Zn, Hg, U;

– Верхояно-Колымская – Pb, Mo, Ag, Cu, W, Sn, Zn, U, B, Hg.

Аккреционно-коллизионные области (АКО) относятся к разным геохимическим типам, заметно различающимся по месту химических элементов в группе накопления:

– Кавказская (ЛХ₃) – Pb, Ag, Cu, Zn, Mo, Sn, W;

– Уральская (ХЛС) – Cu, B, Pb, Mo, Ag, Co, Zn, Cr, Ti;

– Колымо-Омолонская (ХЛ₄) – Pb, Mo, Cu, Ag, Zn, Sn, U, W, Ba, Co, B, Sr, Be, TR, Li, F, Hg.

Аккреционно-коллизионно-активноокраинные области (АКАО) относятся к трем геохимическим типам: смешанному – Алтае-Саянская – СЛХ, Байкало-Витимская – СХЛ₁, Корякско-Камчатская и Хоккайдо-Сахалинская – ЛСХ₁; халькофильно-литофильному (ХЛ₄) – Монголо-Охотская и Сихотэ-Алинская; литофильно-халькофильному (ЛХ₃) – Охотско-Чукотская. Ряды элементов группы накопления:

– Алтае-Саянская – Pb, Cu, Mo, Zn, Ag, Ba, V, Co, U, Y, Ti, TR, Sr, F, Be, Zr, Sn, Mn, Li, Ni, W, P, Nb, B, Cr;

– Байкало-Витимская – Mo, Cu, Pb, Sn, U, Zr, Ag, Zn, Be, TR, Ba, Mn, Cr, B, F, P, W, No, Ti, Y, Co, Nb, Li;

– Корякско-Камчатская – Pb, Cu, Ag, Zn, Co, V, Cr, Ba, Mo, Sr, Zr, F, W, Sn, Hg;

– Хоккайдо-Сахалинская – Cu, Pb, Mn, Co, Ba, Sr, Zn, Mo, Ag, Zr, F, Ni;

– Монголо-Охотская – Pb, Mo, Ag, Cu, Sn, W, Zn, U, Ba, Sr, F, B, Li;

– Сихотэ-Алинская – Mo, Sn, Pb, Ag, Cu, W, Zn, U, Ba, TR, Be, Zr, Sr, Y, B, F;

– Охотско-Чукотская – Cu, Ag, Mo, U, Ba, Pb, Zn, Sn, W, Sr.

Типичные представители современных сооружений – Курильская островодужная область сидерофильно-халькофильного геохимического типа. Ряд ХЭ группы накопления: Pb, Cu, Cr, V, Ag.

На основе полученных данных по коренным породам земная кора на территории России имеет следующий геохимический тип: C₂₀ X₃₃ Л₄₇, а по кларкам рудных элементов, нормированных на их содержание в хондрите: C_{1,2} X_{10,6} Л_{88,2}.

Металлогенические следствия. «Разработка методики и создание комплексных геохимических карт крупных рудных районов и провинций в ближайшие годы должно стать неотъемлемой частью металлогенических работ» [21]. Оценка минерагенического потенциала территории России по геохимическим данным проведена на примере СВК, специализированных на золото. При определении специализации не учитывались пробы коренных горных пород с величиной кларка концентрации более 10, характерного для околорудно измененных пород.

На карту золотоносности СВК вынесены также наиболее крупные месторождения золота (рис. 4).

Привлекают внимание золоторудные объекты вне контуров СВК, геохимически специализированные на золото. Этот факт может быть интерпретирован следующим образом:

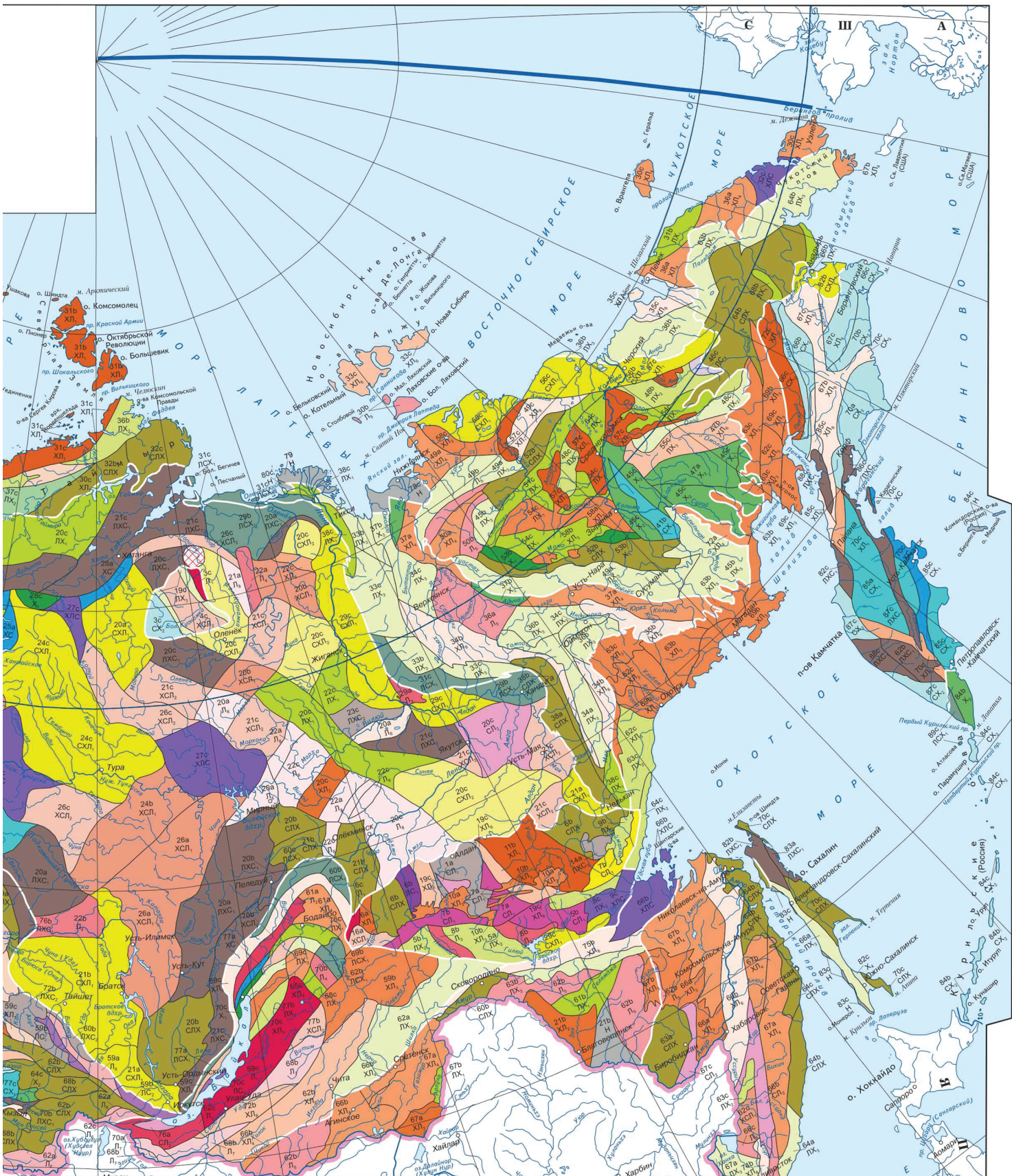
– значки рудных объектов, слишком крупные для масштаба карты, смещены относительно своего истинного местонахождения (им тесно!);

– СВК геохимически не специализированы на золото;

– данные по золотоносности породных составляющих СВК не учтены – кларк концентрации золота больше 10;

– нет данных по геохимической специализации СВК на золото.

Возможно сомнение в правомерности очень широкого распространения СВК, геохимически специализированных на золото. Однако сходную



ГИМЕХИЧЕСКИХ КЛАССИФИКАЦИЙ В.М. ГОЛЬДШМИДТА И А.Н. ЗАВАРИЦКОГО

<table border="1"> <tr> <td>Co</td><td>Ni</td><td>Cu</td><td>Zn</td><td>Ga</td><td>Ge</td><td>As</td><td>Se</td><td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>VI</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se												VI																																																																																	<p>Группы ассоциаций химических элементов по В.М. Гольдшмидту</p> <ul style="list-style-type: none"> литофильная халькофильная сидерофильная 	<p>Группы ассоциаций химических элементов по А.Н. Заварицкому</p> <ul style="list-style-type: none"> Ia - щелочноземельная Iб - щелочноземельная II - петрогенная ведущая III - редкометалльная IV - сидерометалльная V - руднометалльная VI - руднометаллоидная
Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se																																																																																																								
									VI																																																																																																						

Карта составлена на тектонической основе, учитывающей геодинамическую природу структурно-вулканических комплексов (СВК) и их металлогеническую специализацию.

Геохимические типы СВК отражают долю присутствующих в геологических образованиях в повышенных количествах рудных элементов трех групп:

- литофильной (Li, Be, P, Zr, Nb и др.)
- халькофильной (Cu, Zn, Ag, Au, Pb и др.)
- сидерофильной (Cr, Co, Ni и др.)

Геохимически специализированные геологические образования являются источником металлов, образующих промышленные рудные концентрации в поле развития конкретного СВК.

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ТИПЫ
СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ (ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ) КОМПЛЕКСОВ**

Тип геохимической ассоциации по общему набору рудных элементов	Геохимические ассоциации рудных элементов		
	Название (по ведущим элементам)	Геохимическая формула	Условный знак и цвет на карте
Литофильная	Фосфорно-редкоземельная	P, TR, Sr, Ba (F, U, B)	Л ₁
	Щелочно-редкометалльная	Li, Rb, Cs, Be, TR (Y, Zr, Th)	Л ₂
	Редкоземельная	TR, Y, Yb, Be, Th (U, P)	Л ₃
	Редкометалльно-редкоземельная	Nb, Zr, Be, TR, Y (Sn, Ta)	Л ₄
	Вольфрам-оловянная	W, Sn, Be (Mo, F, U)	Л ₅
	Литий-бериллиевая	Li, Be, Nb (Zr, Y, Yb)	Л ₆
	Молибден-вольфрамовая	Mo, W, Be (U, TR)	Л ₇
	Щелочноземельная	Ba, Sr, P (Li, F, Mo)	Л ₈
Халькофильно-литофильная	Золото-редкометалльная	Au, W, Mo (Pb, Hg, Sn)	ХЛ ₁
	Золото-уран-металлоидная	Au, U, Mo, F (Pb, Ag, As, Se)	ХЛ ₂
	Серебро-медно-молибденовая	Ag, Cu, Mo, Ba (U, Au, Bi)	ХЛ ₃
	Редкометалльно-полиметаллическая	Sn, W, Pb, Zn (Ag, Cu, Bi, Mo)	ХЛ ₄
	Редкоземельно-металлоидная	TR, Ga (Ge, As)	ХЛ ₅
	Щелочноземельно-полиметалльно-молибденовая	Ba, Pb, Mo (B, Cu, F, U, Au)	ХЛ ₆
	Свинец-молибден-редкоземельная	Pb, Mo, TR (Bi, Ag)	ХЛ ₇
	Свинец-ртуть-редкометалльная	Pb, Hg, As, W, Sn, Mo (Ag, Sb)	ХЛ ₈
Сидерофильно-литофильная	Титан-фосфорная	Ti, P, TR (Mn, Co)	СЛ ₁
	Кобальт-марганец-редкометалльная	Co, Mn, Sn, Be, Mo (Zr)	СЛ ₂
	Титан-циркониевая	Ti, Zr, P (Sn)	СЛ ₃
Халькофильная	Медно-полиметаллическая	Cu, Pb, Zn (As, Au)	Х ₁
	Серебро-полиметаллическая	Ag, Pb, Zn, Sb (As, Bi)	Х ₂
	Сурьмяно-ртутная	Sb, Hg (As, Au, Cu)	Х ₃
	Ртутно-металлоидная	Hg, As (Se, Ge)	Х ₄
Литофильно-халькофильная	Барий-полиметаллическая	Ba, Pb, Zn, Cu (Sr, Li, Au, Ag)	ЛХ ₁
	Медно-молибденовая	Cu, Mo, Pb, Zn (Bi, U, Au)	ЛХ ₂
	Редкометалльно-металлоидная	Mo, W, Sn, B, As, Sb, Bi, Ag (Pb, Cu, Au, U)	ЛХ ₃
Сидерофильно-халькофильная	Кобальт-медная	Co, Cu, Ag, V, Zn, Pb (Au)	СХ ₁
	Ванадий-хром-медная	V, Cr, Cu (Ag, Pb)	СХ ₂
Сидерофильная	Хром-платиноидная	Cr, Pt, V (Ti, Co)	С

картину дает карта золотоносности России, составленная по шлихогеохимическим данным специалистами ИМГРЭ в рамках Атласа.

Наиболее широко СВК, геохимически специализированные на золото, проявлены в складчатых структурах. Из них высокой продуктивностью на золото выделяются СВК, выполняющие синклинии, вулкано-тектонические прогибы, моноклинии, ступени и антиклинии, осложненные тектоническими дугами (таблица).


На кристаллических щитах высокопродуктивные на золото СВК проявлены в сутурах и наложенных

мезозойских угленосных впадинах, СВК складчатых областей в этом отношении менее дифференцированы.

Особый интерес представляет золотоносность плитных комплексов, как древних, так и молодых (рис. 4).

Повышенной золотоносностью характеризуются различные геологические образования:

– типичные осадочные породы – глины, песчаники, алевролиты и их разности, обогащенные специфическими компонентами (оболовые, глауконитовые, медистые, фосфатоносные и др.);

Литофильно-сидерофильная	Фосфор-ванадий-титановая	P, V, Ti (Zr, U, Mn)	лс ₁
	Редкометалльно-титан-марганцевая	Sn, Be, Zr, P, Mn, Ti (Ni)	лс ₂
	Уран-молибден-ванадиевая	U, Mo, V, Co (Ni)	лс ₃
	Щелочноземельно-кобальт-никелевая	Sr, Ba, Ni, Co (Cr, B, Li)	лс ₄
Халькофильно-сидерофильная	Медно-никелевая	Cu, Ni, Co (Cr, Mn, Au, Zn)	хс
Халькофильно-сидерофильно-литофильная	Свинец-титан-редкометалльная	Pb (Zn)-Ti, Mn (Ni)-Mo, Zr (TR, Sn)	хсл ₁
	Медь-ванадий-редкометалльная	Cu (Pb, Ag)-V, Cr (Co, Ni)-Mo, Y, Be (TR, Sn, Zr, F)	хсл ₂
Сидерофильно-халькофильно-литофильная	Кобальт-серебро-молибденовая	Co, V (Cr, Ti)-Ag, Pb, Zn (Cu, Bi)-Mo, Sn (TR, Be, U, P)	схл ₁
	Кобальт-висмут-урановая	Co, Ni (Mn, Cr)- Bi, Ag (As)- U, Mo, W (P)	схл ₂
	Ванадий-медно-урановая	V (Mn)- Cu, Se (Ge)- U (F)	схл ₃
Сидерофильно-литофильно-халькофильная	Марганец-барий-полиметаллическая	Mn, Co (V, Ti)- Ba, Sr, TR (Y, Mo)- Pb, Cu (Zn, Sb, Bi, Au, Ag)	слх
Литофильно-сидерофильно-халькофильная	Фосфор-титан-полиметаллическая	P, Zr (Mo, Sn, Nb)- Ti (Mn, Cr)- Cu, Pb (Ge, Zn)	лсх ₁
	Молибден-ванадий-висмутная	Mo, U (P, Ba)- V, Ni- Bi, Ag, Se (Cu, As)	лсх ₂
Халькофильно-литофильно-сидерофильная	Медь-молибден-кобальтовая	Cu, Pb (Au)- Mo, B, F (P, Sn)-Co, Ni (Cr, Ti, Mn)	хлс
Литофильно-халькофильно-сидерофильная	Барий-свинец-марганцевая	Ba, Sr (Zr, F)- Zn, Pb (Cu)-Mn, Co (Ni)	лхс ₁
	Фосфор-медь-ванадиевая	P, U (Mo)- Cu, Zn (Au, As)-V, Ti (Co, Ni)	лхс ₂
Геохимическая специализация не выражена	В контуре структурно-вещественного комплекса		н
	В контуре астроблемы		

Примечания:

- 1) Геохимические ассоциации выделены в соответствии с классификацией В.М. Гольдшмидта (1933).
- 2) В геохимическую формулу включены рудные элементы с коэффициентом концентрации $K_i > 1,5$ ($K_i = C^i / K^i$, где C^i - средневзвешенное содержание элемента i в геологических образованиях конкретного структурно-вещественного комплекса. K^i - кларк элемента i в земной коре, по А.П. Виноградову).
- 3) В круглые скобки заключены символы второстепенных рудных элементов.
- 4) В сложных индексах геохимических типов символы расположены в порядке возрастания их значимости, например, в типе ХЛ преобладает литофильная составляющая.

ПРОЧИЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



Границы и номера структурно-вещественных комплексов (СВК).
Буквенные индексы а, b, с - минерагеническая продуктивность СВК:
а - высокоресурсные; b - умеренно ресурсные;
с - потенциально ресурсные



Границы трансрегиональных тектонических подразделений (белым цветом)

Рис. 2. Легенда Карты геохимической специализации структурно-вещественных (геодинамических) комплексов России м-ба 1 : 15 000 000

- горючие сланцы;
- бурые и каменные угли;
- нефти и битумы;
- интрузивные траппы.

В различной степени золотосны геологические образования, например, центральной части Русской плиты, широкого возрастного диапазона — от раннего палеозоя до кайнозоя.

Причины повышенной золотосности геологических образований плитных комплексов можно показать на примере Сибирской платформы. Так, ещё в 60-х годах прошлого века в осадочных

породах Иркутского амфитеатра были установлены многочисленные проявления ртути, сурьмы, мышьяка, свинца, цинка, меди эндогенной природы [4]. Одновременно в аллювиальных отложениях были найдены золото и серебро.

В эти же годы Е. В. Покровским установлена золотосность карбонатных пород эвенкийской свиты нижнего кембрия в районе Иркинеевского выступа [14]. Позднее В. П. Филоненко и соавторы опубликовали данные о присутствии шлихового золота (до 100 знаков на 0,02 м³ промытой породы) в аллювии р. Илимпя, левого притока

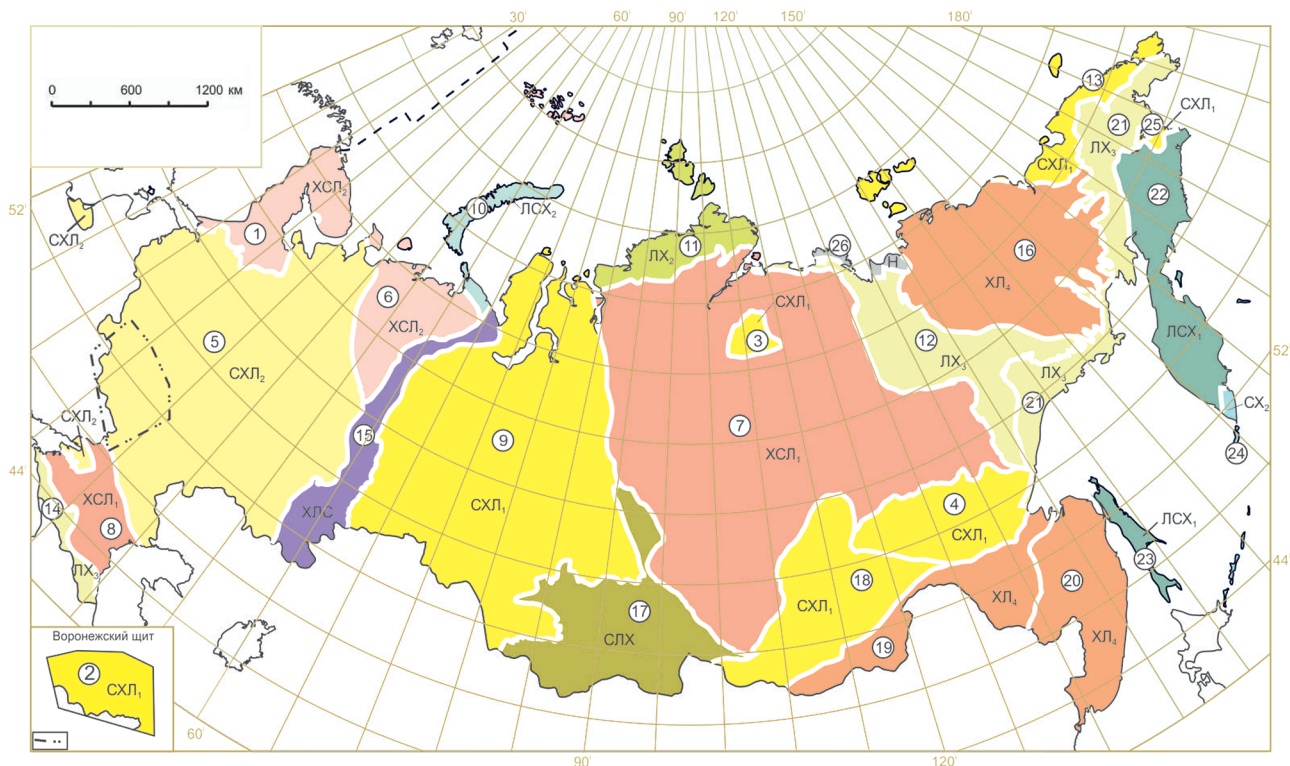


Рис. 3. Схема геохимической типизации трансрегиональных тектонических структур

Трансрегиональные тектонические структуры (ТТС): 1–4 – щиты древних платформ (1 – Балтийский, 2 – Воронежский, 3 – Анабарский, 4 – Алдано-Становой); 5–7 – древние платформенные плиты (5 – Восточно-Европейская, 6 – Печоро-Баренцевоморская, 7 – Сибирская); 8, 9 – молодые платформенные плиты (8 – Скифская, 9 – Западно-Сибирская); 10–13 – коллизионные покровно-складчатые области (10 – Пайхой-Новоземельская, 11 – Таймыро-Североземельская, 12-Верхояно-Колымская, 13 – Новосибирско-Чукотская); 14–16 – аккреционно-коллизионные области (14 – Кавказская, 15 – Уральская, 16 – Колымо-Омолонская); 17–23 – аккреционно-коллизионно-активноокаинные области (17 – Алтае-Саянская, 18 – Байкало-Витимская, 19 – Монголо-Охотская, 20 – Сихотэ-Алинская, 21 – Охотско-Чукотская, 22 – Корьякско-Камчатская, 23 – Хоккайдо-Сахалинская); 24–26 – современные тектонические сооружения: 24 – Курильская островодужная область, 25 – Беринговская провинция задуговых шельфовых бассейнов, 26 – Лаптевоморская пассивно-окаинная провинция.

Примечания: 1. Индексы, цветовые обозначения геохимических типов трансрегиональных тектонических подразделений и их границы даны в соответствии с легендой к Карте геохимической специализации структурно-вещественных (геодинамических) комплексов масштаба 1 : 15 000 000. 2. Ведущие элементы расположены в порядке убывания частоты встречаемости. 3. СН – нефть и газ; С – каменный уголь, горючие сланцы; di – алмазы; Na, К – каменные соли.

р. Н. Тунгуска, дренирующей юрские терригенные отложения [20].

Позднее в меденосных породах этого района установлены самородное золото и серебро с размерами зерен до 1 мм [16]. Положительно оценивают перспективы золотоносности этой территории и исследователи более позднего времени [8].

Золото в количестве 0,002–0,012 г/т характерно также для медистых песчаников Игарского района [6].

Ю. Н. Трушковым с соавторами опубликована монография «Золотоносность Вилюйской синеклизы и её обрамления» [18]. В этом районе россыпные и коренные проявления золота известны с 1861 г. В аллювии рек, дренирующих юрско-меловые отложения Вилюйской синеклизы, найдены самородки золота весом до 9 г. Есть также многочисленные находки сульфидных, карбонатных, кварц-карбонатных, барит-гематитовых прожилков и жил (с золотом), структурно-геологическая позиция которых указывает на их мезозойский возраст. С другой стороны, В. С. Малых, рассматривая вопрос о мезозойской активизации Байкальской складчатой области, проявленной в системе субме-

ридиональных разломов, полагает, что эти разломы с сопутствующими им магматическими и гидротермально-метасоматическими образованиями находят свое продолжение на Сибирской платформе в фундаменте Вилюйской синеклизы [9].

Более поздние исследования расширили перспективы золотоносности плитного комплекса Сибирской платформы от Анабара на северо-западе до Алдана на юго-востоке. Так, Э. Д. Избековым с коллегами описано крупное россыпепроявление золота к западу от г. Якутск в бассейне р. Кенкеме (левый приток р. Лена). Содержание золота здесь 0,3–1,0 г/м³ [5].

На юго-востоке Сибирской плиты оконтурен Кет-Капский золоторудный район среди рифейско-кембрийских осадочно-карбонатных пород [3].

В последние годы появились данные о золотоносности и других районах Сибирской плиты (обрамление Анабарского щита, Предверхоанский прогиб и др.).

Суммируя взгляды разных исследователей на золотоносность Сибирской плиты, можно выделить следующие основные моменты:

Геохимические характеристики трансрегиональных тектонических подразделений

Номер тектонических подразделений на схеме	Название тектонического подразделения	Геохимический тип			Минерагеническая специализация
		Индекс	Цвет на схеме	Ведущие элементы	
1	2	3	4	5	6
Щиты древних платформ					
1	Балтийский	XCJ ₂		Mo,Cr,Ni,Cu,Co,Sn,B,Ag,Be,Pb	Fe,Cr,Pt,Cu,Ni,P,TR,Li,Nb,Ta,Au,Mo,U
2	Воронежский	CXJ ₁		Mo,TR,Pb,Cu,Ag,Cr,V,Be,Sn	Fe,Cu,Ni,Au
3	Анабарский	CXJ ₁		Mo,B,Cu,Ag,Pb,Cr,V,Sn,TR	Fe,Au
4	Алдано-Становой	CXJ ₁		Mo,TR,U,Cu,Pb,Co,Mn,P,Bi	Fe,Au,Pt,U,TR,Nb,Cu,Ta,Mo,P,C
Платформенные плиты					
5	Восточно-Европейская	CXJ ₂		P,Ba,Cu,Co,Ag,U,TR,Pb,V,Sr,Ti,Mn	CH,C,Fe,Al,P,Na,K,di,Ti,Zr
6	Печоро-Баренцевоморская	XCJ ₂		Mo,P,Ti,Mn,Cu,U,V,Pb,Ag,Ba,TR	CH,C,Al,Ti,Zr,TR,di
7	Сибирская	XCJ ₁		Pb,Mo,TR,Cu,Co,Zn,Ni,Mn,Sn,Zr	CH,C,di,Na,K,Fe,Pt,Cu,Ni,TR
8	Скифская	XCJ ₁		Ba,F,Cu,Co,P,Sr,U,Mn,Pb,Zr,Zn	C,CH,Na,Ti,U
9	Западно-Сибирская	CXJ ₁		Mo,Cu,Pb,Ag,Mn,Co,Ti,P,Ba	CH,C,Fe,U,Ti,Zr
Коллизионные покровно-складчатые области					
10	Пайхой-Новоземельская	ЛCX ₂		Pb,Zn,Mn,Ti,Ag,Mo,Zr	Pb,Zn,Mn,Cu,Au,F
11	Таймыро-Североземельская	ЛX ₂		Pb,Mo,Cu,Zn,Hg,U	Au,Pb,Sb,Hg,Cu,Ni
12	Верхояно-Колымская	ЛX ₃		Pb,Mo,Ag,Cu,W,Sn,Zn	Au,Ag,Pb,Zn,Sn,W,Sb,Hg
13	Новосибирско-Чукотская	CXJ ₁		Mo,Sn,W,Pb,Ag,Cu,B,Co	Au,W,Sn
Аккреционно-коллизионные области					
14	Кавказская	ЛX ₃		Pb,As,Ag,Cu,Zn,Mo,Sn,W	Cu,Mo,W,Hg,Au
15	Уральская	XJ ₃		Cu,Ba,Pb,Mo,Ag,Co,V,Zn,Cr,Ti	Cr,Pt,Cu,Zn,Fe,Au,Al,Mn,TR,Be
16	Кольмо-Омолонская	XJ ₄		Pb,Mo,Cu,Ag,Zn,Sn,U,W	Au,Sn
Аккреционно-коллизионно-активнооокраинные области					
17	Алтае-Саянская	СЛX		Pb,Cu,Mo,Zn,Ag,Ba,V,Co,Be,TR,Y	TR,Li,Nb,Ta,Mn,Pb,Zn,Au,Ag,Cu,Mo,Hg,P,C
18	Байкало-Витимская	CXJ ₁		Mo,Cu,Pb,Sn,U,Ag,Zn,Be,TR,Mn,Cr	Au,Pt,Pb,Zn,W,Mo,U
19	Монголо-Охотская	XJ ₄		Pb,Mo,Ag,Cu,Sn,W,Zn,U	Fe,Pb,Zn,U,F,Sn,W,Mo,Au,Ag,Li,Ta,Sb
20	Сихотэ-Алиньская	XJ ₄		Mo,Sn,Pb,Ag,Cu,W,Zn,U	Pb,Sn,Au,Ag,W,F
21	Охотско-Чукотская	ЛX ₃		Cu,Ag,Mo,U,Ba,Pb,Zn,Sn	Au,Ag,Mo
22	Корякско-Камчатская	ЛCX ₁		Pb,Cu,Ag,Co,V,Cr,Ba,Mo	Au,Ag,Pt,Hg
23	Хоккайдо-Сахалинская	ЛCX ₁		Cu,Pb,Mn,Co,Ba,Sr,Zn,Mo,Zr	CH,C,Ge
Современные тектонические сооружения					
24	Курильская островодужная область	CX ₂		Cr,V,Cu,Pb,Ag	Au,Re,Ti,S
25	Беринговская провинция задуговых шельфовых бассейнов	CXJ ₁		Mo,TR,Ag,V	CH
26	Лаптевоморская пассивнооокраинная провинция	H		<i>Отсутствует</i>	CH,C

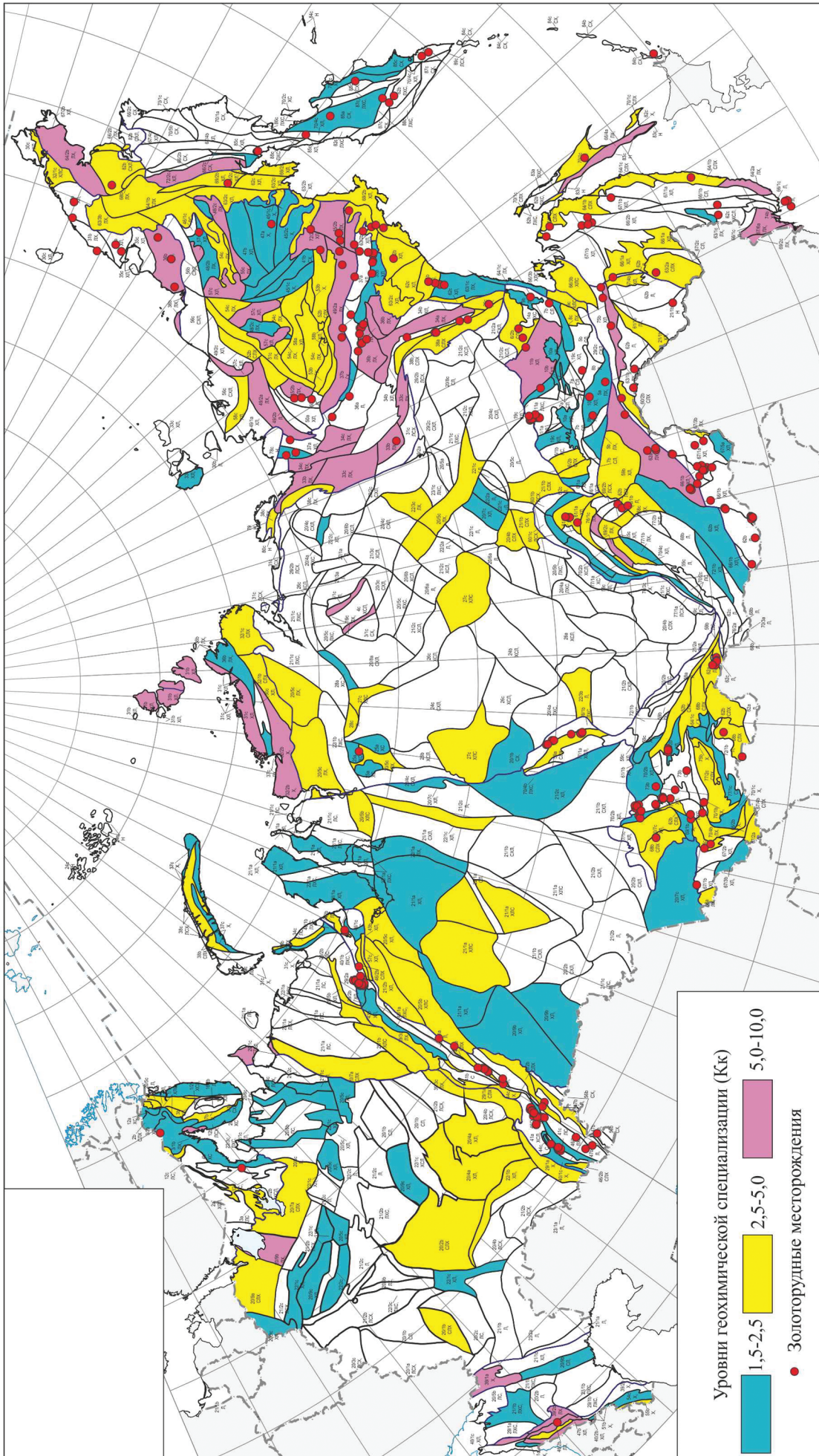


Рис. 4. Карта размещения геохимически специализированных на золото СВК России м-ба 1 : 15 000 000

**Продуктивность тектонических структур
территории России на золотое оруденение**

Тектонические структуры	N	K _n	Геохимический тип
<i>Кристаллические щиты</i>			
Сутуры	9	5,22	C ₂₁ X ₃₆ Л ₄₃
Впадины	3	5,00	X ₃₃ Л ₆₇
Аллохтоны	8	3,62	C ₁₃ X ₄₀ Л ₄₇
Коллаж террейнов	2	3,00	C ₁₁ Л ₄₄ X ₄₅
Вулкано-тектонические прогибы	2	3,00	C ₃₃ Л ₃₃ X ₃₄
Автохтоны	7	2,14	Л ₃₀ X ₃₃ C ₃₇
Средневзвешенное	31	3,80	C ₁₉ X ₃₈ Л ₄₃
<i>Плиты</i>			
Ступени	4	5,00	X ₂₅ Л ₃₃ C ₄₂
Поднятия, своды, валы	20	3,75	C ₉ Л ₄₅ X ₄₆
Моноклинали	5	3,40	C ₁₉ Л ₃₃ X ₄₈
Прогибы, впадины	21	3,29	C ₃₀ X ₃₄ Л ₃₆
Авлакогены	11	3,27	X ₄₂ Л ₅₈
Средневзвешенное	61	3,55	C ₂₀ X ₃₉ Л ₄₁
<i>Складчатые области</i>			
Синклинии	17	6,41	C ₁₁ Л ₃₀ X ₅₉
Вулкано-тектонические прогибы	21	5,86	C ₆ X ₄₅ Л ₄₉
Моноклинии	21	5,52	C ₉ Л ₃₃ X ₅₈
Ступени	8	5,37	C ₄ Л ₂₆ X ₇₀
Антиклинории ± ВТД	34	5,29	C ₇ Л ₃₁ X ₆₂
Выступы фундамента ± ВТД	29	4,45	C ₄ Л ₂₉ X ₆₇
Вулкано-тектонические дуги (ВТД)	11	4,36	C ₅ Л ₃₉ X ₅₆
Надвиговые призмы	4	4,00	Л ₂₅ X ₇₅
Аллохтоны ± ВТД	17	3,35	C ₂₀ Л ₃₃ X ₄₇
Прогибы, впадины	11	3,18	C ₃ Л ₃₉ X ₅₈
Средневзвешенное	173	4,75	C ₇ Л ₃₃ X ₆₀

Примечания: 1. N – объём выборки. 2. Коэффициент продуктивности

$$K_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_k^i$$

где n – количество химических элементов, входящих в группу накопления, K_kⁱ – кларк концентрации элемента i.

– источником золота являются углеродистые сланцы, битуминозные известняки, соленосные отложения широкого возрастного диапазона;

– мобилизация и переотложение золота связаны с процессами мезозойской тектоно-магматической активизации, проявившейся не только в плитном комплексе, но и в «Золотом поясе» складчатого обрамления Сибирской платформы, включая Енисейский кряж (Олимпиадинское месторождение), Восточный Саян (Зун-Холбинское месторождение), Байкало-Патомское нагорье (Котерский синклиний);

– наиболее благоприятны для локализации золотого оруденения авлакогены, поднятия, своды и валы, ступени (флексуры) как центры эндогенной активности, в фундаменте которых проявлены геохимически специализированные на золото геологические образования. По мнению В. И. Сизых, структуры положительного знака в плитном комплексе Сибирской плиты коррелируются с выступами пластин кристаллического фундамента [15].

Структурами положительного знака на Сибирской плите (рис. 4) являются Сунтарское, Бахтинское, Янгодо-Горбинское поднятия, Ахтарандинская и Боярская ступени, Кемпендяйский и Иркинеевский авлакогены.

Показательно, что большинство исследователей, характеризующих россыпное золото, делают акцент на близости его коренных источников (т. е. в плитном комплексе), даже появился оригинальный термин – россыпное золото субрудного облика [12].

Представляют интерес также данные о золотоносности плитных комплексов Русской и Западно-Сибирской плит (рис. 4). Важно отметить, что рассматриваемая карта позволяет оценить минерагенический потенциал территории России и по другим рудным элементам, учтенным в легенде (рис. 1, 2). Применительно к плитным структурам показательно многообразие рудно-геохимических данных по урану, приведенных в тезисах докладов Международного симпозиума по геологии урана [19].

Авторы выражают глубокую благодарность коллегам Е. А. Киселеву и А. Ф. Карпузову, которые творчески и активно содействовали подготовке Атласа, а также специалистам в области компьютерной картографии Ю. А. Арестову и А. С. Афонину.

1. Атлас карт геологического содержания зоны Байкало-Амурской магистрали / Ред. Л.И. Красный. – Л.: Б.и., 1988.

2. Геохимическая карта территории СССР масштаба 1 : 10 000 000 / Гл. ред. А.А. Смыслов. – Л.: ВСЕГЕИ, 1982.

3. *Горошко М.В., Гурьянов В.А., Бердников Н.В., Кириллов В.Е.* Золотоносность вулканоплутонических зон юго-востока Сибирской платформы и физико-химические условия образования месторождений // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28. № 6. – С. 3–22.

4. *Знамяковский В.Н.* Ртутная и ассоциирующая с ней минерализация на юге Сибирской платформы // Сов. геология. 1966. № 12. – С. 11–20.

5. *Избеков Э.Д., Подъячев Б.П., Разин Л.В.* Проблема выявления в пределах Анабаро-Алданского кратона Сибирской платформы аналогов золотых гигантов с попутной платиновой металлогеноносностью – месторождений типа Витватерсранда // Известия Секции наук о Земле РАЕН. – М.: МГУ, 2006. Вып. 14. – С. 19–28.

6. *Комарова М.З., Козырев С.М., Лялюк В.А., Симонова В.Ф.* благороднометаллоносные месторождения медистых песчаников Игарского района // Сб. науч. трудов. Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI в. Т. 3. Кн. 2. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. – С. 307–313.

7. Комплект геохимических и эколого-геологических карт России / Гл. ред. В.П. Орлов, Э.К. Буренков, Г.С. Вартамян. – М.: ВСЕГЕИ, ИМГРЭ, ВСЕГИНГЕО, ЦНИГРИ, 1995.

8. *Летунов С.П., Морозов М.А.* Геодинамические закономерности локализации золотого оруденения на юге Восточной Сибири // Отечеств. геология. 1995. № 6. – С. 25–31.

9. *Малых В.С.* О мезозойской активизации Байкальской складчатой области // ДАН СССР. 1970. Т. 194. № 1. – С. 175–178.

10. Методические рекомендации по составлению легенд к полиэлементным геохимическим картам / Под ред. А.А. Смылова, В.А. Рудника, Л.А. Полуниной. – Л.: ВСЕГЕИ, 1985. – 140 с.

11. Национальный атлас России. Т. 2. Природа. Экология. – М.: Б.и., 2007. – С. 72–75.

12. *Никифорова З.С., Герасимов Б.Б.* Прогнозирование рудных источников золота в бассейне р. Эбелях (северо-восток Сибирской платформы) // Материалы IV Между-

нар. симп. «Золото Сибири: геохимия, технология, экономика». – Красноярск: КНИИГиМС, 2006. – С. 71–72.

13. Основные принципы и методика радиогеохимического картирования горных пород / Науч. ред. А.И. Семенов, А.А. Смыслов. – Л.: ВСЕГЕИ, 1968. – 138 с. (Тр. ВСЕГЕИ. Новая серия. Т. 164).

14. *Покровский Е.В.* Золотоносность средне-верхнекембрийских отложений в юго-западной части Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1968. № 11. – С. 115–120.

15. *Сизых В.И.* О природе валообразных поднятий осадочного чехла юга Сибирской платформы // Докл. РАН. 1995. Т. 342. № 6. – С. 792–795.

16. *Склярова Г.Ф.* Красноцветные меденосные отложения юго-запада Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 1977. – 123 с.

17. Схема тектонического районирования России м-ба 1 : 5 000 000. Объясн. зап. / Гл. ред. А.Ф. Морозов. – М.: МПР РФ, 2001.

18. *Трушков Ю.Н., Избеков Э.Д., Томская А.И., Тимофеев В.И.* Золотоносность Вилюйской синеклизы и ее обрамления. – Новосибирск: Наука, 1975. – 148 с.

19. Уран на рубеже веков: природные ресурсы, производство, потребление: Тез. докл. Междунар. симп. по геологии урана (Москва, 29 ноября – 1 декабря 2000 г.). – М.: ВИМС МПР, 2000. – 184 с.

20. *Филоненко В.П., Макаров С.И., Обозная В.А.* Золото в истоках реки Илимпеи // Вопросы минералогии, петрографии и геохимии Красноярского края: Материалы Красноярского отделения ВМО. Вып. 3. – Красноярск: Б.и., 1975. – С. 116–119.

21. *Щеглов А.Д.* Основы металлогенического анализа. – М.: Недра, 1980. – 431 с.

22. *Эринчек Ю.М., Кирсанов А.А., Литвинова Т.П.* и др. Создание Атласа сводных карт территории России («Космический образ России», «Атлас геофизических карт России», «Атлас геохимических карт России») // Изв. ВСЕГЕИ. 2006. Т. 6 (54). – СПб., 2008. – С. 48–60.

Петров Олег Владимирович – доктор экон. наук, канд. геол.-минер. наук, ген. директор, ВСЕГЕИ. <vsmdir@vsegei.ru>.

Морозов Андрей Федорович – канд. геол.-минер. наук, зам. руководителя, Роснедра. <amorozov@rosnedra.com>.

Беляев Геннадий Михайлович – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <gennady_belyaev@vsegei.ru>.

Эринчек Юрий Маркович – канд. геол.-минер. наук, зам. ген. директора, ВСЕГЕИ. <Yuri_Erinchek@vsegei.ru>.

Юрченко Юрий Юльевич – канд. геол.-минер. наук, ст. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <yuri_yurchenko@vsegei.ru>.