

### Минералого-геохимические типы и региональные геологические особенности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах

В.Д.КОНКИН, А.И.ДОНЕЦ, Г.В.РУЧКИН (Федеральное государственное бюджетное учреждение Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГБУ ЦНИГРИ); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1)

Рассмотрены минералого-геохимические типы стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах: сарданский, миссисипский, силезско-краковский, миргалимсайский, шалкиинский, горевский, барвинский, новоземельский и учкулачский. Охарактеризованы основные особенности состава руд и их минералого-геохимические типы. Показано, что руды рассматриваемых месторождений характеризуются различным набором и концентрациями сопутствующих элементов в зависимости от региональных условий накопления рудовмещающих карбонатных толщ.

*Ключевые слова:* свинцово-цинковые месторождения, геолого-промышленные типы месторождений, минералого-геохимические типы руд, рудовмещающие формации и фации, генезис месторождений.

Конкин Виктор Дмитриевич  
Донец Александр Иванович



metallogeny@tsnigri.ru  
metallogeny@tsnigri.ru

### Mineralogical-geochemical types and regional geological special characteristic of stratiform carbonate-hosted lead-zinc deposits

V.D.KONKIN. A.I.DONETS, G.V.RUCHKIN (Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals)

Carbonate-hosted stratiform lead-zinc deposits of various geologic types such as Sardansky, Mississippi Valley, Silesian-Cracow, Mirgalimsay, Shalkia, Gorevsky, Barvinsky, Novaya Zemlya and Uchculach are described. In addition, the main compositional features and mineral-geochemical ore types are characterized. These deposits are associated with exfiltering systems of chloride brines. The nature of metalliferous brines and metal mobilization and metal transportation form are analyzed.

*Key words:* carbonate-hosted lead-zinc deposits, geological and economic deposit types, mineral-geochemical ore types, ore-hosting formations and facies, genesis of deposits.

По классификации месторождений полезных ископаемых В.И.Смирнова [26], стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах (ССЦМ) относятся к телетермальному классу гидротермальных месторождений. Они пространственно тесно связаны с доломито-известняковыми, глинисто-доломито-известняковыми, кремнисто-доломито-известняковыми, реже туфогенно-доломито-известняковыми толщами, имеющими широкий возрастной диапазон (от рифея до миоцена включительно) формирования в платформенных интракратонных осадочных бассейнах и субплатформенных режимах перикратонных прогибов на шельфе и склоне континентов с рассеянным спредингом.

В работах отечественных и зарубежных исследователей [1, 3, 28] *стратиформные свинцово-цинковые*

*месторождения в карбонатных толщах* различных регионов мира классифицируются как стратиформные месторождения типа MVT и включают разные минералого-геохимические подтипы свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах Верхне-миссисипской долины, Юго-Восточного Миссури и Три-Стейт Северо-Американской платформы. К этой же рудной формации относятся стратиформные свинцово-цинковые месторождения Большекаратаской (Казахстан), Южно-Ферганской (Узбекистан), Центрально-Ирландской, Южно-Аппалачской (США), Силезско-Краковской (Польша) и ряда других провинций.

На территории России к регионам с широким развитием карбонатных толщ с месторождениями и рудопроявлениями свинцово-цинковых руд принадлежат

Юдомо-Майский, Пайхой-Новоземельский, Западного склона Урала, Байкало-Патомский (включая Прибайкальский пояс и Желиндинский рудный район), Ангаро-Большепитский Енисейского края, Приаргунский, Восточно-Саянский (Манский рудный район), обрамления Ханкайского, Колымского и Восточно-Чукотского массивов и, предположительно, отдельные проявления Дальнегорского и Ольгинского рудных районов Дальнего Востока.

Рудным залежам ССЦМ в карбонатных толщах присущ ярко выраженный сингенетично-эпигенетический облик, в отличие от месторождений колчеданно-полиметаллических стратиформных рудных залежей в углеродсодержащих карбонатно-терригенных толщах флишеидного строения с отчётливо проявленной сингенетичной природой первичного рудонакопления (тип SEDEX).

Для ССЦМ в карбонатных толщах установлены разноранговые элементы-признаки их геолого-тектонической позиции, особенностей строения рудовмещающих толщ, морфологии, минералого-геохимического состава рудных тел и другие, которые могут рассматриваться как классификационные, уточняющие рудноформационную и минералого-геохимическую типизацию месторождений и их рудных тел. К таким квалификационным элементам-признакам авторы считают целесообразным отнести следующие:

- палеотектоническую позицию накопления рудовмещающих формаций как внутри платформенных (внутриплитных) прогибов, так и в прогибах на шельфе и склоне континента с рассеянным спредингом;
- размещение рудовмещающих карбонатных (в том числе рифогенных и биогермных) фаций в латерально-вертикальных рядах бассейнов седиментации интракратонных и перикратонных прогибов на шельфе и склоне континентов с формированием в латеральном ряду синхронных им углеродисто-терригенно-карбонатных и карбонатно-терригенных фаций флишеидного строения;
- отсутствие, за исключением единичных случаев, магматических образований на площадях рудных полей и рудных районов;
- локализация рудных залежей в карбонатных и глинисто-карбонатных толщах на различных литолого-стратиграфических уровнях среди пластов с повышенным геохимическим фоном рудных элементов и многоярусное их размещение в рудовмещающем разрезе единичных бассейнов седиментации;
- морфология рудных тел – согласная пластообразная и линзовидная, субсогласная линзообразная, ленто-, плито- и мантиообразная, при подчинённой роли гнездообразных;
- текстурно-структурная особенность строения рудных тел – подчинённое количество слоистых и массивных руд при широком развитии полосчатых, прожилково-вкрапленных, брекчиевидных и экзотической бурундучной текстуры;

- однотипность и простота минерального состава рудных залежей – основные рудные минералы: галенит+сфалерит±пирит (как правило, в незначительных объёмах); широкий спектр попутных минералов в различных сочетаниях – рудных: халькопирит±борнит±арсенипирит±аргентит и другие, а также нерудных: барит±флюорит±кварц±сидерит±доломит±витерит;
- широкий спектр элементов-примесей в различных сочетаниях (серебро, германий, кадмий, индий, таллий, стронций, мышьяк, медь и другие);
- рудная матрица геологических тел, включающая основные рудные минералы (в зависимости от региональных палеотектонических условий накопления рудовмещающих толщ и состава рудоносных растворов) – доломитовая, известняково-доломитовая, сидеритовая, реже углеродсодержащая кремнистая;
- синрудные изменения (как правило, слабо проявленные) – доломитизация известняков, перекристаллизация доломитов (до сахаровидных), окварцевание, реже джаспероидизация известняков и гидрослюдизация глинистого материала;
- широкий диапазон изотопных характеристик серы сульфидов (от –18‰ до +35‰) с модальными значениями +20‰ (±5‰) в месторождениях интракратонных прогибов и +14‰ (±5‰) в рудных телах перикратонных прогибов на шельфе и склоне континентов с рассеянным спредингом;
- широкий разброс (280°–70°) температур минералообразования, часто с линзовидно-концентрической зональностью по латерали рудных тел;
- сингенетично-эпигенетичный генезис рудных залежей различных минералого-геохимических типов (отчётливая приуроченность рудных тел к карбонатным горизонтам с признаками метасоматического замещения вмещающих пород).

Перечисленные выше элементы-признаки позволили предшественникам объединить их в самостоятельную группу рудноформационного семейства – стратиформную свинцово-цинковую в карбонатных толщах рудную формацию. Вместе с тем эта формация достаточно разнообразна по индивидуальным особенностям обстановок формирования рудных залежей, морфологии руд и условиям их залегания, минералого-геохимическому составу руд и ряду других элементов-признаков [1, 7, 13–15, 19, 23, 25].

Классификация и типизация месторождений этого семейства с различными методическими подходами отражена в многочисленных отечественных и зарубежных публикациях. В частности, Д.И.Горжевский, П.Ф.Иванкин, А.Д.Щеглов и др. предложили выделять четыре типа месторождений этого семейства в зависимости от их региональной геотектонической позиции и локализации: 1) в перикратонных прогибах; 2) в чехлах древних (докембрийских) платформ; 3) в чехлах молодых (эпикаледонских и эпигерцинских) платформ; 4) в срединных массивах.

В.В.Поповым [19] предложена систематизация стратиформных свинцово-цинковых месторождений на геотектонической основе. Среди них выделяются две группы: *месторождения платформ и месторождения складчатых областей*. Дальнейшая систематизация основана на положении месторождений и их закономерных связях с крупными структурными единицами в пределах платформ и складчатых зон. Месторождения платформ ассоциируются с внутripлатформенными и краевыми прогибами, а также с эпиплатформенными рифовыми структурами. В.В.Попов также предложил учитывать возраст месторождений, выделяя среди них принадлежность к древним или молодым платформам.

К месторождениям складчатых областей отнесены объекты в складчатых миогеосинклинальных зонах, отделённых от платформ краевыми прогибами, и в складчатых зонах, сопряжённых со срединными массивами и субплатформенным типом структур в срединных массивах.

В упомянутой работе В.В.Попова отмечены и кратко охарактеризованы элементы минералого-геохимической специализации отдельных месторождений в зависимости от их региональной позиции. В частности, указано, что месторождения типовой обстановки долины реки Миссисипи (MVT) на Мидконтиненте (США) выявлены как собственно свинцово-цинковые рудные залежи, так и медно-свинцово-цинковые, флюорит-свинцово-цинковые и свинцово-цинковые баритовые. В.В.Попов также обратил внимание на возможную латерально-вертикальную связь месторождений рассматриваемого типа с фациями медистых песчаников.

Н.С.Скрипченко, учитывая литолого-фациальные особенности рудовмещающих толщ, выделил *три группы* месторождений, относящиеся к карбонатным толщам: слоистые, структур растворения (карстовые) и рифовые [25].

Аналогичную классификацию предложил и В.П.Феоктистов [2], который в зависимости от типа структурно-литологических коллекторов и морфологии рудных тел, выделяет также *три подтипа* стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных формациях: первый – пластовый или слоистый, представленный пластовыми рудными телами, залегающими согласно с вмещающими породами (Миргалимсай, Шалкия и др.); второй – выполнения разнообразных по форме полостей, в основном карстовых, представленных жильными гнездо-, трубо-, ленто-, пласто-, плито- и линзообразными залежами брекчиевых и колломорфных руд (Ачисай, район Три-Стейт и др.); третий – метасоматического замещения рифовых построек – зубчато выклинивающиеся линзовидные рудные тела, контролирующиеся конфигурацией и внутренней структурой рифовых сооружений (Пайн-Пойнт, месторождения Юго-Восточного Миссури и др.).

Р.Хатчинсон [28], используя тот же подход, выделил *четыре* наиболее важных и явно различающихся типа

месторождений по морфологии рудных тел: массивные пластообразные (конкордантные); стратOIDные гнездовидной и линзовидной морфологии; комбинациями стратOIDных, мантиообразных и трубообразных рудных тел; жильные и гнездовидные с серебром скарновые и полиметаллические (Fe, Cu, Pb, Au, Ag).

Наиболее полно комплекс информации о геолого-минералогических особенностях строения месторождений рассматриваемого типа был отражён в работе Э.И.Кутырева [17], в которой автор предложил выделять три минералого-геохимических типа стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах: барит-свинцовый и свинцово-цинковый в углеродисто-карбонатной слоистой формации (*миргалимсайский*), свинцово-цинковый в карстовой карбонатной рифовой формации (сарданский в Юдомомайской металлогенической зоне) и барит-флюорит-свинцово-цинковый в карстовой карбонатной слоистой формации (барвинский в Прибайкальском полиметаллическом поясе).

Заслуживает внимания и классификация В.В.Архангельской, Ф.И.Вольсона [1], которые предложили выделить рудные формации и субформации с минеральными типами, объединив в единую группу стратиформные низко- и среднетемпературные свинцово-цинковые месторождения. В эту группу были включены месторождения свинцово-цинковых руд как собственно стратиформные в карбонатных толщах (тип MVT), так и стратиформные месторождения типа SEDEX в углеродистых терригенных толщах и колчеданных (медно-)свинцово-цинковых руд в вулканогенных толщах (VMS). В соответствии с общепринятой классификацией рудных формаций цветных металлов, это три самостоятельные рудные формации и, соответственно, их геолого-промышленные типы.

Сложность типизации месторождений рассматриваемого типа обусловлена многообразием обстановок их формирования и определения принадлежности палеотектонических обстановок накопления рудовмещающих геологических формаций в латерально-вертикальных рядах с формированием рудовмещающих фаций со стратиформными месторождениями свинца и цинка в карбонатных толщах (тип MVT), в углеродистых карбонатно-терригенных толщах флишоидного строения (тип SEDEX) и терригенно-вулканогенных толщах (тип VMS).

Авторы настоящей публикации, проанализировав информацию отечественных и зарубежных исследователей о геологической позиции ССЦМ в карбонатных толщах, отмечают, что все исследователи фиксируют накопление рудовмещающих карбонатных толщ в обстановках платформенных и субплатформенных режимов. Они также установили, что такие режимы сопровождали осадконакопление рудовмещающих толщ как внутри континентальных прогибов, так и рифтогенных и надрифтогенных прогибов на шельфе и склоне

континента. Наиболее часто фиксируемые ряды синхронных рудовмещающих геологических формаций выявлены в задуговых бассейнах с прогибами на шельфе и склоне континентальных окраин. В частности, в прогибах, формировавшихся на шельфе и склоне континента в ряде рудных районов Западного Прибайкалья, Байкало-Патомского нагорья, Енисейского кряжа (РФ), Джунгарского Алатау (Казахстан), бассейна Селвин (США), Юго-восточного Китая и Австралии (бассейн Макартур), были установлены латерально-вертикальные ряды рудовмещающих карбонатных и углеродистых карбонатно-терригенных формаций соответственно со стратиформными месторождениями свинцово-цинковых руд (тип MVT) и колчеданно-полиметаллических (свинец+цинк+медь) руд в углеродистых карбонатно-терригенных толщах флишоидного строения (тип SEDEX) [1, 4, 12, 13, 22, 28].

Учёт приведённой краткой информации о геологии месторождений типа MVT позволил авторам уточнить их классификацию и выделить среди этого семейства следующие группы минералого-геохимических подтипов месторождений:

1. **Пирит(±халькопирит)-свинцово-цинково-баритовый с флюоритом в кремнисто-известняково-доломитовой формации (миссисипский MVT).** Месторождения приурочены к внутриконтинентальным впадинам древних платформ, представлены рудными телами в хемогенно-органогенных битумсодержащих известняках с кремнистыми прослоями и стяжениями, тонкослоистых водорослевых доломитах, кавернозных эпигенетических доломитах и залегают в отложениях от позднего кембрия до карбона включительно. Рудные тела ленто-, линзо-, плито- и мантиобразной морфологии с параметрами от 2–4×10–70 м до 100–1000 м, сложены пиритом (до 10%), галенитом (до 25%), сфалеритом (до 50%), флюоритом (до 15%) и характеризуются отношением Pb к Zn от 3:2 до 1:10. Основные элементы-примеси: кадмий, серебро, таллий, мышьяк, медь. Типовыми объектами служат месторождения Северо-Американской платформы (Мидконтинента) – Ламонт (юго-восток Миссури, США), Коупер (Вернемиссисипская долина, США), Джоупин (Три-Стейт, США), Лед-Хилл (Иллинойс-Кентукки, США), Мфуати, Дженгиле (среднего течения реки Ниари в Конго).

2. **Пирит-свинцово-цинковый в глинисто-доломито-известняковой формации (силезско-краковский).** Месторождения размещаются в надтроговых депрессиях на внутреннем и внешнем шельфе пассивных окраин молодых платформ. Рудные тела пласто-, линзо- и трубообразной морфологии с параметрами 3–30×40–400 м, сложены пиритом (15%), галенитом (25%) и сфалеритом (60%), локализуются в доломитах, слоистых доломитистых битумсодержащих известняках, эпигенетических доломитах и карбонатных брекчиях в отложениях от раннего карбона до неогена включительно [27]. Отношение свинца к цинку состав-

ляет 1:1–1:5. Основные элементы-примеси: кадмий, серебро, таллий, мышьяк, медь. Типовыми объектами служат месторождения: Сильвермайнс (Ирландия), Болеслав, Олькуш (Польша), Райбл (Италия), Блайберг (Австрия), Мезика (Словения), Туиссит (Марокко), Бу-Грин, Джамет (Тунис).

3. **Свинцово-цинковый с германием, иногда с флюоритом в глинисто-известняково-доломитовой формации (сарданский),** месторождения которого формировались в надрифтовых депрессиях на внутреннем и внешнем шельфе пассивной окраины древних платформ в период от рифея до ранней перми. Рудные тела ленто-, линзо-, плитообразной морфологии с параметрами от 5–20×50–220 м до 1–4×800–1200 м, сложены галенитом (30%), сфалеритом (60%) и флюоритом (10%), локализуются в битумсодержащих доломитизированных известняках, сахаровидных метасоматических доломитах и в «зебра-доломитах». Отношение Pb к Zn изменяется от 3:1 до 1:10. Основные элементы-примеси: германий, кадмий. Типовыми объектами служат месторождения Сардана, Уруй и др. Юдомо-Майской металлогенической зоны (Якутия, РФ).

4. **Барит-цинково-свинцовый в углеродисто-доломито-известняковой формации (миргалимсайский).** Месторождения формировались в рифтах и надрифтовых депрессиях на внутреннем и внешнем шельфе пассивных окраин микроконтинентов. Рудные тела пластообразной морфологии с параметрами 3–30×120–600 м сложены баритом (20%), галенитом (65%), сфалеритом (15%) и локализованы в слоистых доломитах, углеродистых доломитистых известняках и карбонатных брекчиях в отложениях от среднего девона до ранней юры включительно. Отношение свинца к цинку варьирует от 3:1 до 6:1. Основные элементы-примеси: серебро, медь, кадмий, индий, таллий. Типовыми объектами служат месторождения Сумсар (Киргизия), Миргалимсай (Казахстан) [1, 19, 25].

5. **Свинцово-цинковый с пиритом в углеродисто-кремнисто-доломито-известняковой формации (шалкиинский).** Месторождения размещаются в рифтах и внешнем шельфе пассивных окраин микроконтинентов. Рудные тела линзообразной морфологии с параметрами 10–2500×80–450 м сложены баритом (20%), галенитом (65%), сфалеритом (15%), локализуются в углеродисто-глинисто-кремнисто-карбонатных тонкослоистых породах («ритмитах»), битуминозных известняках и доломитах комковатой и брекчиевой структуры [5, 9, 25]. Отношение свинца к цинку изменяется от 1:3 до 1:10. Основные элементы-примеси: кадмий, серебро, германий, медь. Типовыми объектами служат месторождения: Шалкия, Талап (Казахстан).

6. **Пирит-барит-свинцово-цинковый в туфогенно-терригенно-известняково-доломитовой формации (учкулачский).** Месторождения локализуются в доломитах, известняковых рифтогенных брекчиях, известковистых доломитах, аргиллитах, туфопесчаниках,

гравелитах, туффитах и туфах трахириолит-дацитовых порфиров в прогибах на внешнем шельфе микроконтинента. Рудные тела линзо-пластообразной морфологии с параметрами 5–80×100–800 м сложены пиритом (10%), баритом (20%), галенитом (30%) и сфалеритом (40%). Отношение Pb к Zn в рудах варьирует от 1:2 до 3:2 (переходный тип к месторождениям типа SEDEX). Основные элементы-примеси: серебро, медь, кадмий, таллий, стронций. Типовыми объектами служат месторождения: Учкулач, Кармазар (Узбекистан) [5, 9, 25].

**7. Сидерит-кварц-сфалерит-галенитовый в сланцево-карбонатной формации (горевский – переходный тип к месторождениям типа SEDEX).** Характеристика месторождения приведена по данным В.В.Кузнецова [6]. Месторождение приурочено к конседиментационной впадине, выполненной мергелистыми, глинисто-известняковыми, сидеритовыми и глинисто-аргиллитовыми фациями с конседиментационной брекчией. Для главной рудной залежи характерны сидеритовые фации с подчинённой кремнистой составляющей. Породы и рудные залежи претерпели складчатость и метаморфизм. Рудные тела сложены сидеритом (25%), кварцем (1%), галенитом (25%), сфалеритом (30%) и пирротином (до 10%). Отношение Pb к Zn в рудах изменяется от 3:2 до 4:1. Второстепенные минералы в количестве до 10%: пирит, марказит, тетраэдрит, магнетит, халькопирит, гудмундит, теннантит, аргентит, самородное серебро, пираргирит, прустит, дискраизит, штенберgit, рутил. Типовым объектом служит месторождение Горевское (Енисейский край, РФ).

**8. Барит-флюорит-свинцово-цинковый в терригенно-карбонатной формации с органогенными постройками (барвинский).** Месторождения приурочены к полициклично развивавшемуся прогибу на шельфе и склоне континента с накоплением терригенно-карбонатных толщ с органогенными постройками и горизонтами битуминозных известняков на различных стратоуровнях средне-позднерифейского времени [21, 25]. Рудные тела пласто- и линзообразной формы имеют эпигенетичный облик и характеризуются вкрапленными, вкрапленно-прожилковыми текстурами руд. Породы и рудные залежи претерпели складчатость и метаморфизм (в зонах тектонитов развиты тальково-карбонатные метасоматиты). Главные рудные минералы – сфалерит, галенит, флюорит, кварц; второстепенные – пирит, арсенипирит, доломит, анкерит, сидерит, кальцит. Редкие – халькопирит, блёклая руда, буланжерит. Типовыми объектами служат месторождения Таборное, Хибелен, Луговое (Прибайкальский полиметаллический пояс Байкало-Патомской зоны).

**К рассматриваемому семейству относится также Павловское серебро-свинцово-цинковое месторождение** Безымянского рудного узла, расположенного в северо-западной части о. Южный архипелага Новая Земля [4, 10, 17, 19]. Оно входит в пятёрку крупнейших

стратиформных месторождений свинцово-цинковых руд в карбонатных толщах России.

Павловское месторождение свинцово-цинковых руд было выявлено геологами Западно-Арктической поисково-съёмочной партии ФГУНПП ПМГРЭ (А.П.Каленич, А.К.Загайный, А.В.Ласточкин) в 1991 г. при производстве опережающих работ по подготовке геохимической основы для ГСР-50 [17, 20]. Рудные тела этого месторождения размещаются в органогенно-рифогенной толще раннего девона, сложенной слоистыми и массивными разностями микрозернистых, микритовых, биогенных, реже глинистых известняков девонского времени, которые характеризуются тесным сочетанием биогенных и микритовых фаций, слагающих конседиментационные рифогенные палеоподнятия со шлейфом брекчий обрушения. В современном структурном плане рудовмещающая толща расположена в крыле брахиантиклинали размахом крыльев 3–4 км. В ядре антиклинали обнажены терригенные песчано-алевро-глинистые породы, а крылья складки сложены рудовмещающими карбонатными породами различных литофаций и перекрывающимися их породами аргиллитоглинистых фаций. Продуктивные литологические горизонты слагают полого наклонное (25°–45°) крыло периклинального замыкания Безымянской антиклинали, осложнённое серией разно амплитудных крутопадающих разрывных нарушений. Некоторые из них нарушают сплошность рудных залежей.

Морфология рудных залежей представлена линзовидно- и пластообразными телами средней мощностью около 50 м, внутреннее строение которых определяется грубо-ритмичным распределением кварц-пирит-сфалерит-галенитовых и существенно пиритовых горизонтов, которые преобладают в основании ритмов с углеродсодержащей кремнисто-карбонатной матрицей. Рудные залежи расположены ярусно друг над другом и кулисообразно, по отношению к общему структурному плану, со смещением в восточном направлении. Руды характеризуются преимущественно массивной, слоистой (?), грубо- и тонкополосчатой, гнездово-вкрапленной, прожилково-вкрапленной, реже сетчато-вкрапленной текстурами с коломорфными агрегатами сфалерита.

Главные минералы руд – галенит, сфалерит и пирит, второстепенные и редко встречающиеся – аргентит, миаргирит, пираргирит, буланжерит, геокронит. В сфалерите имеются примеси серебра, кадмия, галлия, германия. Типичными примесями для галенита являются серебро, сурьма, кадмий, в меньшей степени кобальт, цинк, еще реже отмечаются висмут и олово. В пирите главными примесями являются свинец, цинк, таллий, иногда серебро и индий. Содержания в рудах в среднем изменяется: Zn от 3 до 11% и Pb от 1,5 до 5%.

Формирование рудных залежей авторами связывается с пульсационным поступлением углеродисто-кремнисто-сульфидных растворов по зоне конседиментационных нарушений с последующим отложением в слабо

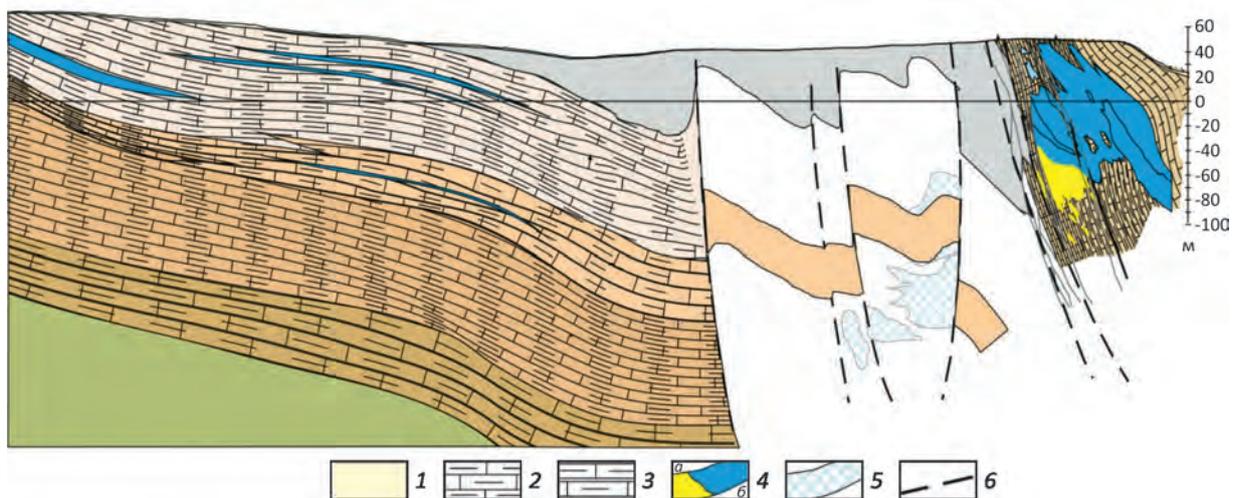


Рис. 1. Позиция рудных тел в центральной части Павловского месторождения. По А.Л.Галямову и др. [4]:

1 – четвертичные отложения; 2 – известняки глинистые; 3 – переслаивание органогенных и глинистых известняков; 4 – рудные тела: а – колчеданные и б – свинцово-цинковые; 5 – рудные тела предполагаемые; 6 – разрывные нарушения

диагенезированной карбонатной толще с органогенными постройками. Рудные залежи с пиритовой матрицей фиксируют ритмичность поступления рудоформирующих растворов с формированием мегаритмичной зональности строения рудных тел (рисунки 1 и 2).

Охарактеризованные выше минералого-геохимические типы месторождений отчётливо различаются по геологическим обстановкам нахождения, предполагаемым источникам металлов, а также по интенсивности проявления последующих рудообразующих процессов.

Анализ геотектонической принадлежности рудовмещающих прогибов с месторождениями свинцово-цинковых руд показывает, что накопление рудовмещающих карбонатных толщ в их пределах проходило как во внутриплатформенных прогибах молодых и древних платформ, так и на шельфе и склоне континента. При этом в прогибах внешнего шельфа и склона континента установлена латерально-вертикальная связь осадконакопления карбонатных хомогенно-органогенных фаций с углеродсодержащими карбонатно-терригенными и туфогенно-карбонатно-терригенными фациями флишоидного строения (рис. 3).

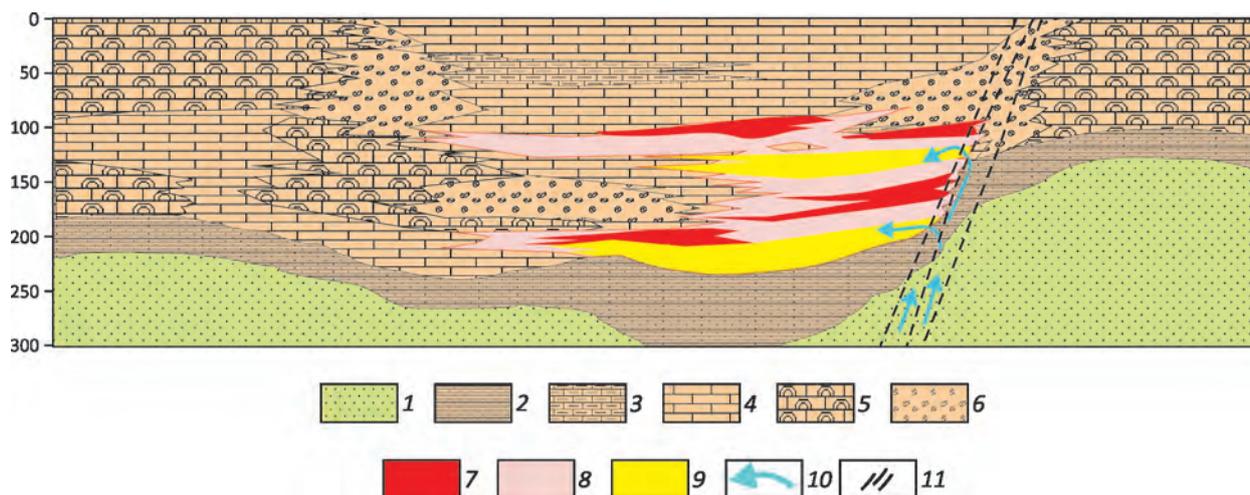
*Первая группа* месторождений (Мидконтинента США и Силезско-Краковская) размещается в платформенных (шельфовых) доломито-известняковых толщах с горизонтами известковисто-доломитовых пород, содержащих прослойки сланцев, аргиллитов и органогенных фаций карбонатных пород на внутреннем и внешнем шельфе внутри континентальных прогибов.

*Вторая группа* характеризуется расположением рудовмещающих карбонатных толщ в латерально-вертикальных рядах геологических формаций в прогибах как

внутреннего и внешнего шельфа внутриконтинентальных морских бассейнов, так и в прогибах на склоне континента с рассеянным спрединггом. При этом рудовмещающие формации локализуются преимущественно в надрифтогенных прогибах, унаследовавших общую тенденцию к проседанию. Такая обстановка характеризуется формированием как стратиформных свинцово-цинковых руд в карбонатных толщах с органогенными постройками (тип MVT), так и стратиформных колчеданно-полиметаллических руд (тип SEDEX) в углеродистых карбонатно-терригенных толщах флишоидного строения, синхронных по времени накопления карбонатным толщам.

Предполагается, что рудные залежи в таких обстановках формировались из сходных по физико-химическим параметрам рудоносных растворов при излиянии рудоносных флюидов по конседиментационным разломам. Об этом, помимо других факторов, свидетельствуют близкие модальные значения изотопов серы сульфидов, варьирующие от  $-18\%$  до  $+35\%$  с модальными значениями  $+12\%$  ( $\pm 5\%$ ) в месторождениях свинцово-цинковых руд в карбонатных толщах и от  $-1,9\%$  до  $+22\%$  с модальными значениями  $+14\%$  ( $\pm 5\%$ ) в колчеданно-полиметаллических рудах в углеродисто-карбонатно-терригенных толщах флишоидного строения [8, 12, 13].

Рассматриваемые свинцово-цинковые месторождения выявлены как в слабо дислоцированных платформенных чехлах древних платформ, так и в орогенно-складчатых областях. К типовой обстановке с относительно слабо дислоцированными толщами отнесена крупнейшая в мире металлогеническая провинция стратиформных свинцово-цинковых



**Рис. 2. Принципиальная схема размещения существенно пиритовых, галенит-сфалерит-пиритовых и пирит-галенит-сфалеритовых руд Павловского месторождения в доскладчатый этап:**

породы: 1 – терригенные, 2 – глинисто-карбонатные и карбонатно-глинистые, 3 – глинисто-углеродсодержащие карбонатные, 4 – карбонатные; 5 – органогенные рифовые известняки; 6 – конседиментационные карбонатные брекчии; 7 – вкрапленные, густовкрапленные и прожилково-вкрапленные, брекчиевидные и массивные пирит-галенит-сфалеритовые руды; 8 – грубополосчатые (чередование полос шириной от 0,5 до 5 м с содержанием сульфидов (в %): 5–25, 25–50, 50–75, 75–90) галенит-сфалерит-пиритовые руды; 9 – существеннопиритовые руды массивной и брекчиевидной текстуры; 10 – пути миграции растворов; 11 – зоны рудоподводящих неоднократно подновлявшихся каналов

месторождений Мидконтинента (США). Она представляет собой рудоносный осадочный бассейн (прогиб) в теле Северо-Американской платформы [1, 7, 19]. Строение бассейна осложнено глубинными разломами, рифтогенными структурами, синеклизами и антиклизмами (сводами), на склонах которых расположены свинцово-цинковые рудные районы (Верхнемиссисипской долины, Юго-Восточный Миссури, Три-Стейт и др.). Рудоносные формации, в которых локализуются свинцово-цинковые месторождения, представлены главным образом карбонатными отложениями от позднекембрийского до позднекаменноугольного возраста, содержащими отдельные горизонты терригенно-сланцевых отложений.

К числу терригенно-карбонатных рудоносных осадочных бассейнов (РОБ) пассивных континентальных окраин со стратиформными свинцово-цинковыми месторождениями относятся: Большекаратаский (Казахстан), Южно-Ферганский (Узбекистан), Центрально-Ирландский, Южно-Аппалачский (США), Силезско-Краковский (Польша) и ряд других. На территории России к районам указанного типа принадлежат Юдомо-Майская, Пайхой-Новоземельская, Приаргунская и Байкало-Патомская металлогенические зоны (включая Прибайкальский пояс и Джелиндинский рудный район).

В литературе РОБ этого типа часто трактуются как структуры активизированных склонов кратонов и оро-

генно-складчатых сооружений, в пределах которых возможно выявление латерально-вертикального ряда геологических формаций с месторождениями типа SEDEX и MVT. Свинцово-цинковые месторождения типа MVT часто ассоциируют с баритом, сидеритом или флюоритом, размещаются в платформенных и субплатформенных карбонатных толщах и характеризуются угнетённой составляющей сульфидов железа. В отличие от месторождений типа SEDEX с повышенной составляющей сульфидов железа (преимущественно пирита), месторождения типа MVT имеют отчётливо выраженный эпигенетический облик, при приуроченности рудных залежей к определённым стратоевням накопления карбонатных толщ единого палеобассейна.

Существует несколько гипотез происхождения месторождений рассматриваемого семейства. Первая включает участие глубинных бассейновых рассолов, спускающихся из воздымающихся областей передового прогиба [11]. Вторая гипотеза рассматривает участие растворов, генерированных в условиях диагенеза и катагенеза карбонатных осадков и их соответственного уплотнения [24]. Считается, что масштабы флюидообразования вряд ли были значительными по причине больших расстояний переноса и слабого энергетического потенциала и могли проявляться эпизодически. Согласно третьей гипотезе оруденение связано с циркуляцией рассолов в огромных объёмах пород, обусловленной разностью давлений, температурой и

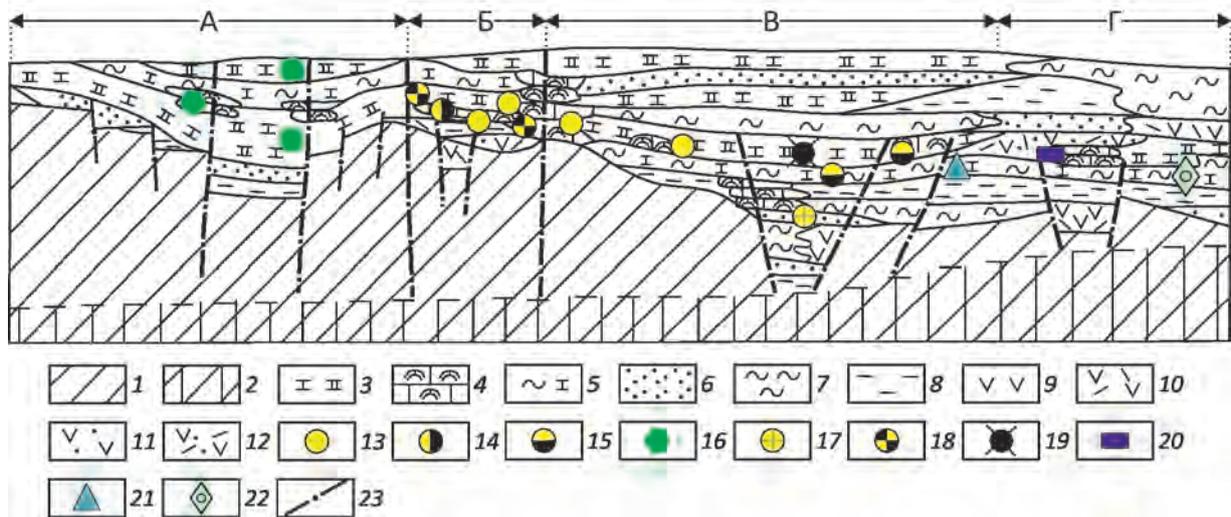


Рис. 3. Идеализированная схема палеотектонической позиции минералого-геохимических подтипов стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах:

кора: 1 – континентального и 2 – океанического типа; 3–12 – геологические формации: 3 – известняково-доломитовая, 4 – известняковая рифогенная, 5 – глинисто-карбонатная, 6 – терригенная (алеврито-песчаная), 7 – углеродисто-глинистая, 8 – глинисто-кремнистая, 9 – риолито-базальтовая натриевой серии, 10 – риолито-базальтовая натро-калиевой серии, 11 – вулканогенно-терригенная с вулканитами натриевой серии, 12 – вулканогенно-терригенная с вулканитами натро-калиевой серии; 13–14 – минералого-геохимические подтипы стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах: 13 – сарданский, 14 – миргалымсайский; 15 – шалкиинский; 16 – миссисипский (объединенный); 17 – уччулачский; 18 – силезско-краковский; 19 – барвинский; 20 – горевский; 21 – новоземельский; 22 – месторождения колчеданно-полиметаллических руд в углеродистых карбонатно-терригенных толщах флишоидного строения (тип SEDEX, холоднинский); 23 – разломы; буквами обозначены условные области: А – внутриплитных прогибов платформенного чехла; Б–В–Г – прогибы шельфа и склона континента: Б – внутреннего, В – внешнего шельфа, Г – склона континента (шельфа задугового бассейна (?))

плотностью флюидов в зависимости от их насыщенности минеральными компонентами. Эти условия обеспечивают длительное функционирование системы и обуславливают возможность переработки, в том числе доломитизацию, крупных объёмов вмещающих пород с формированием рудных залежей. Некоторые исследователи предполагают, что источником рудного вещества могли служить как захороненные минерализованные рассолы, так и металлоносные растворы, поступающие из нефтегазоносных бассейнов [7, 18]. Ряд исследователей отмечает, что стратиформные месторождения свинцово-цинковых руд – производные эксфильтрационных систем, хлоридные рассолы которых мобилизовали рассеянное рудное вещество глубоких горизонтов осадочных бассейнов.

Необходимые для формирования руд объёмы и температуры рудоносных флюидов обеспечиваются гидродинамически сосредоточенными потоками термальных хлоридных рассолов [9]. Структурные элементы с повышенной фильтрационной проницаемостью (зоны секущих разрывных нарушений), проницаемые тела флюидопроводников (внутриформационные пласты-коллекторы) играют роль растворособирающих,

раствороопределяющих, транзитных, а в верхних горизонтах коры – рудолокализирующих структур и контролируют формирование эпигенетических, стратоидных, секущих или комбинированных залежей свинцово-цинковых руд [9, 11].

Главный фактор, контролирующий образование сингенетично-эпигенетических свинцово-цинковых рудных залежей, – взаимодействие кислых металлоносных рассолов с гидрoхимическими сероводородными (щелочно-сероводородными) барьерами или гидравлическими завесами. При сосредоточенной разгрузке металлоносных рассолов по транзитным зонам на дно бассейнов карбонатного осадконакопления в результате необратимого взаимодействия рассолов и морских вод, смешивающихся в различных пропорциях, при уменьшении доли рассолов по мере удаления от места их излияния образуются сингенетичные (осадочно-эксфильтрационные) рудные тела [3, 11].

Стратиформные свинцово-цинковые руды участвуют в комплексе длительных геологических процессов преобразования карбонатных осадков и пород, которые начинаются с частичной регенерации рудного вещества ещё на стадиях диагенеза и эпигенеза. Большое

### Основные минералого-геохимические подтипы стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах

Минералого-геохимический подтип*	Минеральный типы руд	Примеси в рудах	Примеры рудных районов; месторождений
Пирит (халькопирит)-свинцово-цинково-баритовый с флюоритом в кремнисто-известняково-доломитовой формации ( <i>миссисипский – MVT</i> )	Сфалерит-галенитовый с соотношением Pb к Zn от 3:2 до 1:10	Cd, Ag, Cu, Ni, Co	<i>Юго-восточный Миссури (США) Долины реки Ниари (Конго); Дженгеле, Мфуати</i>
Пирит-свинцово-цинковый в глинисто-доломито-известняковой формации ( <i>силезско-краковский</i> )	Галенит-сфалеритовый с соотношением Pb к Zn от 1:1 до 1:5	Ag, Cu, Sb, Ge	<i>Силезско-Краковский (Польша) Пайн-Поинт (Канада)</i>
Свинцово-цинковый с германием (иногда флюоритом) в глинисто-известняково-доломитовой формации ( <i>сарданский</i> )	Сфалерит-галенит-германиеносный с соотношением Pb к Zn от 3:1 до 1:10	Cd, Ge, Ag, F	<i>Иллинойс-Кентукки (США), Юдомо-Майский (РФ); Сардана, Уруй и др.</i>
Барит-цинково-свинцовый в углеродисто-доломито-известняковой формации ( <i>миргалимсайский</i> )	Сфалерит-галенит-баритовый с соотношением Pb к Zn от 3:1 до 6:1	Ag, Cd, Cu, Ga, In	<i>Каратаусский (Казахстан); Миргалимсай</i>
Свинцово-цинковый с пиритом в углеродисто-кремнисто-доломито-известняковой формации ( <i>шалкинский</i> )	Пирит-галенит-сфалеритовый с соотношением Pb к Zn от 1:1 до 3:2	Ag, Sb, Cd	<i>Каратаусский (Казахстан); Шалкия, Талап</i>
Пирит-барит-свинцово-цинковый в туфогенно-терригенно-известняково-доломитовой формации ( <i>учкулачский – переходный к месторождениям типа SEDEX</i> )	Пирит-барит-галенит-сфалеритовый с соотношением Pb к Zn от 1:2 до 3:2	Ag, Cu, Sb, Cd, Ge	<i>Фергано-Нуратинская зона (Узбекистан); Учкулач</i>
Сидерит-кварц-сфалерит-галенитовый в сланцево-карбонатной толще ( <i>горевский – переходный тип к месторождениям типа SEDEX и VMS</i> )	Сидерит-пирит-сфалерит-галенитовый с соотношением Pb к Zn от 3:2 до 4:1	Ag, Cd, Ge	<i>Ангаро-Большепитский Енисейский кряж (РФ); Горевское</i>
Барит-флюорит-свинцово-цинковый в терригенно-карбонатной формации с органогенными постройками ( <i>барвинский</i> )	Сфалерит-галенит-флюоритовый и сфалерит-галенит-баритовый с соотношением Pb к Zn (нет данных)	Ag, Cu	<i>Байкало-Патомская металлогеническая зона (включая Прибайкальский пояс и Джелиндинский рудный район) (РФ); Анайское и др. Три-Стейт (США)</i>
Серебро-свинцово-цинковый в карбонатно-рифогенной толще с органогенными постройками ( <i>новоземельский</i> )	Галенит-сфалерит-пиритовый с соотношением Pb к Zn от 1:1 до 1:5	Ag, Sb, Cd	<i>Безьянжинский Пайхой-Новоземельской зоны (РФ); Павловское, Саурейское</i>

*Примечание.* \*необходимо отметить наличие региональных особенностей минералого-геохимического набора попутных элементов рудных залежей ССЦМ в карбонатных толщах: рудные залежи Юдомо-Майского района (Сардана) характеризуются повышенными содержаниями Ge; Байкало-Патомской металлогенической зоны (включая Прибайкальский пояс и Джелиндинский рудный район) (Таборное и др.) – CaF<sub>2</sub>, барита, сидерита; Верхнемиссисипского района (США) — Cu, Каратауского района в Казахстане (Миргалимсай и др.) – Ba (барита).

значение в преобразовании руд имеют высокотемпературные гидротермальные растворы, омывающие руды в процессе складчато-разрывных нарушений.

Гидротермальный метаморфизм выражается в перегруппировке и переотложении рудного вещества с частичным изменением морфологии рудных тел и созданием новых рудных залежей в субпластовых срывах, зонах послыонного брекчирования, полостях отслоения и секущих тектонических нарушениях, а также в формировании зон рассеянной свинцово-цинковой минерализации с разнообразными попутными компонентами. При этом образуются жильные рудные тела свинца и цинка, в том числе с повышенной сереброносностью, потерявшие (в значительной мере или полностью) связи с первичными стратиформными концентрациями.

Регенерация рудного вещества стратиформных свинцово-цинковых месторождений при их контактовом метаморфизме происходит под воздействием тепловых полей, формирующих контактовые ореолы гранитоидных массивов, и наиболее ярко проявляется в скарировании первично стратиформных руд и образовании свинцово-цинковых руд в скарнах. Масштабы таких изменений и их сочетаний в той или иной степени влияют на методику прогнозных и поисковых работ и оценку прогнозных ресурсов.

При общности разноранговых элементов-признаков стратиформных свинцово-цинковых месторождений и их минералого-геохимических типов в карбонатных толщах рассматриваемое семейство достаточно разнообразно по индивидуальным особенностям их

проявления, в том числе по набору и концентрации попутных элементов, минеральному составу руд и их матрицы, палеотектоническим обстановкам формирования рудовмещающих толщ и ряду других признаков.

В частности, для ряда рудных районов установлена устойчивая ассоциация в латерально-вертикальных рядах карбонатных хемогенно-рифогенных толщ с углеродистыми терригенно-карбонатными и терригенными толщами флишоидного строения, формировавшихся в прогибах на шельфе и склоне континентальных окраин с различными, хотя и сходными по составу и строению геологическими формациями.

Такое сочетание рудовмещающих формаций в прогибах палеобассейнов по профилю континент–шельф–склон–островная дуга обуславливает и локализацию на единых литолого-стратиграфических уровнях осадконакопления стратиформной свинцово-цинковой в карбонатных толщах и колчеданно-полиметаллической в углеродисто-карбонатно-терригенной толще флишоидного строения рудных формаций [3, 22].

Необходимо также отметить, что в отдельных регионах установлены вариации минералого-геохимических типов рудных тел по простиранию рудовмещающих толщ. Так, в Байкало-Патомской металлогенической зоне, включая Прибайкальский пояс и Джелиндинский рудный район, с типовым флюорит-барит-свинцово-цинковым месторождением Таборное установлено резкое снижение содержания флюорита (до его полного отсутствия) в рудных телах Ново-Анайского месторождения, расположенного по простиранию рудовмещающих толщ. В прогибах на Мидконтиненте (США) также установлена зональность размещения минералого-геохимических типов стратиформной свинцово-цинковой рудной формации месторождений в карбонатных толщах (тип MVT) — свинцово-цинково-баритовый (рудный район юго-восточного Миссури), медно-свинцово-цинковый (рудный район Верхнемиссисипский) и флюорит-свинцово-цинковый (рудный район Три-Стейт).

На основе анализа геологических обстановок их нахождения, морфологии и минералого-геохимических особенностей состава руд предложено вне зависимости от их геотектонической позиции в современном структурном плане выделять минералого-геохимические подтипы месторождений единой рудной формации ССЦМ в карбонатных толщах рассматриваемого семейства (см. таблицу).

В данной работе не рассматриваются месторождения жильных и скарновых (в том числе скарнированных) свинцово-цинковых и серебро-свинцово-цинковых руд Дальневосточного, Алтае-Саянского, Приаргунского и других регионов. Месторождения указанной группы имеют специфические минералого-геохимические и морфологические особенности, обусловленные процессами тектономагматической активизации, включая формирование вулканоплутонических поясов, и

требуют дополнительного анализа. Такие работы начаты В.В.Кузнецовым с соавторами [16].

Эмпирически установленные латерально-вертикальные ряды рудных и геологических формаций и их закономерные сочетания с фациями, вмещающими залежи свинцово-цинковых руд типа MVT и SEDEX, служат одним из ведущих факторов при региональных прогнозно-металлогенических построениях. Эти элементы-признаки также, как и минералого-геохимические, могут быть использованы при поисках и оценке свинцово-цинковых месторождений в Ангаро-Большепитском районе Енисейского края, Байкало-Патомской металлогенической зоне (включая Прибайкальский пояс и Джелиндинский рудный район), в Приаргунье и Пайхой-Новоземельской металлогенической зоне, а также в обрамлениях Колымского и Восточно-Чукотского массивов.

Спектр попутных и сопутствующих геохимических элементов в рудных телах, характерный для исследуемого района с месторождениями свинцово-цинковых руд рассматриваемого типа месторождений, рекомендуется, помимо основных элементов, включать в анализ геохимических аномалий для установления зональности рудных тел и, как следствие, выявления возможного эрозионного среза для оценки перспектив рудоносности площадей месторождений и рудных полей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архгельская В.В., Вольфсон Ф.И.* Геотектоническая позиция и систематика стратифоринных свинцово-цинковых месторождений. – М.: Наука, 1977.
2. *Броки Д.К., Хейр Э.Г., Дингес П.Р.* Геология и рудные месторождения района Три-Стейт (штаты Миссури, Канзас, Оклахома) // Рудные месторождения США. – М.: Мир, 1971. С. 80–113.
3. *Беленицкая Г.А., Романовский С.И., Феоктистов В.П.* Тектономагматическое моделирование и прогнозно-минерагенический анализ основных геодинамических групп рудоносных осадочных бассейнов России. – С-Пб.: ВСЕГЕИ, 2001.
4. *Галямов А.Л., Волков А.В., Лобанов К.В.* Поиск и модель SEDEX-MVT месторождений арктической зоны / Изучение и освоение природных ресурсов // Арктика: экология и экономика. 2016. № 1 (21). Стр. 46–54.
5. *Геология и генезис стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах хребта Каратау / В.П.Стеценко, А.И.Донец, Н.Н.Севрюгин и др.* – М.: Недра, 1989.
6. *Горевское цинково-свинцовое месторождение / В.В.Кузнецов, В.Д.Конкин, Т.П.Кузнецова и др.* // Геология рудных месторождений. 1990. № 5. С. 23–28.
7. *Горжевский Д.И., Карцев А.А., Павлов Д.И.* и др. Парагенез металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазовых бассейнов. – М.: Недра. 1990.
8. *Горжевский Д.И., Павлов Д.И.* Современное состояние и проблемы свинцово-цинковых месторождений

- стратиформного типа (эндогенные и экзогенные факторы формирования) // Литогенез и рудообразование (критерии разграничения экзогенных и эндогенных процессов). – М.: Недра, 1989.
9. *Гриненко Л.Н.* Изотопный состав серы, углерода и свинца руд и рудовмещающих пород. // Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в отложениях венда юго-восточной Якутии. – Новосибирск: Наука, 1979.
  10. *Донец А.И., Емельянов С.А., Тарасов А.С.* Многофакторные модели стратиформных свинцово-цинковых месторождений. Атлас. – М.: ЦНИГРИ, 1994.
  11. *Ильченко В.О., Антонов А.В.* Околорудные метасоматиты Павловского полиметаллического месторождения (Архипелаг Новая Земля) // ISSN 0135-3500. Записки Горного института. Т. 159. Часть 1. Стр. 13–16.
  12. *Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н.* Гидрогенное рудообразование. – М.: Геоинформмарк, 2000.
  13. *Конкин В.Д.* Геологические основы прогноза и оценки месторождений свинца и цинка в терригенных комплексах // Автореф. ... д-ра геол.-минер. наук. – М.: ЦНИГРИ, 1994.
  14. *Конкин В.Д., Ручкин Г.В., Донец А.И.* Свинцово-цинковые месторождения осадочных бассейнов // Отечественная геология. 1993. № 7. С. 69–73.
  15. *Кривцов А.И.* Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
  16. *Кутырев Э.И.* Геология и прогнозирование согласных месторождений меди, свинца и цинка. – Л.: Недра, 1984.
  17. *Металлогения Приаргунской структурно-формационной зоны / В.В.Кузнецов, А.И.Брель, Н.Н.Богославец и др.* // Отечественная геология. 2008. № 2. С. 32–43.
  18. *Новое месторождение серебросодержащих свинцово-цинковых руд на архипелаге Новая Земля / А.П.Каленич, В.Д.Крюков, А.В.Ласточкин и др.* / Разведка и охрана недр. 2002. № 9. С. 20–23.
  19. *Парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов / Д.И.Горжевский, А.А.Карцев, Д.И.Павлов и др.* – М.: Недра, 1990.
  20. *Попов В.В.* Геологические условия экзогенно-гидротермального рудообразования. – М.: Недра, 1980.
  21. *Презентация проекта «РУСБУРМАШ»* // [http://www.rbm.armz.ru/media/File/rbm/2014/pgrk\\_presentation.pdf](http://www.rbm.armz.ru/media/File/rbm/2014/pgrk_presentation.pdf).
  22. *Прибайкальский полиметаллический рудный пояс / А.А.Тычинский, Е.П.Акульшина, М.В.Баулина и др.* – Новосибирск: Наука, 1984.
  23. *Ручкин Г.В., Конкин В.Д., Кудрявцева Н.Г.* Металлогенетические ряды месторождений цветных и благородных металлов в основных геотектонических обстановках // Руды и металлы. 1997. № 4. С. 30.
  24. *Ручкин Г.В., Донец А.И.* Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
  25. *Ручкин Г.В., Донец А.И.* Гидрогенная концепция формирования рудообразующих систем стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах // Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении. – М.: МГУ, 2010. С. 93–106.
  26. *Скрипченко Н.С.* Классификация стратиформных свинцово-цинковых месторождений на литолого-фациальной основе // Геология рудных месторождений. 1970. № 6. С. 3–15.
  27. *Смирнов В.И.* Геология полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985.
  28. *Goresca E.* Geological setting of Silesian-Cracow Zn-Pb deposits // Polish Institute of Geology Geological Quarterly. 1993. Vol. 37. P. 27–146.
  29. *Hutchinson R.W.* Regional metallogeny of carbonate hosted ores by comparison of field relations // Society of Economic Geologists Special Publication. 1996. № 4. P. 8–17.