УДК 553.444.001.57(571.5)
© А.И.Донец, Г.В.Ручкин, В.Д.Конкин, 2017

Геолого-промышленные типы и региональные геологические особенности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах

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

Рассмотрены геолого-промышленные типы стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах: сарданский, миссисипский, силезско-краковский, миргалимсайский, шалкиинский и учкулачский. Охарактеризованы прогнозно-поисковые модели месторождений и основные минералого-геохимические типы руд. Показано, что руды рассматриваемых месторождений – производные эксфильтрационных систем, хлоридные рассолы которых мобилизовали рассеянное рудное вещество глубоких горизонтов осадочных бассейнов.
Ключевые слова: свинцово-цинковые месторождения, геолого-промышленные типы месторождений, геолого-геохимические типы руд, рудовмещающие формации, генезис месторождений.

Донец Александр Иванович metallogeny@tsnigri.ru
Конкин Виктор Дмитриевич metallogeny@tsnigri.ru

Geological and economic types and regional geological special characteristics of stratiform carbonate-hosted lead-zinc deposits

A.I.DONETS, G.V.RUCHKIN, V.D.KONKIN (Federal State Unitary Enterprise Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, FSUE TsNIGRI)

Carbonate-hosted stratiform lead-zinc deposits of the following geologic types: Sardansky, Mississippi Valley-type, Silesian-Cracow, Mirgalimsay, Shalkia and Uchculach are described. Prognosis-search models of deposits and basic mineralogical-geochemical ore types are produced. The considered deposits are connected with exfiltering systems of chloride brines. The nature of metalliferous brines, metal mobilization and metal transportation forms are analyzed.
Key words: carbonate-hosted lead-zinc deposits, prognosis-search models, basic mineralogical-geochemical types of deposits, genesis of ores.

В общей генетической классификации месторождений полезных ископаемых В.И.Смирнова [14] стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах относятся к телетермальному классу гидротермальных месторождений. Пространственно они тесно связаны с доломито-известняковыми, глинисто-доломито-известняковыми, кремнисто-доломито-известняковыми, реже вулканогенно-доломито-известняковыми толщами, имеющими широкий возрастной диапазон формирования (от докембрия до миоцена включительно).

Суммируя наиболее значимые работы отечественных и зарубежных исследователей, посвященные строению стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах (В.И.Смирнова, У.А.Ассапалиева, Д.И.Горжевского, А.И.Донца, Г.В.Ручкина, М.М.Константинова, Э.И.Кутырева, В.В.Попова, В.М.Попова, Г.Андерсона, Г.Барнса, Г.Балкевича, А.Хейла и др.), а также материалы сотрудников ЦНИГРИ, полученные при изучении рассматриваемых месторождений в ряде рудных районов России (Юго-Восточная Якутия, Северное и Западное Прибайкалье, Енисейский Кряж), Казахстана, Узбекистана и Киргизии, необходимо указать на следующие характерные устойчивые черты этих месторождений, которые могут рассматриваться как их классификационные признаки [12]:

приуроченность месторождений к карбонатным толщам;

отсутствие, как правило, в рудовмещающих разрезах магматических пород за исключением кислых вулканитов, подстилающих на некоторых месторождениях рудовмещающие толщи, и редких диабазовых даек;

залегание основной части рудных тел согласно с рудовмещающими толщами на определенных уровнях литолого-стратиграфического разреза;

широкое развитие линзовидных, пластовых, ленто- и линзообразных рудных залежей при подчиненной роли жилообразных и сложных по морфологии рудных тел;

многоярусное размещение рудных тел в разрезах месторождений;

однотипность и простота минерального состава руд: галенит, сфалерит, пирит, иногда барит, халькопирит, реже флюорит, характерные элементы-примеси – серебро, германий, кадмий, индий, таллий;

подчиненное количество слоистых и массивных руд при широком развитии полосчатых, прожилково-вкрапленных и брекчиевидных;

характерные эпигенетические изменения: доломитизация известняков, перекристаллизация доломитов, преобразование глинистого вещества в гидрослюды, реже окварцевание карбонатных пород;

расположение рудных тел в большинстве случаев среди пластов рудовмещающей толщи с повышенным геохимическим фоном рудных элементов;

невысокие температуры (200°–70°) минералообразования.

При общности стратиформных свинцово-цинковых месторождений по перечисленным выше признакам, позволяющим объединить их в самостоятельное семейство, они достаточно разнообразны по индивидуальным особенностям: обстановкам нахождения и формирования, ассоциации с различными, хотя и близкими по набору пород геологическими формациями и субформациями, отличиям в элементном и минеральном составе руд и ряду других признаков [12].

Особенности палеофациальных обстановок формирования различных стратиформных месторождений в карбонатных толщах легли в основу литолого-фациальной классификации Н.С.Скрипченко, который выделил следующие типы этих месторождений: карбонатный слоистый, карбонатный структур растворения и карбонатный рифовый.

Э.И.Кутырев предложил классификацию согласных (стратоидных) месторождений меди, свинца и цинка по приуроченности к геологическим формациям, в которую вошли три 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) и барит-флюорит-свинцово-цинковый в карстовой карбонатной слоистой формации (барвинский).

В зависимости от характера структурно-литологических коллекторов В.П.Феоктистов [1] выделил три подтипа стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных формациях: а) пластовый или слоистый, представленный пластовыми рудными телами, залегающими согласно с вмещающими породами (Миргалимсай, Шалкия и др.), б) выполнения разнообразных по форме полостей, в основном карстовых, представленных жильными, гнездо-, трубо-, ленто-, пласто-, линзообразными залежами брекчиевых и колломорфных руд (Ачисай, район Три-Стейт и др.), в) метасоматического размещения рифовых построек – зубчато выклинивающихся линзовидных рудных тел, контролирующихся конфигурацией и внутренней структурой рифовых сооружений (Пайн-Пойнт, месторождения Юго-Восточного Миссури и др.). В промышленных рудных районах нередко могут присутствовать месторождения двух или трех подтипов.

Рассматривая свинцово-цинковые месторождения, рудовмещающими породами для которых являются карбонатные толщи, Р.Хатчинсон [16] выделил среди них пять наиболее важных и явно различающихся типов месторождений: конкордантные согласные массивные; стратоидные месторождения типа долины Миссисипи (MVT); месторождения, представленные комбинациями стратоидных, мантообразных и трубообразных рудных тел; свинцово-цинковые с серебром скарновые и полиметаллические (Fe, Cu, Pb, Au, Ag). Указанные типы месторождений отчетливо различаются по геологическим обстановкам нахождения, механизмам формирования руд, а также по интенсивности проявления последующих рудообразующих процессов. Между тем, они металлогенически связаны между собой. Первые четыре типа месторождений размещаются в платформенных (шельфовых) доломито-известняковых толщах, а полиметаллические скарновые – в горизонтах известковисто-доломитовых пород, содержащих прослои сланцев, аргиллитов и вулканогенных пород фаций островных дуг и континентальных склонов.

По данным Р.Хатчинсона [16] наиболее близки между собой месторождения массивных конкордантных свинцово-цинковых руд (Сильвермайнс, Навап, Тайнаг в Ирландии) и месторождения типа MVT. Месторождения обоих типов формировались из подобных по физико-химическим параметрам рудоносных растворов. Однако если руды месторождений, относимые к первому типу, образовывались на дне морских мелководных бассейнов окраин континентов на фоне карбонатного осадконакопления при излиянии рудоносных флюидов по конседиментационным разломам, то руды месторождений MVT – в различных эпигенетических и «запечатанных» литолого-стратиграфических ловушках карбонатных чехлов платформ.

Стратиформные свинцово-цинковые месторождения типа «манто» в комбинации с трубообразными телами, установленные в Минеральном поясе Колорадо (Гилмен, Ледвилл, Аспен и др.), приурочены к платформенным шельфовым известняково-доломитовым фациям с терригенно-глинистыми прослоями. Сингенетичные манто- и трубообразные тела нередко переходят одно в другое в сложных сопряжениях и сочетаниях.

По мнению Р.Хатчинсона [16], трубообразные тела преимущественно прожилково-вкрапленных руд формируются вдоль долгоживущих рудоподводящих разломов – фидеров. Конкордантные мантообразные рудные залежи имеют или сингенетическую природу, или формируются при метасоматическом замещении благоприятных карбонатных слоев. Особенности комбинирования этих двух морфологических типов рудных тел определяются длительностью существования фидеров, продолжительностью истечения гидротермальных растворов на морское дно в сочетании с различными скоростями карбонатного осадконакопления.

Скарновые свинцово-цинковые с серебром и полиметаллические скарновые месторождения возникли при гидротермально-метасоматическом преобразовании ранее сформированных сингенетичных свинцово-цинковых руд с возможным привносом дополнительного рудного вещества под воздействием внедряющихся скарнирующих интрузий. Необходимо отметить, что подобные представления о преобразовании скарновых (скарнированных) свинцово-цинковых месторождений развиваются и российскими учеными [8].

По перечисленным выше квалификационным признакам из пяти этапов свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах, выделенных Р.Хатчинсоном, к числу стратиформных свинцово-цинковых относятся конкордантные массивные свинцово-цинковые и классические месторождения типа долины р. Миссисипи. Что касается типа «манто», то они, с точки зрения авторов данной статьи, могут быть выделены в особую группу (тип?) регенерированных и метаморфизованных стратиформных свинцово-цинковых месторождений.

По данным Д.И.Горжевского, А.Д.Щеглова, В.В.Попова, А.И.Донца и других исследователей рассматриваемые месторождения приурочены к относительно малоподвижным и слабо дифференцированным структурам земной коры, а зоны их концентрирования занимают различные геотектонические позиции.

Типизация стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах в зависимости от региональной тектонической позиции проводилась в работах различных авторов. Д.И.Горжевский и П.Ф.Иванкин, А.Д.Щеглов, А.И.Донец предложили выделять в основном три типа этих месторождений: приуроченные к перикратонным прогибам, чехлам древних платформ, а также срединных массивов. Д.И.Горжевский и П.Ф.Иванкин, кроме того, выделили тип месторождений в чехлах молодых (эпикаледонских и эпигерцинских) платформ. По данным У.А.Асаналиева, В.В.Попова и Д.И.Турдукеева, основанным на приуроченности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах к различным региональным структурам, рудные объекты разделены на три типа: месторождения внутренних платформенных структур, краевых платформенных структур и эпиплатформенных рифтовых структур.

В.В.Попов предложил систематику стратиформных свинцово-цинковых месторождений на геотектонической основе. Он выделил две группы: месторождения платформ и месторождения складчатых областей. Дальнейшее разделение основывается на их положении и закономерных связях с крупными структурными единицами в пределах платформ и складчатых зон. Месторождения платформ ассоциируются со следующими типами структур: внутренние платформенные типы, краевые платформенные структуры, эпиплатформенные рифовые структуры. К месторождениям складчатых областей отнесены объекты: в складчатых миогеосинклинальных зонах, отделенных от платформ краевыми прогибами; в тех же зонах, сопряженных со срединными массивами; срединных массивов с субплатформенным характером структур. Применительно к месторождениям платформ следует также учитывать их возраст, выделяя месторождения древних и молодых платформ, что обусловлено существенными различиями в особенностях развития и строения древних и молодых платформ.

Основываясь на разработках В.П.Феоктистова с соавторами [1] по металлогении осадочных бассейнов, следует отметить, что рассматриваемые свинцово-цинковые месторождения приурочены к следующим вещественно-геодинамическим типам рудоносных осадочных бассейнов (РОБ): карбонатно-терригенным внутриплитным (внутриконтинентальным) и терригенно-карбонатным пассивных континентальных окраин. Эти бассейны развиты в слабо дислоцированных платформенных чехлах как древних платформ, так и фанерозойских орогенно-складчатых сооружений. На территории России к числу рудоносных осадочных бассейнов первого типа относятся слабо рудоносные и недостаточно полно изученные на свинцово-цинковое оруденение бассейны юго-западного склона Воронежского кристаллического массива (Русская платформа) с проявлениями свинцово-цинковой минерализации в карбонатных породах карбона и Приенисейский (Сибирская платформа) на юго-восточном склоне Енисейского поднятия со свинцово-цинковыми проявлениями (Тычанское и др.) в карбонатных отложениях ордовика.

К типовой может быть отнесена крупнейшая в мире металлогеническая провинция стратиформных свинцово-цинковых месторождений Мидконтинента (США). Она представляет собой рудоносный осадочный бассейн в теле Северо-Американской платформы. Строение бассейна осложнено глубинными разломами, рифтогенными структурами, синеклизами и антиклизами (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 поздне-

кембрийского до позднекаменноугольного возраста, содержащими отдельные горизонты терригенно-сланцевых отложений.

К числу терригенно-карбонатных РОБ пассивных континентальных окраин со стратиформными свинцово-цинковыми месторождениями относятся: Большекаратауский (Казахстан), Южно-Ферганский (Узбекистан), Центральноирландский, Южно-Аппалачский (США), Силезско-Краковский (Польша) и ряд других. На территории России к провинциям указанного типа принадлежат: Юдомо-Майская с месторождениями Сардана, Уруй и др., Полярноуральско-Новоземельская с месторождениями Саурейское и Павловское, Западно-Прибайкальская с проявлениями Таборное, Луговое и др. Подобного типа провинции выделяются на западном склоне Урала, а также обрамлении Колымского и Восточно-Чукотского массивов.

По данным В.П.Феоктистова с соавторами [1] особенности развития рудоносного осадочного бассейна данного типа проявляются в своеобразном формационном выполнении. Слагающие их осадочные комплексы обычно имеют двухчленное строение: нижняя часть представлена красноцветными терригенными субаэральными отложениями; верхняя, большая по объему – морскими и прибрежно-морскими глинисто-карбонатными сложными по фациальному составу, со значительной ролью рифовых образований.

Они обычно рассматриваются как части «карбонатных платформ», то есть литоральных или внутренних частей карбонатных шельфов пассивных континентальных окраин. В литературе рудоносные осадочные бассейны этого типа часто трактуются как структуры активизированных склонов кратонов и орогенно-складчатых сооружений в их обрамлении (квазиплатформы, мио-, парамиогеосинклинали).

Генерализованные особенности строения рассматриваемых рудоносных осадочных бассейнов и размещение в них стратиформных свинцово-цинковых месторождений иллюстрируются на примере Центрально-ирландского РОБ [13], в нижнекаменноугольных отложениях которого локализованы такие крупные месторождения, как Наван, Тайнаг, Сильвермайнс.

Центрально-ирландский РОБ формировался на мобильном шельфе пассивной континентальной окраины с продвигавшейся с юга на север морской трансгрессией, сопровождавшейся значительными колебаниями мощностей и состава фаций.

В разрезе рудовмещающего осадочного комплекса выделяется (снизу вверх): красноцветная континентальная моласса верхнего девона, прибрежно-морские терригенные отложения верхнего девона–нижнего карбона, рудоносная шельфовая карбонатная формация турнейско-визейского возраста, угленосная терригенная параметрическая формация среднего карбона, красноцветная терригенная континентальная формация верхнего карбона–нижней перми.

Красноцветная терригенная формация верхнего девона выполнена отложениями аллювиальных равнин, сменяющимися в верхней части прибрежно-морскими сероцветными алеврито-песчаными осадками. Мощность формации на палеоподнятиях Центрально-Ирландского бассейна составляет 250–360 м, увеличиваясь в троговых зонах до 5 км и более.

Турнейско-визейская карбонатная формация имеет трехчленное строение.

Нижняя часть мощностью до 350–450 м представлена алеврито-глинистыми известняками с прослоями аргиллитов, с обильными остатками криноидей и другой фауны, свойственной открытому шельфу.

Средняя часть мощностью от первых сотен метров до 750 м выделяется как «рифовый известняк». Для этой толщи характерно сложное внутреннее строение, обусловленное сочетанием микритовых куполов, межкупольных пририфовых брекчий и иловых впадин. На рифтогенном основании залегает толща темных кремнистых слоистых известняков мощностью до 300 м, почти не содержащих органических остатков и относимых к образованиям шельфовой лагуны.

В верхнедевонских красноцветных терригенных породах имеются мелкие проявления медистых песчаников и баритовой минерализации. В нижней и средней частях нижнекарбонового карбонатного комплекса заключены крупные промышленные месторождения и многочисленные проявления свинцово-цинковых руд, имеющих разную морфологию: от пласто- и линзообразной до жильной.

Принятая в работе типизация стратиформных свинцово-цинковых месторождений для целей их прогноза, поисков и оценки выполнена на основе анализа обстановок их нахождения и приведена в табл. 1, а реставрация их палеотектонической позиции – на соответствующих схемах (рисунки 1 и 2).

Рассматриваемые в работе объекты семейства стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах разделяются на следующие типы (см. табл. 1):

1. 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 (см. рис. 1) в период от рифея до ранней перми. Рудные тела, сложенные галенитом (30%), сфалеритом (60%) и флюоритом (10%), локализуются в битумсодержащих доломитизированных известняках, сахаровидных метасоматических доломитах и в «зебра-доломитах». Отношение Pb к Zn варьирует от 3:1 до 1:10.

2. Пирит-свинцово-цинковый с флюоритом в кремнисто-известняково-доломитовой формации (миссисипский). Месторождения приурочены к внутриконтинентальным впадинам древних платформ (см. рис. 1) и представлены рудными телами, которые размещаются

1. Геолого-промышленные типы стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах [13]

Характеристика месторождений	Типы месторождений					
	Свинцово-цинковый с германием (флюоритом) (сарданский)	Пирит-свинцово-цинковый с флюоритом (миссисипский)	Пирит-свинцово-цинковый (силезско-краковский)	Барит-цинково-свинцовый (миргалимсайский)	Свинцово-цинковый с пиритом (шалкиинский)	Пирит-барит-свинцово-цинковый (учкулачский)
Главные рудообразующие минералы (%)	Галенит – 30 Сфалерит – 60 Флюорит – 10	Пирит – 10 Галенит – 25 Сфалерит – 50 Флюорит – 15	Пирит – 15 Галенит – 25 Сфалерит – 60	Барит – 20 Галенит – 65 Сфалерит – 15	Пирит – 5 Галенит – 15 Сфалерит – 80	Пирит – 10 Барит – 20 Галенит – 30 Сфалерит – 40
Рудовмещающая формация и ее состав (%)	Глинисто-доломито-известняковая	Кремнисто-известняково-доломитовая	Глинисто-известняково-доломитовая	Углеродисто-доломито-известняковая	Углеродисто-кремнисто-доломито-известняковая	Трахириолит-дацит-терригенно-известняково-доломитовая
Глинистые осадки	10	10	20	–	–	–
Кремнистые осадки	–	–	–	–	10	–
Углеродистое вещество	–	–	–	5	5	–
Известняки	40	40	30	60	35	30
Доломиты	50	50	50	35	50	35
Трахириолит-дациты и их туфы, туффиты	–	–	–	–	–	15
Алевролиты, песчаники, гравелиты	–	–	–	–	–	20
Интерпретация обстановок возникновения рудовмещающих формаций и месторождений	Надрифтовые депрессии на внутреннем и внешнем шельфе пассивных континентальных окраин кратонов	Внутриконтинентальные впадины и надрифтовые депрессии кратонов	Надрифтовые депрессии на внутреннем и внешнем шельфе пассивных континентальных окраин молодых платформ	Рифты и надрифтовые депрессии на внутреннем и внешнем шельфе пассивных континентальных окраин срединных массивов (микроконтинентов)		Рифты на внешнем шельфе пассивных континентальных окраин срединных массивов (микроконтинентов)
Примеры разновозрастных месторождений	R – Таборное (РФ) V – Сардана (РФ) Є – Остинвилл-Айванхо (США) O_1 – Маскот Джефферсон Сити (США) O_2 – Адмирал Бэй (Австралия) O_3 – Саурей (РФ) Поларис (Канада) S_1 – Шаванганк (США) D_2 – Пайн-Пойнт (Канада) D_3 – Фанькоу (Китай) C_1 – Гейс-Ривер (Канада)	$Є_3$ – Ламотт (Ю-В Миссури, США) O – Коупер (Верхне-миссисипская долина, США) C – Джоплин (Три-Стейт, США), Лед-Хилл (Иллинойс-Кентукки, США)	C_1 – Сильвемайнс (Ирландия) T_1 – Болеслав (Польша) T_2 – Райбл (Италия), Блайберг (Австрия), Мезика (Словения) J_1 – Туиссит (Марокко), Бу-Грин (Тунис) N_1 – Джамет (Тунис)	D_2 – Сумсар (Киргизия) D_3 – Миргалимсай (Казахстан) T_1 – Малин (Франция) J_1 – Трев (Франция)	D_3 – Шалкия, Талап (Казахстан)	D_1 – Павловское (РФ) D_2 – Учкулач, Эскимазар (Узбекистан)

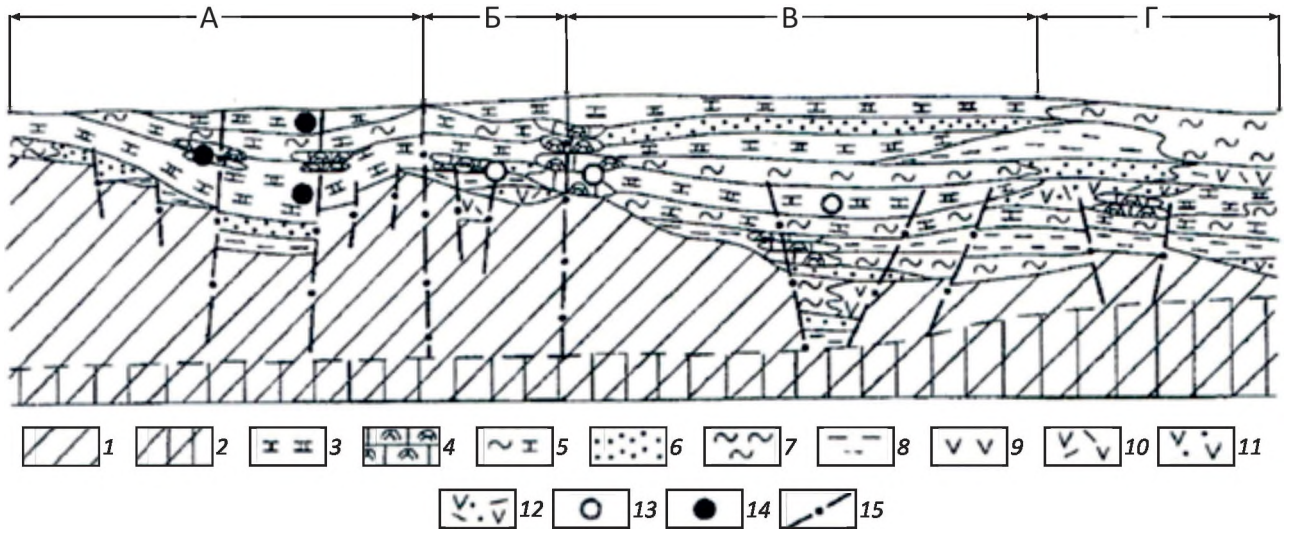

Рис. 1. Схема палеотектонической позиции стратиформных свинцово-цинковых месторождений в чехлах древних платформ:

кора: *1* – континентального и *2* – океанического типов; *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* – типы свинцово-цинковых месторождений: *13* – сарданский, *14* – миссисипский; *15* – разломы; А – плитная часть платформы; Б–В–Г – пассивная континентальная окраина: Б – внутренний шельф, В – внешний шельф, Г – континентальный склон

в органогенных битумсодержащих известняках с кремнистыми прослоями и стяжениями, тонкослоистых водорослевых доломитах, кавернозных эпигенетических доломитах и залегают в отложениях от позднего кембрия до карбона включительно. Руды сложены пиритом (10%), галенитом (25%), сфалеритом (50%) и флюоритом (15%) и характеризуются отношением Pb к Zn от 3:2 до 1:10.

3. Пирит-свинцово-цинковый в глинисто-доломито-известняковой формации (силезско-краковский). Месторождения размещаются в надтроговых депрессиях на внутреннем и внешнем шельфе пассивных окраин молодых платформ (см. рис. 2). Рудные тела, сложенные 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. Отношение свинца к цинку составляет 1:1–1:5.

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 (см. рис. 2). Рудные тела сложены баритом (20%), галенитом (65%), сфалеритом (15%) и локализованы в слоистых доломитах,

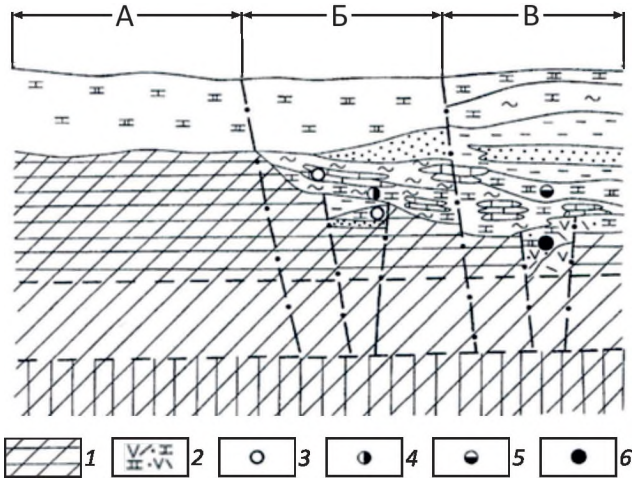

Рис. 2. Схема палеотектонической позиции стратиформных свинцово-цинковых месторождений в чехлах молодых платформ и микроконтинентов:

1 – породы палеозойского фундамента; *2* – вулканогенно-терригенно-карбонатная формация; *3–6* – типы свинцово-цинковых месторождений: *3* – силезско-краковский, *4* – миргалимсайский, *5* – шалкиинский, *6* – учкулачский; остальные услов. обозн. см. на рис. 1

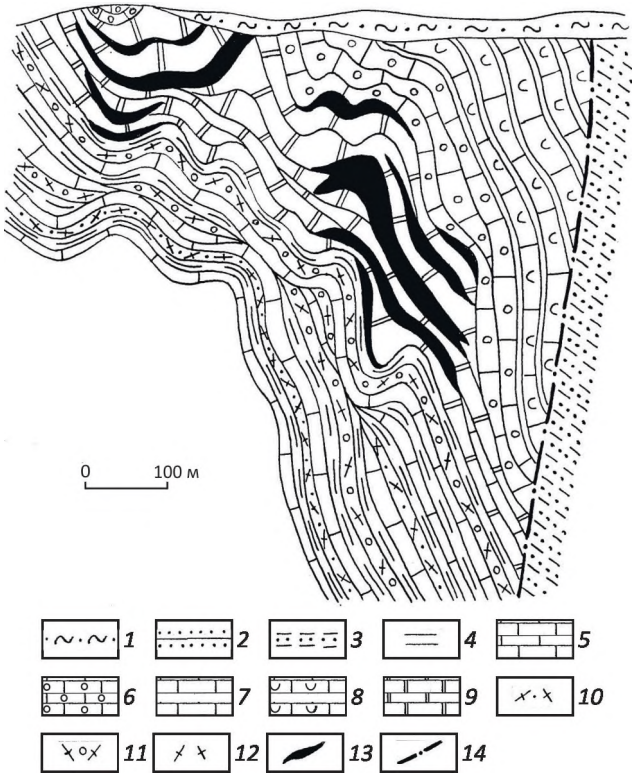

Рис. 3. Геологический разрез Учкулачского месторождения:

1 – четвертичные отложения; *2* – песчаники; *3* – песчаники с прослоями алевролитов и аргиллитов; *4* – аргиллиты; *5* – известняки; *6* – известняки органогенные; *7* – известняки с тонкими прослоями аргиллитов; *8* – известняки с тонкими прослоями аргиллитов и кремнистыми обособлениями; *9* – доломиты; *10* – туфы риолит-дацитовых порфиров псаммитовые; *11* – туфы риолит-дацитовых порфиров гравийные; *12* – риолит-дацитовые порфиры; *13* – свинцово-цинковые руды; *14* – разломы

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.

5. Свинцово-цинковый с пиритом в углеродисто-кремнисто-доломито-известняковой формации (шалкиинский). Месторождения размещаются в рифтах и внешнем шельфе пассивных окраин микроконтинентов (см. рис. 2). Рудные тела сложены баритом (20%), галенитом (65%), сфалеритом (15%), локализуются в углеродисто-глинисто-кремнисто-карбонатных тонкослоистых породах («ритмитах»), битуминозных известняках и доломитах комковатой и брекчиевой структуры. Отношение свинца к цинку в рудах колеблется от 1:3 до 1:10.

6. Пирит-барит-свинцово-цинковый в трахириолит-дацит-терригенно-известняково-доломитовой формации (учкулачский). Месторождения приурочены к рифтам на внешнем шельфе пассивных окраин микроконтинентов (см. рис. 2) [6] и ассоциируются с вулканогенными составляющими натро-калиевого трахириолитового магматизма (щелочность 6,24–9,42%, отношение K:Na до 10:1). Рудные тела сложены пиритом (10%), баритом (20%), галенитом (30%) и сфалеритом (40%) и локализуются в доломитах, известняковых рифогенных брекчиях, известковистых доломитах, аргиллитах, туфопесчаниках, гравелитах, туффитах и туфах трахириолит-дацитовых порфиров (см. рисунки 2 и 3). Отношение Pb к Zn в рудах варьирует от 1:2 до 3:2.

К рассматриваемому геолого-промышленному типу относится также Павловское месторождение свинца и цинка, которое является одним из крупных рудно-полиметаллических объектов Безымянского узла, расположенного в северо-западной части о. Южный архипелага Новая Земля. Рудные тела размещаются в органогенно-рифогенных карбонатных породах грибовской свиты (D_1) (слоистые и массивные разности микрозернистых, микритовых, биогенных, реже – глинистых, известняков, доломитизированных и окремненных), которые характеризуются тесным сочетанием биогенных и микритовых фаций, слагающих конседиментационные рифогенные палеоподнятия со шлейфом брекчий обрушения.

Руды слагают линзовидно-пластообразные залежи мощностью до 5 м, внутреннее строение которых определяется неравномерным распределением рудных гнезд в карбонатной или кварц-карбонатной матрице. Выделяются массивные, брекчиевидные, прожилково-вкрапленные, реже гнездово-прожилковые и сетчато-вкрапленные руды.

Основные минералого-геохимические типы руд стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах представлены в табл. 2 [13].

В качестве основы для разработки проблемы генезиса стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах авторами принята концепция гидрогенного рудообразования. Разработанные геолого-генетические модели [3, 5, 7] связывают накопленные за последние десятилетия знания как о закономерностях размещения месторождений в земной коре, так и о физико-химических, термо- и гидродинамических обстановках формирования термальных металлоносных хлоридных рассолов, которые являются конечным членом эволюции природного ряда седиментогенных вод различного состава.

Стратиформные свинцово-цинковые руды – производные эксфильтрационных систем, хлоридные рассолы которых мобилизовали рассеянное рудное вещество глубоких горизонтов осадочных бассейнов [11].

Необходимые для формирования руд объемы и температуры рудоносных флюидов обеспечиваются гидродинамически сосредоточенными потоками термальных хлоритных рассолов [9]. Структурные элементы с повышенной фильтрационной проницаемостью (зоны секущих разрывных нарушений), проницаемые

2. Основные минералого-геохимические типы руд стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах

Типы руд	Примеси в рудах	Примеры месторождений
Сфалерит-галенитовый	Ag, Cd, Cu, Ni, Co	Ю-В Миссури (США)
Сфалерит-галенит-флюоритовый	Ba, Cu, Ag, битумы	Иллинойс-Кентукки (США), Таборное (РФ)
Галенит-сфалеритовый	Ag, Cu, Sb, Ge	Пайн-Пойнт (Канада), Три-Стейт (США)
Сфалерит-галенит-баритовый	Ag, Cd, Ga	Миргалимсай (Казахстан)
Германий-галенит-сфалеритовый	Cd, Ag, In, Te, Co, Sb	Сардана (РФ)
Тетраэдрит-халькопирит-галенит-сфалеритовый	Ag, Sb, Cu, Ni, Co	Сумсар (Узбекистан), Дженгеле (Конго)
Пирит-барит-галенит-сфалеритовый	Ag, Cu, Sb, Cd, Ge	Верхнемиссисипский район (США)
Пирит-галенит-сфалеритовый	Ag, Sb, Cd	Шалкия (Казахстан)
Галенит-сфалерит-пиритовый	Ag, Cd	Павловское (РФ)

тела флюидопроводников (внутриформационные пласты-коллекторы) играют роль растворособирающих, растворооопределяющих, транзитных, а в верхних горизонтах коры – рудолокализующих структур и контролируют формирование эпигенетических, стратоидных, секущих или комбинированных залежей свинцово-цинковых руд.

Главным фактором, контролирующим образование эпигенетических свинцово-цинковых рудных залежей, является взаимодействие кислых металлоносных рассолов с гидрохимическими сероводородными (щелочно-сероводородными) барьерами или гидравлическими завесами [7].

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 [4, 11].

Стратиформные свинцово-цинковые руды участвуют в комплексе длительных геологических процессов преобразования карбонатных осадков и пород, которые начинаются с частичной регенерации рудного вещества еще на стадиях диагенеза и эпигенеза [12].

Большое значение в преобразовании руд имеют высокотемпературные гидротермальные растворы, омывающие руды в процессе складчато-разрывных нарушений. Этот гидротермальный метаморфизм выражается в перегруппировке и переотложении рудного вещества с частичным изменением формы рудных тел [1].

Углубление процесса приводит к интенсивной регенерации рудного вещества и его переотложению с формированием новых рудных тел в субпластовых срывах, зонах послойного брекчирования, полостях отслоения и секущих тектонических нарушениях или образованию зон рассеянной свинцово-цинковой минерализации. Можно допустить, что при этом возникают месторождения свинца и цинка, в том числе и жильные, 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 скарнировании первично стратиформных руд и образовании свинцово-цинковых руд в скарнах.

Трансформация структур месторождений и формы первичных стратиформных свинцово-цинковых рудных залежей, перераспределение и регенерация рудного вещества при всех типах преобразований создают новые геологические обстановки нахождения месторождений. Масштабы изменений и их сочетания в той или иной степени влияют на методику прогнозных и поисковых работ [12].

В заключение авторы считают необходимым отметить, что стратиформные месторождения свинцово-цинковых руд в карбонатных породах занимают ведущее положение в мировой добыче свинца и цинка. Главные отличительные признаки этих месторождений – однотипность и простота минерального состава руд (галенит, сфалерит, пирит, иногда барит, халькопирит, реже флюорит), устойчивая приуроченность к карбонатным толщам геологических формаций осадочных бассейнов, которые размещаются на стабильных (кратонных) блоках и(или) их склонах, отсутствие, как правило, проявлений плутонизма, сближенных во времени и пространстве с накоплением рудовмещающих толщ, невысокие температуры минералообразования. При общности стратиформных свинцово-цинковых месторождений по указанным признакам они достаточно разнообразны по индивидуальным особенностям: обстановкам нахождения и формирования, ассоциации с различными, хотя и близкими по набору пород

геологическими формациями и субформациями, отличиям в элементном и минеральном составе руд и ряду других признаков. Типизация рассматриваемых месторождений на основе анализа обстановок их нахождения выполнена в настоящей работе для целей совершенствования методики их прогноза, поисков и оценки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беленицкая Г.А., Романовский С.И., Феоктистов В.П.* Тектоно-магматическое моделирование и прогнозно-минерагенический анализ основных геодинамических групп рудоносных осадочных бассейнов России. – С-Пб: ВСЕГЕИ, 2001.
2. *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.
3. *Геолого-поисковые* модели стратиформных свинцово-цинковых месторождений в вулканогенных и карбонатных толщах / А.И.Донец, И.В.Крейтер, Н.Г.Кудрявцева, И.П.Пугачева // Тр. ЦНИГРИ. 1988. Вып. 223. С. 20–29.
4. *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.
5. *Донец А.И., Емельянов С.А., Тарасов А.С.* Многофакторные модели стратиформных свинцово-цинковых месторождений. Атлас. – М.: ЦНИГРИ, 1994.
6. *Донец А.И., Зорин Е.С., Титова А.П.* Геологические основы поисков и поисковые признаки стратиформного оруденения в карбонатных толщах Средней Азии и Казахстана / Методика поисков и оценки месторождений цветных металлов // Тр. ЦНИГРИ. 1982. Вып. 171. С. 16–21.
7. *Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н.* Гидрогенное рудообразование. – М.: Геоинформмарк, 2000.
8. *Кривцов А.И.* Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
9. *Литогеодинамика* и минерагения осадочных бассейнов / Е.А.Басков, Г.А.Беленицкая, С.И.Романовский и др. // Под ред. А.Д.Щеглова. – С-Пб: ВСЕГЕИ, 1998.
10. *Лубченко И.Ю.* Геохимия свинца в осадках современных водоемов. – М.: Наука, 1977.
11. *Горжевский Д.И., Карцев А.А., Павлов Д.И.* и др. Парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов. – М.: Недра, 1990.
12. *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.
13. *Ручкин Г.В., Донец А.И.* Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
14. *Смирнов В.И.* Геология полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985.
15. *Goresca E.* Geological setting of Silesian-Cracow Zn-Pb deposits // Polish Institute of Geology Geological Quarterly. 1993. Vol. 37. Pp. 27–146.
16. *Hutchinson R.W.* Regional metallogeny of carbonate hosted ores by comparison of field relations // Society of Economic Geologists Special Publication. 1996. № 4. Pp. 8–17.