

Дивергенция и конвергенция признаков золотоносности провинций со стратоидными месторождениями золота в черносланцевых формациях

Приведены сведения о сходстве (конвергенции) и различиях (дивергенции) геолого-структурных обстановок нахождения полистадийно-полигенно-полихронных стратоидных месторождений золотоуглеродистого семейства в провинциях складчатого обрамления Сибирской платформы с разновозрастными (от протерозоя до мезозоя включительно) черносланцевыми формациями и их сульфидсодержащими фациями. Сделан вывод об однотипности прогнозно-поискового комплекса работ по поискам и оценке перспектив золотоносности черносланцевых формаций с необходимостью его адаптации к конкретным геолого-структурно-формационным обстановкам.

Ключевые слова: стратоидные месторождения золотоуглеродистого семейства, черносланцевые формации, фации, провинции, обрамление Сибирской платформы.

КОНКИН ВИКТОР ДМИТРИЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, konkin@tsnigri.ru

ДОНЕЦ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, donets@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

Divergence and convergence of gold potential signs in provinces with strata gold deposits in black shale formations

V. D. KONKIN, A. I. DONETS

Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow

Information is provided on the similarity (convergence) and differences (divergence) of the geological and structural settings of the formation of polystage-polygenic-polychronic strata deposits of the gold-carbon series in the provinces of the folded frame of the Siberian Platform with black shale formations of different ages (from the Proterozoic to the Mesozoic inclusive) and their sulfide-bearing facies. The conclusion is made about the uniformity of the predictive-exploration complex of works on prospecting and evaluating the prospects for gold content in black shale formations with the need to adapt it to specific geological-structural-formational conditions.

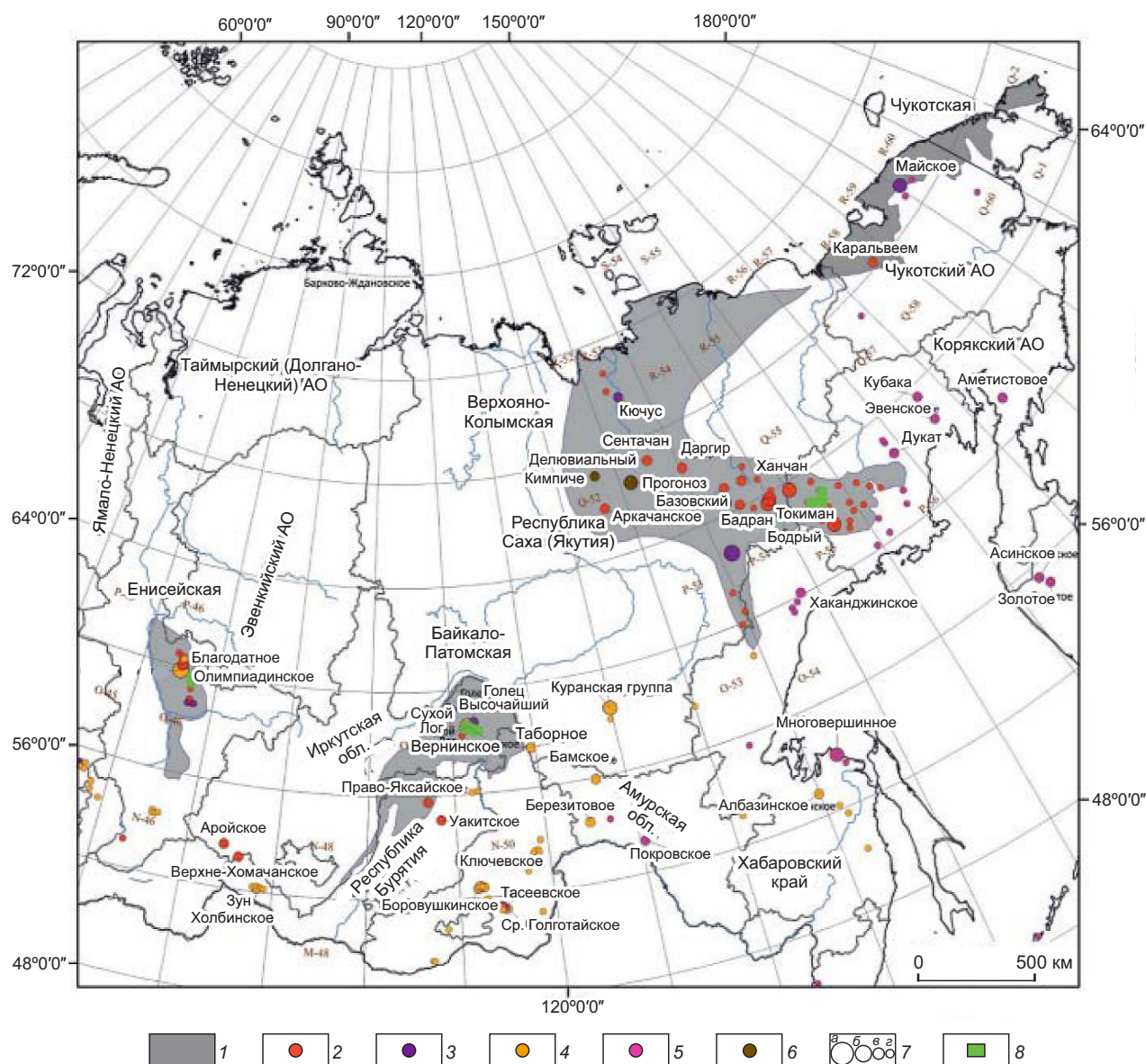
Key words: strata deposits of the gold-carbon family, black shale formations, facies, provinces, framing of the Siberian platform.

Под термином «стратоидные месторождения золота» автор понимает семейство золоторудных месторождений в терригенных и карбонатно-терригенных (*черносланцевых*) толщах флишоидного строения с рудными телами золото-кварц-сульфидной, золотосульфидной, золото-малосульфидно-кварцевой и золотокварцевой рудных формаций с жильно-прожилковыми, прожилково-вкрапленными и жильными телами, локализованными в горизонтах различных стратиграфических уровней разреза с черносланцевыми толщами.

Конвергенция, согласно общему определению, – это развитие различных по природе процессов, в том

числе геологических, в сходном направлении и приобретение ими сходных признаков в одинаковых обстановках. Этот феномен проявлен, к примеру, в формировании однотипных золоторудных месторождений в черносланцевых формациях, развивавшихся в различных геодинамических обстановках Енисейской, Ленской, Верхояно-Колымской и Чукотской провинций (см. рисунок).

Дивергенция как противоположность конвергенции – это различие признаков сходных по сути процессов, проявляющееся при изменении обстановки. В геологическом аспекте дивергенция проявлена в различных наложенных преобразованиях, которые



Металлогенетические провинции Сибири и Востока России с золоторудными месторождениями в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных (черносланцевых) толщах (А. И. Иванов и др., 2016):

1 – металлогенетические провинции с золотоносными черносланцевыми толщами и их названия; 2–6 – рудно-формационные типы (подтипы) месторождений: 2 – золото кварцевый, 3 – золото-сульфидно-кварцевый, 4 – золото(мышьяковисто)-сульфидный, 5 – золото-серебряный, 6 – золото-сурьмяный; 7 – класс месторождений по запасам: а – уникальные, б – крупные, в – средние, г – мелкие; 8 – лицензионные площади поисковых работ ФГБУ «ЦНИГРИ» в 2013–2015 гг.

затушёвывали сходство и генетическую общность минеральных ассоциаций.

В работе А. А. Сидорова [9, с. 837] было отмечено, что термин «конвергентность» скрывает историю происхождения многих минеральных образований. Поэтому исследователь, обнаружив какие-то свойства вещества, ту или иную закономерность его формирования, не торопится на этой основе делать окончательное заключение о его генезисе – лишь осто-

рожно выдвигает рабочую гипотезу. В этом глубокая мудрость наук о Земле, накопивших монбланы эмпирических знаний и не претендующих на обладание истиной в последней инстанции.

В связи с неоднозначностью определения генетической концепции формирования отдельных золоторудных месторождений анализ генетических представлений о формировании стратоидных месторождений золотоуглеродистого семейства авторы

оставили за рамками обсуждения и придерживаются схемы Н. К. Курбанова и Н. А. Фогельман [7], согласно которой рассматриваемое семейство месторождений составляет *конвергентный ряд полистадийно-полигенно-полихронных* объектов, формирование которых определялось длительно развивавшимися совмещёнными в пространстве процессами седиментации, диагенеза, метаморфизма, орогенеза, магматизма и метасоматоза.

Анализ разномасштабной геологической, металлогенической, геохимической и геофизической информации по геолого-поисковым обстановкам нахождения стратоидных месторождений золотоуглеродистого семейства в провинциях складчатого обрамления Сибирской платформы с разновозрастными (от протерозоя до юры включительно) черносланцевыми формациями *показал, что их локализация и строение определяются сочетанием разномасштабных* (от региональных до локальных) групп геологических факторов различной природы, полистадийно проявляющихся на различных этапах формирования *рудовмещающих* структурно-вещественных комплексов.

В представленной работе обсуждаются факторы, необходимые для выявления и оконтуривания золоторудных полей со стратоидными месторождениями золота. Среди таких факторов выделяются региональные и локальные.

1. Группа региональных факторов, характеризующих геотектонические и геологические обстановки накопления золотоносных черносланцевых формаций, включает сочетание:

1.1. Палеотектонических и геодинамических, обуславливающих накопление рудовмещающих толщ черносланцевой группы формаций в латерально-вертикальных рядах геологических формаций в рифтогенных и надрифтовых прогибах на шельфе и склоне континентальной окраины с рассеянным спредингом и задуговых бассейнах с островодужным (эвгеосинклинальным) режимом осадконакопления терригенно-вулканогенных формаций, что отражено в работах А. И. Иванова, А. А. Сидорова и других исследователей Енисейского, Мамско-Бодайбинского и Верхояно-Яно-Колымо-Чукотского регионов [3–5, 8–11 и др., в том числе и в работах авторов].

Такие ряды синхронного терригенного и вулканогенного осадконакопления установлены для *нижнепротерозой-среднерифейских* прогибов Енисейской провинции, для Ленской – в *нижнепротерозой-рифей-вендских* прогибах. Для Верхоянской, Яно-Колымской и Чукотской (ВЯКЧ) провинций наличие таких рядов *предполагается для палеозойских прогибов с девон-пермским и возможно мезозойскими* островодужными комплексами.

Предполагается, что с вулканогенной гидротермальной активностью связано формирование *рассеянной сульфидной минерализации (в том числе слабозолотоносной пиритовой и арсенипиритовой)* на различных стратоевровнях накопления черносланцевых формаций этих провинций [1–5]. Отметим, что природу накопления рассеянной вкрапленности сульфидов исследователи связывают как с вулканогенно-гидротермальными источниками, так и с органической деятельностью и биологической (бактериальной) сульфатредукцией сульфата серы из морской воды, что приводит к образованию глобулярного пирита, микро- и макроконкреций в рудовмещающих черносланцевых толщах.

1.2. Литолого-фациальных, выраженных в накоплении флишоидных или относительно монотонных толщ терригенного, карбонатно-терригенного и туфогенно-карбонатно-терригенного составов, с фациями, несущими рассеянную вкрапленность сульфидов (в том числе золотоносных) на различных стратоевровнях. Общая мощность стратифицированных толщ в структурно-формационных зонах варьирует от 1,5 до 15 км и сложена мезаритмами от первых десятков до первых сотен метров.

Для Енисейской и Ленской провинций характерно наличие в разрезах карбонатных горизонтов и карбонатной составляющей в рудовмещающих металево-ролито-песчаных толщах, которые в меньшей степени проявлены в палеозой-мезозойских толщах ВЯКЧ провинций. Основные элементы формационно-фациального составов и строения рудовмещающих черносланцевых толщ отражены в работах В. В. Аристовой, А. И. Ивановой, А. И. Забияка и др.

1.3. Метаморфических (регионального метаморфизма) – зоны в границах изоград хлорита, биотита, граната и ставролита; необходимо отметить различия в степени метаморфизма рудовмещающих толщ флишоидного строения – преимущественно зеленосланцевый (до амфиболитовой фации) проявленный в толщах Енисейской и Ленской провинций. Для толщ Яно-Колымо-Чукотских провинций преобладает метаморфизм преимущественно пренит-пумпелитовой фации.

Исключая степень метаморфизма вмещающих пород, литологический состав терригенных, карбонатно-терригенных толщ флишоидного строения во всех провинциях сходен, а их вариации по составу и строению фиксируются в составе стратиграфических подразделений ранга свит и подсвит. При этом золоторудные месторождения локализуются на различных литолого-фациальных уровнях флишоидного разреза даже в пределах единой свиты, что было отражено в многочисленных публикациях [2, 3, 6, 7, 8, 11 и др.].

1.4. Структурно-тектонических – разнопорядковых зон складчатых деформаций (ЗСРД) и вязких разломов различной морфологии в сочетании с дизъюнктивными нарушениями различной кинематики, обуславливающими складчатое (мегаантиклинорное и мегасинклинорное) линзовидно-блоковое строение структурно-формационных комплексов с рудовмещающими черносланцевыми формациями.

Для провинций характерно также наличие зон шовных разломов глубинного заложения, сформировавшихся в седиментационный этап и неоднократно подновлявшихся при тектоно-магматической активизации с формированием сбросо-сдвиговых и взбросо-надвиговых систем различной ориентировки. Ширина зон влияния разломов оценивается до первых десятков километров [8].

Особенности строения сложноскладчатых структурно-формационных зон индивидуальны для каждой провинции. В частности, для центральной части Ленской провинции (область Бодайбинского золоторудного района) характерны складчатые деформации с крутыми осевыми плоскостями на его южном фланге, которые к северному флангу сменяются на складчатые деформации с относительно пологими осевыми плоскостями изоклинальных и асимметричных складок второго и третьего порядков. Для провинций ВЯКЧО наряду с вышеуказанными типами складчатости развита брахоформная и горстобразная складчатость, наиболее отчётливо проявленная на южном фланге Верхоянской провинции.

1.5. Магматических – различных типов проявления термо-купольных и интрузивно-купольных структур овальной и (или) удлинённо-линзовидной морфологии, связанных с формированием скрытых и (или) слабоэродированных разновозрастных интрузий гранитоидов, в том числе малых интрузий с ареалом даек пёстрого состава. Последняя обстановка, в отличие от Енисейской и Ленской провинций, наиболее характерна для золоторудных объектов в отдельных золотоносных структурно-формационных зонах (СФЗ) Яно-Колымской и Чукотской провинций.

По степени насыщенности гранитоидами структурно-металлогенических зон (СМЗ) выделяются зоны с нескрытыми гранитоидами (амагматичные?) и зоны с отчётливо проявленными на эрозионном срезе очагами гранитоидного магматизма (до-, син- и пострудные). Примером такого строения могут служить «амагматичная» Верхоянская СМЗ и насыщенная гранитоидами Иньяли-Дебинская СМЗ, а также соответственно Восточная СМЗ и Центрально-Татарская СМЗ в Енисейской провинции.

Вместе с тем зоны как со вскрытыми очагами гранитоидного магматизма с малыми интрузиями гра-

нитоидов, так и интерпретируемые как «амагматичные» характеризуются наличием продуктивных на локализацию горизонтов с золоторудной минерализацией с жильно-прожилковой и прожилково-вкрапленной текстурами в черносланцевых толщах с полистадийным формированием крупных (до уникальных) по масштабам запасов металла месторождений (Олимпиадинское и Советское в Енисейской провинции, Сухой Лог, Вернинское и Невское в Ленской провинции).

Необходимо отметить, что с гранитоидным магматизмом связано формирование над- и околоинтрузивных зон с комплексом малых интрузий гранитоидного ряда и ареалом даек «пёстрого» состава, с гидротермальной деятельностью которых связано поступление дополнительных полиметалльно-золотоносных растворов, обуславливающих формирование новых золоторудных концентраций. Это наиболее характерно для золоторудных полей Чукотской провинции (месторождение Майское).

2. Группа локальных факторов, отражающих постдиагенетические процессы преобразования рудовмещающих толщ и обуславливающих локализацию в них золоторудных месторождений. Среди них – наличие вышеупомянутых зон складчато-разрывных деформаций (ЗСРД) с проявлением повышенного тектонического расщепления, разногенетических метаморфогенно- и гидротермально-метасоматических образований, в том числе сопровождающих становление гранитоидных интрузий. С последними связано поступление дополнительных порций полиэлементных ($As \pm Ag \pm W \pm Sb \pm Mo \pm Ni$ и других) золотоносных флюидов в области накопления первичной рассеянной золотоносной минерализации.

Совмещение в пространстве золотоносных черносланцевых формаций, ЗСРД, зон метасоматитов железо-магнезиально-карбонатного состава (бурошпатизации), сульфидизации, син- и постгранитных метасоматитов березит-лиственитового составов, разнообразной по составу прожилково-вкрапленной и жильно-прожилковой минерализации определяет формирование и размещение стратоидных золоторудных месторождений с промышленно значимыми концентрациями золота в минерализованных зонах с золоторудными телами различной минералого-геохимической специализации [1–4].

При этом состав и морфология выявленных золоторудных месторождений принципиально сходны, за исключением сопутствующих элементов примесей, зависящих от металлогенической специализации гранитоидных комплексов в провинциях. В частности, для Западно-Верхоянской металлогенической зоны характерны примеси $Ag-Pb-Zn-Au$,

Сопоставление характеристик основных элементов-признаков золотоносности провинций со стратонидными месторождениями золота в черносланцевых формациях

Элементы-признаки золотоносности	Провинции			
	Енисейская	Ленская	Верхоянская	Яно-Кольмская
				Чукотская
Палео-геотектоническая обстановка формирования черносланцевых формаций	Окраинные и задуговые бассейны протерозой-риффе на шельфе и склоне континентальной окраины с рассеянным спредингом		Окраинные и задуговые бассейны палеозой-мезозоя на шельфе континентальной окраины с рассеянным спредингом	
Региональная геотектоническая позиция	Складчатое докембрийское обрамление Сибирской платформы с проявлением процессов полистадийной тектоно-магматической активизации		Складчатое палеозой-мезозойское обрамление Сибирской платформы в зоне влияния ТМА Охотско-Чукотского вулканогенно-плутонического пояса	
Современный структурный план	Сочетание докембрийских мегаантиклинорных, мегасинклинорных структур и разномасштабных блоков комплекса основания («срединных массивов»)		Сочетание палеозой-мезозойских антиклинорных и синклинорных структур и разномасштабных блоков комплекса основания («срединных массивов»)	
Основные региональные рудовмещающие структуры	Относительно узкие антиклинали (преимущественно их крылья, реже замки складок и их осевые зоны второго и более высоких порядков) в сочетании с зонами оборо- и взбросо-надвиговых нарушений (зоны складчато-разрывных дислокаций – ЗСРД)		Относительно узкие антиклинали (преимущественно их крылья, реже замки складок и их осевые зоны второго и более высоких порядков) в сочетании с зонами оборо- и взбросо-надвиговых нарушений (зоны складчато-разрывных дислокаций – ЗСРД)	
Формационные ряды рудовмещающих формаций	Лагерально-вертикальный ряд терригенно-карбонатно-сланцевых, в том числе углеводородно-сланцевых, формаций флишовой структуры в рифтогенных и надрифтогенных прогибах с терригенно-вулканогенными формациями задуговых прогибов, формировавшихся синхронно с островодужными вулканогенными комплексами формаций	Лагерально-вертикальный ряд терригенно-карбонатно-сланцевых, в том числе углеводородно-сланцевых, формаций флишовой структуры в рифтогенных и надрифтогенных прогибах с терригенно-вулканогенными формациями задуговых прогибов, формировавшихся синхронно с островодужными вулканогенными комплексами формаций	Вертикальный ряд терригенно-сланцевых (преимущественно терригенных флишовой и турбидитовых) формаций с фазами рифтогенных и надрифтогенных прогибов. Формационные лагеральные ряды геологических формаций не изучались. Лагеральная связь терригенно-сланцевых формаций, в том числе вмещающих золотое оруденение, с синхронными им вулканогенными формациями предполагается	
Рудовмещающие формации	Флишовая углеводородсодержащая карбонатно-песчаносланцевая, туфогенно-карбонатно-сланцевая и вулканогенно-карбонатно-сланцевая углеводородсодержащие	Флишовая углеводородсодержащая терригенная, карбонатно-терригенная, туфогенно-карбонатно-терригенная	Флишовая песчано-сланцевая углеводородсодержащая (турбидитовая) и песчано-сланцевая углеводородсодержащая	Песчано-алевро-сланцевая углеводородсодержащая (черносланцевая), флишовая песчано-сланцевая углеводородсодержащая (аспидная)
Геологический возраст рудовмещающих толщ	От нижнего протерозоя до среднего рифея включительно	От нижнего протерозоя до венда включительно	Каменноугольно-пермский	Пермский
				Девон-триасовый

Окончание таблицы

Элементы-признаки золотоносности	Провинции			
	Енисейская	Ленская	Верхоянская	Яно-Кольмская
Степень метаморфизма	От зеленосланцевой до эпидиот-амфиболитовой с сохранением текстурных особенностей вмещающих пород	От пренит-пумпелеитовой до зеленосланцевой фации с сохранением глинистых минералов	Верхоянская	Яно-Кольмская
Интрузивный магматизм и его возраст	От зеленосланцевой до эпидиот-амфиболитовой с сохранением текстурных особенностей вмещающих пород	От пренит-пумпелеитовой до зеленосланцевой фации с сохранением глинистых минералов	Верхоянская	Яно-Кольмская
Гидротермально-метасоматические преобразования	От зеленосланцевой до эпидиот-амфиболитовой с сохранением текстурных особенностей вмещающих пород	От пренит-пумпелеитовой до зеленосланцевой фации с сохранением глинистых минералов	Верхоянская	Яно-Кольмская
Минералого-геохимические	От зеленосланцевой до эпидиот-амфиболитовой с сохранением текстурных особенностей вмещающих пород	От пренит-пумпелеитовой до зеленосланцевой фации с сохранением глинистых минералов	Верхоянская	Яно-Кольмская
Ведущие золоторудные формации и (минералого-геохимический тип)	От зеленосланцевой до эпидиот-амфиболитовой с сохранением текстурных особенностей вмещающих пород	От пренит-пумпелеитовой до зеленосланцевой фации с сохранением глинистых минералов	Верхоянская	Яно-Кольмская
Ведущие элементы-примеси руд типовых месторождений	От зеленосланцевой до эпидиот-амфиболитовой с сохранением текстурных особенностей вмещающих пород	От пренит-пумпелеитовой до зеленосланцевой фации с сохранением глинистых минералов	Верхоянская	Яно-Кольмская
Типовые золоторудные месторождения	От зеленосланцевой до эпидиот-амфиболитовой с сохранением текстурных особенностей вмещающих пород	От пренит-пумпелеитовой до зеленосланцевой фации с сохранением глинистых минералов	Верхоянская	Яно-Кольмская

для Южно-Верхоянской – Au-Ag-Pb-Zn, Куларской – Au-Sb-Hg.

Отметим, что поисковые признаки стратоидных золоторудных месторождений в черносланцевых формациях упомянутых и других провинций определяются сочетанием в пространстве следующих конвергентных признаков:

2.1. *Литолого-фациальных* – углеродсодержащих и безуглеродистых терригенных и терригенно-карбонатных, в том числе туфо- и карбонатсодержащих, толщ с горизонтами, обогащёнными сингенетичной рассеянной вкрапленностью сульфидов (пирит ± арсениопирит, реже пирротин).

2.2. *Структурных (рудовмещающих)*:

- зоны сложнопостроенных неоднократно подновлявшихся разрывных нарушений различной кинематики; в том числе сбросы, сдвиги, надвиги, межпластовые срывы и участки дисгармоничной складчатости течения в призмковых частях разнопорядковых преимущественно антиклинальных складок;

- зоны складчато-разрывных дислокаций третьего и более высоких порядков;

- зоны «вязких» разломов (пластических деформаций в различных сочетаниях) с интервалами будинажа, развальцевания и тектонического разлинзования, а также зонами брекчий, приуроченных преимущественно к породам повышенной жёсткости, в том числе к ранним метаморфогенным кварцевым жилам.

2.3. *Магматических* – комплекс малых интрузий гранитоидного ряда (в том числе в скрытом залегании) с ареалом даек «пёстрого» состава; могут быть выявлены дайки гранитоидов и лампрофиров в различной степени березитизированные или лиственизированные; интенсивность изменений, как правило, незначительная, в околорудном пространстве сохраняются реликты исходных пород и достаточно отчётливо выявляются их первичные текстуры и структуры.

2.4. *Метасоматических* – зоны полистадийных гидротермально-метасоматических образований, включая сингенетичную сульфидизацию (преимущественно пирит ± арсениопирит) и карбонатизацию (преимущественно доломит-анкерит, обозначаемый обобщённым термином «*бурый шпат*») – образования березит-лиственитовой группы формации (в зависимости от состава рудовмещающих толщ) с жильно-прожилковой золотосульфидной и золотокарбонатной минерализацией;

2.5. *Геохимических* – сближенных аномалий вторичных ореолов рассеяния и потоков рассеяния золота (\pm) мышьяка, свинца, цинка, серебра, сурьмы и других элементов-спутников; интенсивность ореолов, их состав и морфология изменяются в зависи-

мости от уровня эрозионного среза и физико-географических условий локализации объекта исследования.

2.6. *Минералогических* – ареалы сульфидной, сульфидно-кварцевой, кварцевой и железисто-карбонатной прожилково-вкрапленной минерализации; количество сульфидов в рудах изменяется от 2 до 5%, редко достигая 10%; типоморфными рудными минералами являются тонкоиглочатый арсениопирит и мышьяковистый пирит, с которыми в некоторых месторождениях связана подавляющая (до 50–90%) часть дисперсного золота; содержание кварца в рудах находится в пределах 15–20%, лишь в ряде месторождений за счёт развития кварцевой жильно-прожилковой минерализации количество его достигает 50–70%, что отражается на технологических свойствах руд.

Указанные выше признаки (преимущественно фациальные и структурно-тектонические) находят своё отражение в *морфологии рудных тел* – преобладают плитообразные, линзообразные, лентовидные, седловидные (тип Бендиго) тела, имеющие размеры в десятки и первые сотни метров по мощности и от сотен метров до первых километров по протяжённости; реже встречаются столбообразные тела, обусловленные сопряжениями разноориентированных систем рудолокализирующих разрывов; подчинённую роль играют залежи вкрапленных и/или прожилково-вкрапленных руд, конформных слоистости.

Сопоставление характеристик основных признаков золотоносности провинций со стратоидными месторождениями золота в черносланцевых формациях отражены в таблице.

Из таблицы следует, что геологические обстановки локализации проявлений со стратоидными месторождениями золота в черносланцевых формациях *характеризуются преимущественно сходными признаками*, несмотря на значительные отличия возрастного диапазона их формирования, вариации структурно-тектонических особенностей строения латерально-вертикального ряда рудовмещающих формаций, а также степени метаморфизма рудовмещающих толщ и состава ведущих попутных элементов-примесей в золоторудных залежах.

Однако, при сходном, но разномасштабном накоплении в разных провинциях рудовмещающих черносланцевых толщ флишоидного строения в прогибах шельфа и склона континента *намечаются и их частные различия, выраженные:*

- в отсутствии (на современном уровне изученности) латерального ряда прогибов с миогеосинклинальным и синхронным ему островодужным режимом осадконакопления в пределах *Верхоянской, Яно-Колымской и Чукотской провинций (ВЯКЧ)* и его

наличием в *Енисейской и Ленской провинциях*;

- различными эпохами формирования рудовмещающих структурно-вещественных комплексов и проявлениями процессов гидротермальной деятельности, связанных с тектоно-магматической активизацией территорий, обусловленной внедрением гранитоидов *верхнерифейского и девонского времени* в Енисейской и Ленской провинциях и *мезо-кайнозойского времени* в провинциях ВЯКЧ области;

- различной минералого-геохимической специализацией проявлений со стратоидными месторождениями золота в черносланцевых толщах по ведущим элементам-примесям в рудных телах. Для рудных залежей в различных сочетаниях характерны:

- в *Енисейской* провинции – As, Sb, W, реже Mo, Ag, Hg, As, Ag, W, Pb, Zn, Sb, Cu;

- в *Ленской* – As, Ag, (реже Cu);

- в *Верхояно-Яно-Колымо-Чукотской* – As, Ag, W, Pb, Zn, Sb, Cu.

Вместе с тем геолого-структурные обстановки локализации проявлений со стратоидными месторождениями золота в рассматриваемых провинциях близки, что выражается в наличии:

- разнопорядковых сложно-складчатых деформаций терригенных, терригенно-карбонатных и туфогенно-карбонатно-терригенных толщ флишоидного строения (черносланцевых) с горизонтами сульфидсодержащих фаций;

- син- и посторогенного гранитоидного магматизма в позднерифей-палеозойские этапы в Енисейской и Ленской провинциях и мезозой-кайнозойские этапы в Верхоянской, Яно-Колымской и Чукотской провинциях;

- неоднократно-подновлявшихся разномасштабных зон тектонического расщепления;

- зон сочетания в пространстве разнообразных по составу золотоносных метасоматитов березит-лиственитового, железо-магнезиально-карбонатного составов и жильной, жильно-прожилковой и прожилково-вкрапленной золотокварцевой, золотосульфидно-кварцевой минерализации в различных сочетаниях на площадях конкретных месторождений;

- сближенных моно- и комплексных аномалий золота и сопутствующих элементов.

Полученные результаты о сходстве и различиях обстановок нахождения стратоидных месторождений золотоуглеродистого семейства в черносланцевых формациях с учётом индивидуальных особенностей строения золоторудных провинций, несмотря на их различия, определяют сходный комплекс видов и методов работ (ППК) на базе созданных в ЦНИГРИ в 1984 и 1987 гг. методических руководств по прогнозу, поискам и оценке золоторудных месторождений в черносланцевых толщах, которые

применяются при проведении поисковых и поисково-оценочных работ на рудное золото в Енисейской, Ленской, Верхоянской, Яно-Колымской и Чукотской провинциях в 2014–2021 гг. Этот комплекс с учётом степени изученности территорий базировался на ранее принятой стадийности ведения ГРР.

Вместе с тем учёт выявленных индивидуальных особенностей строения золоторудных провинций с золотоносными черносланцевыми формациями определяет необходимость его уточнения и адаптации к конкретным провинциям, а также дополнение к ранее предложенным методам выявления прямых признаков золотоносности; рекомендуется включить в состав работ новые технологии аэрокосмической съёмки, химико-аналитических исследований, а также усложнённые варианты проходки горных выработок и их опробования в районах с широким развитием перекрывающих рыхлых отложений и курумов, разрабатываемых в ЦНИГРИ А. И. Ивановым (проходка магистральных каналов на площадях с рыхлыми отложениями мощностью более 3 м со шлиховым и литохимическим опробованием информативного слоя делювия с шагом 40 (± 5) м из шурфов (копущей) всех выявленных зон с видимыми признаками метасоматических изменений).

Современный уровень поисковых работ свидетельствует о необходимости включения в обязательный поисково-оценочный комплекс следующих видов работ:

- топографо-геодезические работы с использованием спутниковой навигации систем GPS и ГЛОНАСС;

- комплексное дешифрирование аэрофотоснимков, космических снимков – создание дистанционной основы (МАКС) масштаба 1:25 000 для всей площади и 1:10 000 с данными дистанционного зондирования (ДЗЗ) со спектральными каналами (не менее 12 каналов) для выделения геологических (литологических, структурно-тектонических и др.) элементов строения площади работ и прослеживания минерализованных зон, установленных на стадии предшествующих работ – на локальных участках;

- наземные профильные и площадные геофизические работы с целью изучения разреза рудовмещающих образований и установления рудоконтролирующих структур;

- магниторазведка масштаба 1:25 000–1:5 000 в пешеходном или в аэроварианте (с использованием дрона);

- электроразведка методами ВП и ЕП по сети 200 × 20–100 × 20 м;

- электроразведка ЗСБ-МПП (петля 50 × 50 м), шаг по профилю 50 м, до глубины 250–300 м;

- электротомография ВП до глубины 200 м (по отдельным профилям);

- геохимические – метод анализа сверхтонких фракций (МАСФ) на локальных участках для оконтуривания потенциально золотоносных зон;
- химико-аналитические исследования (кроме атомно-абсорбционного, пробирного, спектрального количественного и золотоспектрального, при площадных геохимических работах использовать метод ICP-MS);
- изотопно-геохимические исследования сульфидов руд и вмещающих пород;
- структурно-поисковое бурение по опорным профилям.

Кроме того, на каждой поисковой площади необходимо проведение опытно-методических работ по применению новых методик геохимических и геофизических исследований, а также определение информативности аэрокосмических снимков с различным спектрами фиксации геофизических и геохимических полей применительно к конкретной геологической и физико-географической обстановке ведения работ.

Это, несмотря на увеличение стоимости поисковых работ, позволяет с более надёжной степенью достоверности оценить ресурсный потенциал изучаемой площади.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аристов В. В.* Структура распределения золоторудных объектов Яно-Колымской провинции. Выделение, интерпретация и прогнозное значение трендов и рудных линейментов // Геология и геофизика. – 2019. – Т. 60, № 8. – С. 100108–100125.
2. *Буряк В. А.* Источники золота и сопутствующих компонентов золоторудных месторождений в углеродсодержащих толщах // Геология рудных месторождений. – 1986. – Т. 28, № 6. – С. 31–43.
3. *Забияка А. И., Гусаров Ю. В.* Районирование Енисейской металлогенической провинции // Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири: сборник. – Красноярск: КНИИГиМС, 2002. – Вып. 3. – С. 80–89.
4. *Иванов А. И.* Золото Байкало-Патомы (геология, оруденение, перспективы). – М.: ФГБУ «ЦНИГРИ», 2017. – 215 с.
5. *Иванов А. И.* Рифейско-палеозойское рудообразование в Байкало-Патомской золоторудной провинции // Разведка и охрана недр. – 2009. – № 12. – С. 3–10.
6. *Конкин В. Д., Галямов А. Л., Донец А. И., Окулов А. В.* Стратиграфические уровни локализации золоторудных и свинцово-цинковых месторождений Енисейской и Ленской провинций // Руды и металлы. – 2019. – № 4. – С. 17–33.

7. *Курбанов Н. К., Фогельман Н. А.* Гетерогенность и конвергентные ряды месторождений золотоносных рудно-энергетических систем // Отечественная геология. – 1996. – № 1. – С. 11–20.
8. *Сазонов А. М., Ананьев А. А., Полева Т. В., Хохлов А. Н., Власова В. С., Звягина Е. А., Федорова А. В., Тишин П. А., Леонтьев С. И.* Золоторудная металлогения Енисейского кряжа: геолого-структурная позиция, структурные типы рудных полей // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: техника и технологии. – 2010. – Т. 3, № 4. – С. 371–395.
9. *Сидоров А. А.* Глубины и проклятия конвергенции // Вестник Российской академии наук. – 1996. – Т. 66, № 9. – С. 836–840.
10. *Сидоров А. А., Томсон И. Н.* Условия образования сульфидизированных черносланцевых толщ и их металлогения // Тихоокеанская геология. – 2000. – Т. 19, № 1. – С. 37–49.
11. *Фридовский В. Ю.* Структуры месторождений золота Верхояно-Колымской орогенной области: специальность 04.00.11 «Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений, металлогения»: дис. на соискание учён. степ. докт. геол.-минерал. наук / Фридовский Валерий Юрьевич. – Якутск: Изд-во ЯГУ, 1999. – 408 с.

REFERENCES

1. *Aristov V.V.* Struktura raspredeleniya zolotorudnykh ob'ektov Yano-Kolym'skoy provintsii. Vydeleniye, interpretatsiya i prognoznoye znachenie trendov i rudnykh lineamentov [Structure of distribution of gold objects in the Yano-Kolyma province. Identification, interpretation and predictive value of trends and ore lineaments]. *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics], 2019, V. 60, No. 8, pp. 100108–100125. (In Russ.)
2. *Buryak V.A.* Istochniki zolota i soputstvuyushchikh komponentov zolotorudnykh mestorozhdeniy v uglersoderzhashchikh tolshchakh [Sources of gold and associated components of gold deposits in carbon-bearing

strata]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits], 1986, V. 28, No. 6, pp. 31–43. (In Russ.)

3. *Zabiyaka A.I., Gusarov Yu.V.* Rayonirovaniye Yeniseyskoy metallogenicheskoy provintsii [Zoning of the Yenisei metallogenic province]. *Geologiya i mineral'nyye resursy Tsentral'noy Sibiri: sbornik* [Geology and mineral resources of Central Siberia: digest], Krasnoyarsk, KNIIGiMS publ., 2002, Is. 3, pp. 80–89. (In Russ.)
4. *Ivanov A.I.* Zoloto Baykalo-Patoma (geologiya, orudeneniye, perspektivy) [Gold of Baikal-Patoma (geology, mineralization, prospects)]. Moscow, TSNIIGRI publ., 2017, 215 p. (In Russ.)
5. *Ivanov A.I.* Rifeysko-paleozoy'skoye rudoobrazovaniye v Baykalo-Patom'skoy zolotorudnoy provintsii [Riphean-Paleozoic ore formation in the Baikal-Patomskaya gold

- province]. Razvedka i okhrana neдр [Exploration and protection of mineral resources], 2009, No. 12, pp. 3–10. (In Russ.)
6. *Konkin V.D., Galyamov A.L., Donets A.I., Okulov A.V.* Stratigraficheskiye urovni lokalizatsii zolotorudnykh i svintsovo-tsinkovykh mestorozhdeniy Yeniseyskoy i Lenskoy provintsiy [Stratigraphic levels of localization of gold and lead-zinc deposits in the Yenisei and Lena provinces]. *Rudy i metally* [Ores and metals], 2019, No. 4, pp. 17–33. (In Russ.)
 7. *Kurbanov N.K., Fogel'man N.A.* Geterogennost' i konvergentnyye ryady mestorozhdeniy zolotonosnykh rudno-energeticheskikh sistem [Heterogeneity and convergent series of deposits of gold-bearing ore-energy systems]. *Otechestvennaya geologiya* [Domestic geology], 1996, No. 1, pp. 11–20. (In Russ.)
 8. *Sazonov A. M., Anan'yev A. A., Poleva T. V., et al.* Zolotorudnaya metallogeniya Yeniseyskogo kryazha: geologo-strukturnaya pozitsiya, strukturnyye tipy rudnykh pole [Gold ore metallogeny of the Yenisei Ridge: geological and structural position, structural types of ore fields]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: tekhnika i tekhnologii* [Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies], 2010, V. 3, No. 4, pp. 371–395. (In Russ.)
 9. *Sidorov A. A.* Glubiny i proklyatiya konvergensii [Depths and Curses of Convergence]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences], 1996, V. 66, No. 9, pp. 836–840. (In Russ.)
 10. *Sidorov A. A., Tomson I. N.* Usloviya obrazovaniya sul'fidirovannykh chernoslantsevykh tolshch i ikh metallogeniya [Conditions for the formation of sulfidized black shale strata and their metallogeny]. *Tikhookeanskaya geologiya* [Pacific geology], 2000, V. 19, No. 1, pp. 37–49. (In Russ.)
 11. *Fridovskiy V. Yu.* Struktury mestorozhdeniy zolota Verkhoyano-Kolym'skoy orogennoy [Structures of gold deposits in the Verkhoyansk-Kolyma orogenic region]. *Yakutsk, YAGU publ.*, 1999, 408 p. (In Russ.)

Журнал «Отечественная геология» принимает участие в геологических конференциях, совещаниях, съездах в качестве информационного партнёра, освещая на своих страницах важные события отрасли.

Приглашаем к сотрудничеству представителей геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий, отраслевых научно-исследовательских, академических и образовательных институтов по вопросам размещения рекламы или издания целевого номера.