

Берг Н.В., Сиваш Н.С., Богданов Б.П.

Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия, Berg-Nadya@yandex.ru,
Sivash_Nat@mail.ru, BogdanBoris@mail.ru

ВЗАИМОСВЯЗЬ СУЛЬФИДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ ТИМАНО- ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Рассматривается взаимосвязь сульфидной минерализации и скоплений углеводородов с учетом водородной концепции рудообразования в Тимано-Печорском нефтегазоносном бассейне. Проанализирована природа рудообразующих рассолов, рассмотрены возможные агенты мобилизации и транспортировки рудного вещества, пути их транспортировки и локализации.

Ключевые слова: сульфидная минерализация, углеводороды, эксфильтрационная система, металлоносные рассолы.

Проблема пространственной и парагенетической взаимосвязи свинцово-цинковых месторождений и скоплений углеводородов (УВ) привлекает большое внимание во всем мире. Для северо-восточного склона Тиманской антеклизы, на участке ее сочленения с Ижма-Печорской синеклизой, входящих в состав Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПП), подобная связь установлена между проявлениями сульфидной минерализации и скоплениями УВ.

Территория представлена Ухта-Ижемским валом (его наиболее приподнятой частью - Ухтинской антиклинальной складкой) и Омра-Сойвинским поднятием. Географически она расположена в пределах Южного Тимана, административно – в Ухтинском, Сосногорском, Троицко-Печорском районах Республики Коми и является одним из старейших нефтедобывающих регионов России.

Краткая история вопроса

Вопрос о возможной связи процессов рудо- и нефтеобразования был впервые поставлен В.И. Вернадским еще в начале XX века. На это повлияло близкое расположение стратиформных свинцово-цинковых месторождений Мидконтинента (Верхнее Миссисипи и Три-Стейт) и давно эксплуатировавшиеся нефтегазовые месторождения Иллинойского бассейна. Е.А. Бастин в 1926 г показал, что свинцово-цинковые месторождения, впоследствии отнесенные к миссисиппскому типу, ассоциируют с тяжелыми нефтями и битумами, как и на территории Южного Тимана. Затем многие, преимущественно американские ученые (Б. Доу, Е. Нобл, А. Хейл, Дж. Андерсон, Р. Маккуин, Г. Гарвен и др.), пришли к выводу, что источником металлов в стратиформных свинцово-цинковых

месторождениях района Мидконтинента, Южных Аппалачей и Западной Канады являются горячие концентрированные хлоридные рассолы, поступавшие из прилегающих к рудным районам нефтесодержащих отложений [Горжевский, 1990].

В результате многолетних исследований в ЦНИГРИ, которые были начаты в институте более 40 лет назад по инициативе М.Б. Бородоевской и Д.И. Горжевского. Был собран и систематизирован огромный объем информации по взаимосвязи стратиформных свинцово-цинковых месторождений со скоплениями УВ [Ручкин, Донец, 2002]. Подробно история вопроса и различные аспекты представлений о генезисе стратиформных свинцово-цинковых месторождений изложены в работах Д.И. Горжевского, А.А. Карцева, Д.И. Павлова, Г.В. Ручкина и А.И. Донца и здесь не рассматриваются.

Большой вклад в изучение связи процессов нефтидогенеза, нефтегазонакопления и гидротермального рудогенеза внесли А.С. Уклонский, А.И. Германов, К.И. Лукашев, А.В. Кудельский, В.В. Попов, Л.В. Пустовалов, Н.Б. Вассоевич, В.М. Матусевич, Е.А. Басков, О.А. Савадский, М.С. Курбанаев, Б.А. Досанова, В.Н. Холодов, Э.И. Кутырев, Ю.В. Давыдова, А.К. Иогансова, В.П. Феоктистова, В.Г. Пономарев, А.И. Кичко, Е.С. Зорина, И.В. Стеценко, Л.А. Мирошниченко, Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис, А.В. Мерц, И.М. Митряева, У. Асаналиева, В.М. Попов, И.Д. Турдукеева, П.В. Пакратьева, Ю.В. Михайлова, А.П. Титова, Ф. Снайдер, Д. Брок, Е. Охла, Д. Свиржинский и др.

Несмотря на то, что не все упомянутые исследователи стоят на позициях органического происхождения месторождений нефти и газа (и соответственно трактуют генезис связанных с ними рудных месторождений), однако само наличие таких связей никто сомнениям не подвергает [Горжевский, 1990].

Общие сведения о территории

В геологическом строении Ухта-Ижемского вала принимают участие образования верхнего протерозоя, слагающие фундамент, и отложения фанерозоя, представляющие платформенный чехол. Верхний протерозой сложен терригенными, большей частью флишоидными образованиями, слабо дислоцированными, метаморфизованными в зеленосланцевой фации регионального метаморфизма и прорванными гранитами. Отложения платформенного чехла представлены нормально-морскими (песчано-карбонатно-глинистой, доманиковой кремнисто-карбонатно-сланцевой, карбонатной) формациями среднего и верхнего (последний преобладает) девона, включающими покровы базальтов, дайки и силлы долеритов и нефтеносные пласты. Основная площадь изученной к настоящему времени сульфидной минерализации расположена в пределах крупной антиклинальной структуры,

известной в литературе под названием Ухтинской складки. Складка осложнена более мелкими локальными структурами, являющимися в большинстве приразломными, выраженными в отложениях среднего, в меньшей степени верхнего девона и содержит залежи УВ.

Омра-Сойвинское поднятие примыкает к Ухта-Ижемскому валу с востока и сложено ордовикскими, силурийскими, девонскими карбонатно-терригенными и преимущественно карбонатными образованиями каменноугольной системы.

Разрывные нарушения широко распространены в породах фундамента и платформенного чехла, играют ключевую роль в блоковой тектонике, часто имеют сложное строение и развитие с формированием долгоживущих, неоднократно подновляемых зон, в том числе глубокого заложения, выполняющих магмо- и раствороподводящую функцию.

Границей Тимана и Ижма-Печорской синеклизы служит Восточно-Тиманский разлом (структурный шов), который имеет коро-мантийное или коровое заложение. Состоит он из серии сближенных разломов, по которым поверхность фундамента ступенчато погружается на северо-восток. В отложениях платформенного чехла на временных сейсмических разрезах в зоне разлома фиксируются широкие (до 500 м) участки потери корреляции.

Основными разрывными нарушениями Ухтинской антиклинали являются Ярегский, Чибыуский и Восточный сбросы, которые представляют собой сложную систему нарушений с рядом оперяющих трещин общей шириной до 1 км. Субмеридиональные разрывные нарушения закладывались или подновлялись в раннефранское время, участками выполняли роль магмоподводящих каналов или контролировали гидротермальные процессы при герцинском вулканизме. Северо-Ухтинская и Лыаельская поперечные зоны северо-восточного простирания формируются серией сближенных разрывных нарушений типа сдвига, сбросо-сдвига шириной 5-7 км и протяженностью ~30 км и более. Тектоническая трещиноватость пород характерна для всего разреза фундамента и платформенного чехла и контролирует локализацию рудной минерализации и жильных образований.

Многочисленные нефтегазопроявления присутствуют как в фундаменте, так и во всей осадочной толще, однако промышленные залежи известны только в среднедевонско-нижнефранском терригенном нефтегазоносном комплексе Ухта-Ижемского вала и Омра-Сойвинского поднятия. Выявленная к настоящему времени сульфидная минерализация носит как сингенетичный, так и эпигенетичный характер, присутствует по всему разрезу от отложений фундамента до каменноугольных отложений, но большая часть её сосредоточена в отложениях нижнего и среднего франа.

Характеристика сульфидной минерализации

По мнению авторов [Сиваш, Берг, 2010д, е], сульфидная минерализация Южного Тимана имеет признаки стратиформного свинцово-цинкового оруденения миссисипского типа, главными рудообразующими минералами которого являются сульфиды железа, цинка, свинца.

Минерализация на территории Южного Тимана представлена колчеданно-полиметаллическими рудопроявлениями «Ниаэль», «Курские Дачи», «Бельгоп», «Омра Вож», многочисленными пунктами минерализации в пределах рек Ухта, Чуть, Ярега, находками в карьерах Ярега и Лесник, а также жильными образованиями.

Сингенетичные образования широко развиты в отложениях доманиковой свиты верхнего девона [Сиваш, Берг, 2011], где представлены в виде конкреций пирита в известняках, мергелях и фтанитах, сульфидной рубашки на карбонатных и фтанитовых конкрециях, а также в виде тонкого (до нитевидного) переслаивания сульфидов и битуминозных сланцев. Значительное обогащение сульфидами характерно для базального слоя доманиковой свиты. Сульфиды здесь представлены пиритом, марказитом, редко халькопиритом, отмечался сфалерит. К сингенетичным образованиям относятся сульфиды в глинах доманиковой свиты, изученные на р. Чуть и в скв. 15-К. Сульфиды представлены пиритом и марказитом, сфалеритом, редко халькопиритом. Пирит и марказит встречаются в виде конкреций различных форм и размеров (до 3 см), хорошо образованных кристаллов и их сростков, а также в виде псевдоморфоз по органическим остаткам, сфалерит - в виде дисковидных образований, представляющих сростки таблитчатых кристаллов. Кроме того, из глин обнажений, расположенных в нижнем течении р. Чуть, были получены кристаллы сфалерита брусковидной формы размером от 2-3 до 9 мм. Подобный облик сфалеритов ближе всего к сфалеритам, выполняющим трещины рудопроявления «Ниаэль», что позволяет предполагать присутствие сфалерита в известняках, залегающих непосредственно выше этих глин, т.е. в этих известняках присутствует эпигенетический сфалерит [Берг, Мезрина, 2009].

К эпигенетическим образованиям относится ряд проявлений, пунктов минерализации колчеданно-полиметаллического характера и жильных образований, выявленных в пределах Ухтинской складки. Минерализация выявлена на различных стратиграфических уровнях от протерозоя до верхнего девона, но основная ее масса локализована в карбонатных отложениях франского яруса без видимой связи с магматическими образованиями и приурочена к участкам пересечения разрывных нарушений северо-западного и северо-

восточного простираний. Рудная минерализация представлена, в основном, пиритом, марказитом, в меньшей степени сфалеритом, галенитом, халькопиритом [Сиваш, Берг, 2010б, в].

Оруденение вкрапленного, прожилково-вкрапленного типа, местами прожилки образуют ортогональную сеть ($70^\circ \perp 75^\circ$; $340^\circ \perp 90^\circ$ рудопроявление «Ниаель») [Сиваш, Русинов, 2008]. В этом случае сфалерит либо образует самостоятельные прожилки, либо выполняет центральные части крупных прожилков и выделений, зальбанды которых представлены пиритом и марказитом, либо в виде тонкой вкрапленности сфалерита согласно третьей системе трещин (по слоистости, $165^\circ \perp 4-5^\circ$). Сульфидная минерализация сопровождается геохимическими (донное опробование) и шлиховыми потоками и приурочена к участкам пересечения разрывных нарушений северо-западного и северо-восточного простираний.

Жильные образования территории [Сиваш, Берг, 2010 а] так или иначе тяготеют к зонам разрывных нарушений или местам их пересечения и представлены как секущими, так и согласными жилами. Мощность жил варьирует в широких пределах: от 1-2 мм до 45-50 см. Выполнены они обычно кальцитом, реже кварцем, еще реже рудным (пирит, марказит, сфалерит, халькопирит, галенит), в ряде крупных жил часто присутствуют включения боковых пород. Таким образом, жильные образования приурочены к тем же трещинным зонам, что являлись подводными каналами при формировании рудопроявлений и пунктов минерализации, нередко здесь отмечается присутствие УВ. Так, на правом берегу р. Ухта напротив коренного выхода кальцитовой жилы (левый берег, п. Шуда-Яг) в материале осыпи (выше уровня паводковых вод) были встречены фрагменты кальцитовой жилы с сульфидами (~50%) и твердыми битумами (~30%). Твердые битумы в виде примазок и напыления на кристаллах кальцита встречены в образованиях доманиковой свиты на устье р. Чуть и в виде обломков в составе легкой фракции из металлоносных глин (с пиритом, марказитом, сфалеритом в тяжелой фракции) там же.

Совместное нахождение УВ и сульфидов отмечалось с первых лет проведения поисковых работ на Ухтинской складке (Кулевский А.В., 1941, Ухткомбинат). Сульфидная минерализация, представленная сфалеритом, галенитом, халькопиритом в ассоциации с марказитом и (или) пиритом, описана А.Я. Ферсманом, специально изучавшим минеральное выполнение трещин фундамента Ухтинской площади. Им отмечались две резко различные фазы минералообразования: более ранние образования с анкеритом, кальцитом и кварцем (без сульфидов и органического вещества) и более поздние – с кальцитом, бурым шпатом,

сульфидами и органическим веществом. Обе эти фазы разделяются периодом с выносом более ранней фазы и образованием пустот путем выщелачивания. Первая фаза минералообразования тесно связана с самими сланцами и в значительной части участвовала в процессах превращения осадочных пород в кристаллический сланец. Минералы второй фазы связаны с явлениями значительно более поздними, геохимически и тектонически приуроченными к сбросовым дизъюнктивным трещинам. В схеме последовательности процессов, обусловивших новообразование и перекристаллизацию минералов, карбонатизация, сульфидизация (Pb, Fe, Zn) и окремнение являются наиболее поздними. В трещинах фундамента в непосредственной связи с минеральным выполнением отмечалось присутствие твердых, полутвердых битумов и живой нефти [Берг, 2010].

Еще в 1935 г., обосновывая нецелесообразность поисковых работ на восточном фланге Чибьюского месторождения нефти, А.А. Аносов писал о заполнении всего порового пространства продуктивного горизонта (II пласт) пиритом и новообразованным кварцем. Подобные скважины (211-214) в плане выстраиваются в линию субмеридионального простирания, на продолжении которой к северу находится рудопроявление «Бельгоп».

Но особенно ярко эта взаимосвязь проявлена на Нижне-Чутинском месторождении нефти. Здесь сульфидная минерализация (в том числе халькопирит, сфалерит) установлена в известняках и глинах доманиковой свиты, в согласных кальцитовых (с включениями галенита до 9 мм) и чисто пиритовых жилах, а также в виде цемента в тектонической брекчии на контакте протерозоя и верхнего девона (скв. 11-ПР). При этом минерализация сопровождается шлиховым потоком сфалерита (от 2 до 16% от веса тяжелой фракции).

На Ярегском месторождении галенит отмечался (редко) в составе III нефтеносного пласта, сфалерит в виде просечек 1x10 см - во II пласте. На месторождениях пресных вод, пространственно совмещенных с нефтяными месторождениями (Ярегское, Западно-Ухтинское), воды имеют колчеданно-полиметаллическую специализацию, воды ряда скважин аномальны по содержаниям меди, свинца, цинка, марганца, железа. На месторождении пресных вод «Доманик» при вскрытии I нефтеносного пласта в скважинах наблюдался самоизлив нефти.

Анализ результатов бурения на бокситы в пределах Ухтинской складки (бурение без промывки, с полным отбором керна) показал, что сульфидная минерализация, в том числе вместе с УВ, присутствует на различных стратиграфических уровнях вплоть до фундамента. В то время как сульфидная минерализация встречена в большинстве скважин, проявления нефти и газа установлены только для северо-восточного склона Ухтинской складки, либо

(редко) в скважинах, пробуренных в зонах северо-восточного простирания. В случае развития обильной сульфидной минерализации в верхней части разреза (в отложениях доманиковой и сирачойской свит) в нижележащих коллекторах (нефтеносных пластах I, II, III) фиксируются проявления нефти в виде выпотов, пленок, жидкой нефти. В скв. 2048 наблюдался самоизлив нефти, в скв. 2029, 2041, 2042 - выбросы газа. В целом, сульфидная минерализация занимает по отношению к проявлениям УВ более высокое гипсометрическое положение. Отмечаются случаи совместного нахождения сульфидов и УВ в отложениях доманиковой свиты (скв. 2026, 2027), в базальтах и туфах (скв. 2048, 2050), в фундаменте. Рудопроявление «Курские Дачи» пространственно совмещено со структурой «Дачная», выделенной по сейсморазведочным данным. Поисковые скважины, пробуренные в данном районе, оказались вне контура структуры, но несут признаки нефтеносности.

Таким образом, присутствие асфальтита, битумов и живой нефти в отложениях осадочного чехла и в образованиях фундамента свидетельствуют о том, что вместе с гидротермальными растворами перемещалось не только рудное вещество, но и УВ. Локализация и тех и других происходила в породах, обладающих подходящими для этого фильтрационно-емкостными свойствами, что и определило их совместное пространственное нахождение.

Формирование рудообразующих систем

В настоящее время все больше сторонников приобретает концепция образования Pb-Zn руд за счет горячих металлоносных растворов нефтегазоносных и солеродных бассейнов. Разработан ряд геолого-генетических моделей стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах, в основу которых положена концепция гидрогенного рудообразования. А минерализация рассматривается как результат воздействия на вмещающие породы вод эксфильтрационных систем. Хлоридные рассолы таких систем мобилизовывали рассеянное рудное вещество глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов с последующей их локализацией при изменении термобарических условий в породах, обладающих значительными фильтрационно-емкостными свойствами [Ручкин, Донец, 2002].

Основными элементами функционирования рудообразующих систем являются энергия процесса перемещения флюида, агенты мобилизации и транспортировки рудного вещества, пути транспортировки и места локализации (вмещающие породы).

Согласно В.Н. Холодову, осадочные бассейны подразделяются на три типа: инфильтрационные, элизионные и смешанные. В элизионных флюидных системах

преобладает эксфильтрационный тип водообмена. Напор создается при выжимании (элизии) вод из уплотняющихся пород в коллекторы и частично при уплотнении самих коллекторов с выжиманием вод из одних частей в другие, а также при термической дегидратации минералов и деструкции органического вещества. Основная форма энергии - потенциальная энергия упругой деформации жидкости, накапливающейся в коллекторах в результате уплотнения отложений и выжимания из них водных растворов. Причина движения вод в элизионных флюидных системах — неравномерность (по скорости и объему) отжатия вод в различных участках нефтегазоносных бассейнов, что, в свою очередь, контролирует разницу потенциальной энергии упругой деформации. В подобных системах флюиды, как правило, мигрируют из более погруженных частей бассейнов в приподнятые, т.е. вверх по восстанию пластов. В соответствии с этим большинство природных бассейнов относится к смешанному типу. Интенсивность катагенетических преобразований, обусловивших изменения физических свойств пород бассейна, связана с рядом факторов, к которым относятся глубина погружения осадков, геотермический градиент области, насыщенность пород органическим веществом и др. [Ручкин, Донец, 2002].

ТПП относится [Холодов, 2006] к бассейнам смешанного типа, в составе которой выделяется ряд флюидоносных, флюидоупорных комплексов, осложненных системами разрывных нарушений различного порядка, в том числе и конседиментационного заложения. Для наиболее погруженной части нефтегазоносного бассейна характерен эксфильтрационный тип водообмена. Аномально высокие пластовые давления, создаваемые элизией и (или) поступлением растворов из нижележащих образований осадочного чехла и фундамента по системам разрывных нарушений, либо в результате естественного гидроразрыва пласта (Лысенин Г. П., 1988, ВНИИГАЗ), явились основным источником энергии для перемещения рудоносных растворов из наиболее погруженных частей нефтегазоносного бассейна в направлении Тимана и Омра-Сойвинского поднятия.

Воды зоны затрудненного водообмена хлориднонатриевые и хлориднокальциевые с минерализацией до 250 г/л, повышенным содержанием микрокомпонентов (брома, йода, лития, стронция, рубидия.) и температурой 15-110°C. Воды зоны весьма затрудненного водообмена, вскрытые на глубинах более 3 км, представляют собой высокоминерализованные термальные и слабоперегретые (до 160°C) хлоридные натриевые рассолы различной крепости с высоким содержанием микрокомпонентов. На глубинах свыше 4,0-4,5 км фиксируется достаточно резкий прирост давлений, вплоть до появления аномально высоких давлений, связанный с дегидратацией глин и глинистых минералов и

появлением слабоминерализованных или пресных вод при очень сильном уплотнении вмещающих пород [Данилевский, 2003]. Эти воды взаимодействуют с осадочными толщами с переходом в раствор уголекислоты, сероводорода и кремния. Прорыв менее минерализованных вод этих горизонтов в результате тектоно-магматической активизации территории или естественного гидроразрыва пласта происходит, в первую очередь, по ослабленным зонам (зонам повышенной трещиноватости, разломным зонам). Смещение высокоминерализованных рассолов с менее минерализованными водами нижележащих горизонтов приводит к осаждению металлов и формированию достаточно мощных по вертикали зон сульфидной минерализации, сопровождающихся кальцитизацией, окварцеванием на нефтяных и газовых месторождениях ТПП.

Так, например, на месторождении Восточный Ламбейшор сульфидная минерализация прослежена в терригенных и карбонатных породах триасового-каменноугольного возраста в интервале 835-3669м. Представлена она, в основном, пиритом в виде вкрапленности, стяжений, конкреций и цемента в интервалах, сложенных терригенными породами. Здесь же отмечалось окварцевание в известняках в интервалах 2495-2555, 2690-2725, 3260-3270 м. Аналогичная картина наблюдается на Баяндыском месторождении. В целом для скважин Баяндыского месторождения в отложениях пермского-каменноугольного возраста окварцевание предшествует (занимает более высокое гипсометрическое положение) сульфидной минерализации.

Общая тенденция изменения барических условий в Ижма-Печорской синеклизе - это снижение величины давления от восточного борта впадины к западному. Интервал изменений пластовых давлений для юго-западной части ТПП колеблется от 10-15 МПа в Притиманье до 70 МПа в Верхнепечорской впадине. При этом Ижма-Печорская и Верхнепечорская впадины образуют единую по характеру изменений барических условий зону, в которой область повышенных значений связана с территорией Верхнепечорской впадины, а область пониженных- с Ижма-Печорской [Данилевский, 2003]. Аномально высокие пластовые давления, создаваемые элизией и (или) поступлением растворов из нижележащих образований осадочного чехла и фундамента по системам разрывных нарушений или в результате естественного гидроразрыва пласта (Лысенин Г.П., 1988, ВНИИГАЗ), явились основным источником энергии для перемещения рудоносных растворов из наиболее погруженных частей нефтегазоносного бассейна в направлении Тимана и Омра-Сойвинского поднятия.

Ижма-Печорская синеклиза, особенно ее центральная часть, является областью наиболее интенсивного прогрева и характеризуется наиболее высоким геотермическим градиентом от 2,5 до 3,5°С/100 м, что связывается с широким развитием в фундаменте синеклизы гранитоидов [Данилевский, 2003]. Здесь на механизм действия элизионной гидродинамической системы нефтегазоносного бассейна накладываются термогидродинамические (термоконвекционные) флюидные системы [Ручкин, Донец, 2002], связанные с присутствием в фундаменте гранитов с повышенными содержаниями радиоактивных элементов. Возникновение подобных термоконвекционных флюидных систем происходит за счет тепла, выделяемого при радиоактивном распаде. Подобная схема разработана Ч. Спиракисом и А. Хейлом для Верхнемиссисипского рудного района. Граниты с повышенными концентрациями радиоактивных элементов выявлены в пределах рудных районов Юго-Восточного и Центрального Миссури, Три-Стейт и др. [Ручкин, Донец, 2002]. Аналогичные граниты установлены в пределах Ижма-Печорской синеклизы, в частности, Нижне-Омринский (рудопроявление Омра-Вож) и Южно-Джъерский батолиты.

На Ухтинской складке воды с повышенной радиоактивностью связаны с гранитными интрузиями, локализованы в трещинных зонах фундамента в узлах пересечения разломов северо-западного и северо-восточного простирания. Причем распространение радиоактивных вод контролируется именно зонами северо-восточного простирания

В качестве одного из доказательств функционирования термоконвекционной рассольной системы Ч. Спиракис и А. Хейл приводят данные о наличии рассолов в докембрийском фундаменте со следами нефти на глубине 600 м ниже его поверхности. На Ухтинской складке в водах фундамента до глубины ~500 м не только наблюдались многочисленные газо- и нефтепроявления, но и была получена фонтанная нефть (Л.А. Вокуев, 1979, ООО «Петрофизик»).

Условия формирования рудоносных рассолов

В качестве агентов мобилизации и транспортировки металлов, формирующих оруденение, рассматриваются воды нефтегазоносного бассейна. Изучение газово-жидких включений в минералах Pb-Zn месторождений различных рудных районов мира показало существенное сходство рудообразующих флюидов с водами зон затрудненного водообмена. Для газово-жидких включений характерна высокая общая минерализация порядка 350-3650 моль/кг H₂O. Анионная часть представлена исключительно хлором; среди катионов преобладают Са и Na, в меньшей степени К и Mg, отмечается присутствие УВ (СН₄ и С₂Н₆).

Кроме того, в составе газово-жидких включений спорадически отмечаются Na^{1+} , NH_4^+ , K^{1+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Cl^{-} , Br^{-} , F^{-} , CO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_4^{2-} и ионы ацетата [Ручкин, Донец, 2002].

Воды зон затрудненного водообмена нефтегазоносного бассейна представлены хлоридными натриево-кальциевыми растворами достаточно широкого (100-140°C) диапазона температур, высокой общей минерализации (до 270 г/кг) и концентрации Pb и Zn до 200 мг/кг [Ручкин, Донец, 2002]. Сходные по составу растворы с общей минерализацией 230-270 г/л (в отдельных пробах 310-408 г/л) и температурой 84,6-116,6°C на глубинах 4500-5860 м установлены на Вуктыльском и других месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (Лысенин Г. П., 1988, ВНИИГАЗ). Содержания (по отдельным определениям) в подземных водах меди составляют 0,35-1,2; цинка 1,4-8,2; свинца 0,73-2,58 мг/л. образом, воды отдельных районов ТПП обладают параметрами, характерными для рудообразующих флюидов и могут выступать в качестве агентов мобилизации и транспортировки металлов в растворах. Хотелось бы обратить внимание на пространственное совпадение территории распространения нефтей цинковой специализации в южной части ТПП по И.С. Готих; А.А. Маракушев, связанной с развитием здесь гранитов. На остальной части территории ТПП где широко развиты продукты основного магматизма преобладают нефти ванадиево-никелевой специализации. Содержания металлов в нефтях ТПП по данным Е.П. Калинина колеблется в следующих пределах: ванадий 5960-137000; хром 2780-37200; железо 75200-505000; кобальт 80-475; никель 6950-136000; медь 11000-130900; цинк 14300-74900; свинец 1140-10000; иттрий 4-38; кадмий 46-403 ppb.

Перенос рудных элементов осуществляется в основном хлоридными комплексами Pb и Zn, которые при солёности более 250 г/кг позволяют поднять содержание Pb и Zn в растворе свыше 1 мг/кг. Возможность формирования в поровых водах концентраций свинца и цинка до содержаний $n \cdot 10^n$ мг/кг при их кларковых содержаниях в породах показано экспериментальными исследованиями Л.Г. Богашевой. Дополнительное извлечение металлов из вмещающих пород происходит по мере миграции термальных рассолов к очагам разгрузки в том числе, как считает Д.И. Павлов, за счет взаимодействия рассолов с диагенетическими микрорудными фациями осадочных пород. Подобные микрорудные фации с содержаниями тяжелых металлов, в десятки и сотни раз превышающими кларковые, зафиксированы в осадочных породах многочисленными нефтепоисковыми скважинами [Ручкин, Донец, 2002]. В пределах Южного Тимана и Ижма-Печорской синеклизы серьезным дополнительным источником рудного вещества являются гранитные интрузии

байкальского и вулканогенные образования герцинского этапов тектоно-магматической активизации территории, а также сингенетическая минерализация.

Разными авторами в качестве агентов мобилизации и транспортировки металлов рассматриваются хлоридные, бисульфидные и органические комплексы. На основании изучения бассейновых рассолов и термодинамического моделирования, выполненного Дж. Хенором, Т. Джорданом, Я. Хараки и другими исследователями, была показана несостоятельность гипотез о ведущей роли органических и бисульфидных комплексов в формировании рудоносных флюидов. Более того, Дж. Хенором получены прямые доказательства зависимости содержаний свинца и цинка в рассолах Галф Коста от содержаний в них хлоридов. Была выявлена пороговая хлористость рассолов — около 10^5 мг/л, эквивалентная солёности 170 г/л, ниже которой бассейновые флюиды являются плохими растворителями металлов, а выше которых металлы встречаются в концентрациях, характерных для рудообразующих флюидов, т. е. перенос рудных элементов осуществляется хлоридными комплексами Pb и Zn. Растворимость свинца и цинка в хлоридных водах может быть реализована в формировании следующих хлоридных комплексов этих металлов: MeCl^+ , MeCl_2° , MeCl_3^- , MeCl_4^{2-} . Согласно модельным термодинамическим построениям Дж. Хенора, преобладание в растворе того или иного комплексного соединения Pb и Zn в первую очередь зависит от активности хлора (αCl^-) [Ручкин, Донец, 2002].

Условия локализации оруденения

Поступление рудных компонентов к местам формирования оруденения и необходимые для этого температуры обеспечивались гидродинамически сосредоточенными потоками рудоносных флюидов по зонам секущих разломов, которые наряду с флюидоносными комплексами играли роль растворособирающих, транзитных и рудоконтролирующих структур [Ручкин, Донец, 2002].

Региональный структурный контроль локализации сульфидной минерализации определяется наличием на изученной территории флюидопроводников (нефтеносные песчаники I, II, III пластов), по которым осуществлялась латеральная миграция рудоносных растворов, и зон секущих разрывных нарушений контролировавших восходящую миграцию флюида. Высокая проницаемость трещинных зон, особенно на участках пересечения разрывных нарушений различного простирания, обеспечивала высокую скорость транспортировки рудоносного флюида и необходимую для переноса металлов температуру.

Моделирование гидродинамики потенциально рудообразующих флюидных систем нефтегазоносного бассейна, выполненное А.А. Пэком, показало, что в зону разлома

стягиваются растворы из области глубинного питающего потока, равной по ширине примерно удвоенной глубине проникновения разлома [Ручкин, Донец, 2002]. Глубина заложения Восточно-Тиманского структурного шва по данным Булина Н.К. оценивается в 70-75 км, т.е. в зону его влияния стягиваются растворы флюидоносных комплексов всей Ижма-Печорской и, частично, Верхнепечорской впадин ТПП. Разгрузка металлоносных рассолов происходит по транзитным зонам оперяющих Восточно-Тиманский структурный шов разрывных нарушений северо-западного и северо-восточного простирания на участках их пересечения.

В случае разгрузки таких рассолов во впадинах на дне бассейна формируется сингенетическая элизионно-осадочная (осадочно-эксфильтрационная) сульфидная минерализация (хотя авторы не исключают возможности участия в этом процессе гидротермальных вод герцинского этапа тектоно-магматической активизации, в частности, для образований доманиковой свиты). Сульфиды принимают участие в осадконакоплении, образуя тонкое (до нитевидного) переслаивание с битуминозными сланцами. Наличие сингенетического сфалерита, пирита, марказита в хорошо образованных кристаллах в глинах (причем пирит в игольчатой форме прорастает поперек слоистости), обилие следов илоедов, выполненных сульфидами, послойное распределение сульфидных конкреций, присутствие на конкрециях 2-4-х слоев сульфидной рубашки свидетельствует, на наш взгляд, о формировании сульфидов на стадии седиментогенеза, либо на начальной стадии диагенеза, но еще до полного уплотнения осадка. Поступление рудных растворов носило спорадический, пульсационный характер, что обусловило локальное и весьма существенное обогащение отдельных интервалов сульфидами.

При наличии литологического, стратиграфического (поверхность несогласия) или тектонического экрана на пути восходящего флюидного потока происходит растекание во вмещающие породы кислых металлоносных растворов с формированием стратоидной, секущей или комбинированных форм выделения сульфидной минерализации. Подобным экраном могут служить жильные образования, широко развитые на Ухтинской складке. Приурочены жильные образования к зонам разломов, образуют протяженные до 10-15 км зоны, фиксируемые в физических полях, и пользуются широким развитием в пределах рудопроявлений.

В аналогичной обстановке в пределах Ухта-Ижемского вала и Омра-Сойвинского поднятия формировались проявления и месторождения асфальтита, которые также контролируются зонами пересечения разломов. Месторождение асфальтита «Ижемское»,

проявления «Аким-Ель», «Нефтяная балка», и др. приурочены к местам пересечения Восточно-Тиманского разлома северо-западного с разрывными нарушениями северо-восточного простираний. На Омра-Сойвинском поднятии выделяется Нижне-Омринская группа локальных брахиантиклиналей (В.Г. Топорков, 1996, ТОО «Геолог-1»), «зажатых» между двумя разломами северо-восточного простирания. К этой зоне приурочено Омра-Вожское рудопроявление и ряд проявлений асфальтита: «Бадбель», «Разъезд Омра», «Нибельское», «Нижне-Омринское», локализованных в известняках среднего карбона. Известняки импрегнированы черным битуминозным веществом, относящимся к асфальтам и мальтам, которые выполняют многочисленные трещины скола, отдельности, часто горизонтальные. За пределами зоны битуминозность не установлена (В.Г. Топорков, 1996, ТОО «Геолог-1»).

Разрывные нарушения северо-восточного простирания, с которыми связаны проявления асфальтита и которые на Ухтинской складке контролируют распределение вод с повышенной естественной радиоактивностью, часто в Ижма-Печорской впадине определяют размещение нефтяных и газовых месторождений, т.е. по зонам этих разломов осуществлялась не только восходящая, но и латеральная миграция рудоносных флюидов совместно с УВ.

Таким образом, высокоминерализованные рассолы отдельных нефтегазоносных областей ТПП (Тиманской и Ижма-Печорской) являются конечными членами природного ряда седиментогенных вод различного состава и определяют формирование не только скоплений нефти, газа, асфальтитов, но и полиметаллического оруденения Южного, а, возможно, всего Тимана.

Заключение

Для изученной территории Южного Тимана и смежной части Ижма-Печорской синеклизы прослеживается пространственное совмещение проявлений сульфидной минерализации и нефтепроявлений, месторождений нефти. Присутствие асфальтита, битумов и живой нефти в отложениях осадочного чехла и в образованиях фундамента свидетельствует о том, что вместе с гидротермальными растворами перемещалось не только рудное вещество, но и УВ.

За основу характеристики взаимосвязи сульфидов и скоплений УВ принята концепция гидрогенного рудообразования. Минерализация рассматривается как результат воздействия на вмещающие породы вод эксфильтрационной (элизионной) системы ТПП. Хлоридные рассолы этой системы мобилизовывали рассеянное рудное вещество глубоких горизонтов

нефтегазоносного бассейна с последующей их локализацией при изменении термобарических условий в породах, обладающих значительными фильтрационно-емкостными свойствами.

Для Южного Тимана и южной части примыкающей к нему Ижма-Печорской впадины (синеклизы) на механизм действия элизионной гидродинамической системы накладываются термогидродинамические (термоконвекционные) флюидные системы [Ручкин, Донец, 2002], связанные с присутствием в фундаменте гранитов с повышенными содержаниями радиоактивных элементов. Возникновение подобных термоконвекционных флюидных систем происходит за счет тепла, выделяемого при радиоактивном распаде.

Граниты, вулканогенные образования и сингенетическая минерализация осадочного чехла являлись дополнительными источниками рудного вещества при формировании рудоносных рассолов.

Перенос рудных элементов осуществляется в основном хлоридными комплексами Pb и Zn. Поступление рудных компонентов и необходимые температуры обеспечивались гидродинамически сосредоточенными потоками рудоносных флюидов по зонам секущих разломов, которые наряду с флюидоносными комплексами играли роль растворособирающих, транзитных и рудоконтролирующих структур.

Региональный структурный контроль определяется наличием на изученной территории флюидопроводников (нефтеносные песчаники I, II, III пластов), по которым осуществлялась латеральная миграция рудоносных растворов, и зон секущих разрывных нарушений, контролировавших восходящую миграцию флюида. Высокая проницаемость трещинных зон, особенно на участках пересечения разрывных нарушений различного простирания, обеспечивала высокую скорость транспортировки рудоносного флюида и необходимую для переноса металлов температуру.

В случае разгрузки таких рассолов в понижениях дна бассейна формируется сингенетическая элизионно-осадочная (осадочно-эксфильтрационная) сульфидная минерализация (хотя авторы не исключают возможности участия в этом процессе гидротермальных вод герцинского этапа тектоно-магматической активизации, в частности, для образований доманиковой свиты). При наличии литологического, стратиграфического (поверхность несогласия) или тектонического экрана на пути восходящего флюидного потока происходит растекание кислых металлоносных растворов во вмещающие породы с формированием стратоидной, секущей или комбинированных форм выделения сульфидной минерализации.

В пределах Ухта-Ижемского вала и Омра-Сойвинского поднятия наблюдается тектонический контроль размещения проявлений асфальтита. Месторождение «Ижемское» и проявления асфальтита приурочены к местам пересечения разломов северо-западного с разрывными нарушениями северо-восточного простирания. Эти же нарушения северо-восточного простирания контролируют распределение вод с повышенной естественной радиоактивностью на Ухтинской складке и определяют размещение нефтяных и газовых месторождений в Ижма-Печорской синеклизе, т.е. по зонам этих разломов осуществлялась не только восходящая, но и латеральная миграция рудоносных флюидов совместно с УВ.

Таким образом, при латеральной и вертикальной миграции термальных высокоминерализованных рассолов могут возникать единство путей формирования, а затем и сонахождения сульфидной минерализации и скоплений УВ.

Литература

Берг Н.В. Пространственная взаимосвязь промышленного скопления углеводородов и рудной минерализации на Ухтинской площади // V Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле». – М.: Изд-во РГГУ. - 2010. - С. 88.

Берг Н.В., Мезрина М.В. Полимнеральные проявления в карбонатных отложениях сирачойской и доманиковой свит северо-западной периклинали Ухтинской складки. - Ухта: изд-во УГТУ. - 2009. - С. 277-282.

Горжевский Д.И., Карцев А.А., Павлов Д.И. Парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов. - М.: Недра. - 1990. – 268 с.

Данилевский С.А., Склярлова З.П., Трифачев Ю.М. Геофлюидалные системы Тимано-Печорской провинции. – Ухта: ГУП «Тимано-Печорский научно-исследовательский центр». - 2003. – 298 с.

Рудные месторождения США / Под ред. Дж. Риджа. Т. 1. - М.: Мир. - 1972. - С. 660.

Ручкин Г.В., Донец А.И. Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах. - М.: ЦНИГРИ. - 2002. – 123 с.

Сиваш Н.С., Русинов А.Ю. Некоторые аспекты интерпретации физических полей юго-восточной части Ухтинской площади // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. - Ухта: УГТУ. - 2008. - С. 281-283.

Сиваш Н.С., Берг Н.В. Сингенетичная минерализация, как признак полиметаллического оруденения // Минералы индикаторы литогенеза. - Сыктывкар: Геопринт. - 2011. - С. 306-308.

Сиваш Н.С., Берг Н.В. Жильные образования осадочного чехла Ухтинской площади. – Материалы научно-технической конференции. - Ухта: изд-во УГТУ. - 2010. - С. 123-126.

Сиваш Н.С., Берг Н.В. Колчеданно-полиметаллическая минерализация в рифах Ухтинского района // Рифы и карбонатные псефитолиты. – Сыктывкар: Геопринт. - 2010. - С. 166-168.

Сиваш Н.С., Берг Н.В. Минералогия полиметаллических рудопроявлений Ухтинской площади // XI Съезд РМО «Современная минералогия: от теории к практике». – СПб: изд-во РМО. - 2010. - С. 19-21.

Холодов В.Н. Геохимия осадочных пород. – М.: ГЕОС. - 2006. – 608 с.

Berg N.V., Sivash N.S., Bogdanov B.P.

Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia, Berg-Nadya@yandex.ru, Sivash_Nat@mail.ru, BogdanBoris@mail.ru

INTERRELATION OF SULPHIDE MINERALIZATION AND HYDROCARBON ACCUMULATIONS - EVIDENCE FROM TIMAN-PECHORA AREAS

The interrelation of sulphide mineralization and hydrocarbon accumulations is analyzed considering hydrogenic concept of mineralization in the Timan-Pechora oil-and-gas-bearing basin. The nature of the ore-forming brines is analyzed, possible agents of mobilization and transportation of ore material, ways of its transport and localization are considered.

Key words: *sulphide mineralization, hydrocarbons, ex-filtration system, metalliferous brines.*

References

Berg N.V. *Prostranstvennaya vzaimosvyaz' promyshlennogo skopleniya uglevodorodov i rudnoy mineralizatsii na Ukhtinskoj ploshchadi* [Spatial relationship of commercial hydrocarbon accumulations and mineralization in Ukhta area]. V International Scientific Conference of Students and Young Scientists «Molodye – naukam o Zemle». Moscow: RGGU, 2010, p. 88.

Berg N.V., Mezrina M.V. *Polimineral'nye proyavleniya v karbonatnykh otlozheniyakh sirachoy skoy i domanikovoy svit severo-zapadnoy periklinali Ukhtinskoj skladki* [Polymetallic manifestations in carbonate sediments of Sirach and Domanik suites, northwest plunge of Ukhta fold]. Ukhta: UGTU, 2009, p. 277-282.

Gorzhevskiy D.I. Kartsev A.A., Pavlov D.I. *Paragenesis metallov i nefti v osadochnykh tolshchakh neftegazonosnykh basseynov* [Paragenesis of metals and oil in sediments of oil-and-gas-bearing basins]. Moscow: Nedra, 1990, 268 p.

Danilevskiy S.A., Sklyarova Z.P., Trifachev Yu.M. *Geoflyuidal'nye sistemy Timano-Pechorskoy provintsii* [Geo-fluidal systems of the Timan-Pechora]. Ukhta: GUP «Timano-Pechorskij nauchno-issledovatel'skiy tsentr», 2003, 298 p.

Rudnye mestorozhdeniya SShA [Ore deposits of the United States of America]. Editor Dzh. Ridzh. Moscow: Mir, 1972, vol. 1, p. 660.

Ruchkin G.V. Donets A.I. *Stratiformnye svintsovo-tsinkovye mestorozhdeniya v karbonatnykh tolshchakh* [Stratiform lead-zinc deposits in carbonate strata]. Moscow: TsNIGRI, 2002, 123 p.

Sivash N.S., Rusinov A.Yu. *Nekotorye aspekty interpretatsii fizicheskikh poley yugo-vostochnoy chasti Ukhtinskoj ploshchadi* [Some aspects of the interpretation of physical fields of south-eastern Ukhta area]. Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnykh, magnitnykh i elektricheskikh poley. Ukhta: UGTU, 2008, p. 281-283.

Sivash N.S., Berg N.V. *Singenetichnaya mineralizatsiya, kak priznak polimetallicheskogo orudneniya* [Syngenetic mineralization as a sign of polymetallic mineralization]. Mineraly indikatory litogeneza. Syktyvkar: Geoprint, 2011, p. 306-308.

Sivash N.S., Berg N.V. *Zhil'nye obrazovaniya osadochnogo chekhla Ukhtinskoj ploshchadi* [Vein formation of sedimentary cover of Ukhta area]. Ukhta: UGTU, 2010, p. 123-126.

Sivash N.S., Berg N.V. *Kolchedanno-polimetallicheskaya mineralizatsiya v rifakh Ukhtinskogo rayona* [Pyrite-polymetallic mineralization in the reefs of Ukhta area]. Rify i karbonatnye psefitolity. Syktyvkar: Geoprint, 2010, p. 166-168.

Sivash N.S., Berg N.V. *Mineralogiya polimetallicheskikh rudoproyavleniy Ukhtinskoj ploshchadi* [Mineralogy of polymetallic ore occurrences in Ukhta area]. XI S"ezd RMO «Sovremennaya mineralogiya: ot teorii k praktike». Saint-Petersburg: RMO, 2010, p. 19-21.

Kholodov V.N. *Geokhimiya osadochnykh porod* [Geochemistry of sedimentary rocks]. Moscow: GEOS, 2006, 608 p.