

Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет



НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

***ЛОМОНОСОВСКИЕ
ЧТЕНИЯ***

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ

***Подсекция
нефтегазовой седиментологии и общей литологии***

Руководитель – зав. кафедрой, доцент Калмыков Г.А.

СБОРНИК
ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Москва
2026

Содержание:

1. Флюидная литология: актуальные проблемы теории литогенеза
Е.В. Карпова 2
2. Литогенетический анализ терригенных пород-коллекторов (на примере ачимовского клиноформенного комплекса Западной Сибири)
Т.А. Шарданова, Е.В. Карпова, Е.К. Бакай, А.Н. Хомяк 4
3. Состав микроминеральных фаз пирита угленосных отложений Донецкого бассейна и его изменения по стадиям литогенеза и углефикации
К.М. Седаева, А. Г. Викулов 7

ФЛЮИДНАЯ ЛИТОЛОГИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ЛИТОГЕНЕЗА

Е.В. Карпова

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Флюидное направление в литологии представляет собой современную концепцию, которая рассматривает формирование и преобразование осадочных толщ в результате воздействия глубинных подвижных систем — газов и минерализованных растворов. В отличие от классического подхода к изучению процессов седиментации, акцентирующего внимание на экзогенных факторах, это направление анализирует влияние восходящих потоков из недр Земли, которые активно приносят энергию и вещества, тем самым участвуя в создании специфических типов пород, формируя коллекторские свойства и характерные вторичные изменения. Исследователи изучают очаги разгрузки таких флюидов на дне бассейнов, где они провоцируют развитие уникальных биоценозов и возникновение геохимических аномалий, отражающихся в изотопном составе минералов. Изучение маркеров флюидной активности, таких как микроскопические газово-жидкие включения или зоны аномальных минерально-структурных ассоциаций (включая массовую доломитизацию), позволяет связывать процессы в осадочной оболочке с глобальной геодинамикой и тектоникой [Беленицкая, 2011a]. Практическая ценность этого подхода заключается в возможности более точного прогнозирования месторождений углеводородов и рудных ископаемых, локализация которых часто контролируется зонами флюидной дегазации и глубокозалегающими разломами.

Влияние флюидов на процессы седиментогенеза выражается в трансформации облика, состава и структуры осадка. Разгружаясь на дне бассейнов, растворы и газы становятся прямым источником рудных элементов и минералообразующих растворов, провоцируя формирование аутигенных минералов (барит, пирит и др.) непосредственно в ходе отложения осадочного материала. Механическое воздействие интенсивной дегазации, например, через метановые сипы, способно изменять структуру осадка, вымывая тонкие частицы и формируя зоны с аномальной зернистостью [Рубан, Дударев, 2024]. Важнейшую роль играет химическая энергия флюидов, которая поддерживает существование специфических биоценозов — цианобактериальных матов и колоний организмов, продукты жизнедеятельности которых создают уникальные типы пород и тафоценозов. Химическое взаимодействие флюидов с иловыми водами оставляет четкий маркер в виде геохимических и изотопных аномалий, которые позволяют исследователям фиксировать зоны древней разгрузки даже спустя миллионы лет. Кроме того, флюидная активность напрямую формирует донный рельеф через создание специфических

морфологических структур, таких как грязевые вулканы, кратеры дегазации и карбонатные постройки, превращая очаги разгрузки в автономные центры осадконакопления.

Влияние флюидов на процессы литогенеза проявляется в масштабном преобразовании осадочного вещества на всех этапах его превращения в горную породу и последующего существования в недрах. На стадиях диагенеза и катагенеза внедрение агрессивных глубинных растворов и газов изменяет направление минералообразования, накладываясь на стандартные фоновые процессы, проявляет синергетический эффект. Флюиды выступают мощным катализатором химических реакций, вызывая массовое растворение неустойчивых компонентов и замещение одних минералов другими, например, в процессах интенсивной доломитизации известняков. Особую роль потоки флюидов играют в формировании пустотного пространства: они могут являться как агентами аутигенного минералообразования, снижая проницаемость породы, так и формировать зоны вторичной пористости и кавернозности, создавая высокоэффективные природные резервуары. Температурное воздействие термальных флюидов ускоряет созревание органического вещества, смещая границы «нефтяного окна» и влияя на генерационный потенциал толщ. Кроме того, флюидное давление определяет напряженное состояние пород, способствуя образованию зон гидроразрыва и специфических текстур смятия.

Флюидный фактор является мощнейшим двигателем литогенеза, превращающим осадочный бассейн в динамичную энергетическую систему, где главную роль играют восходящие потоки элизионных вод и глубинных эксгаляций. В.Н. Холодов [Холодов, 2019] обосновал концепцию стадийности этого процесса, показав, что флюиды не просто переносят огромные массы рудных и породообразующих компонентов, но и радикально меняют физико-химическую среду в порых, управляя процессами растворения, переотложения минералов и созревания органического вещества.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Государственного задания №АААА-А16-116033010120-0.

Литература

Беленицкая Г.А. «Флюидное» направление литологии: состояние, объекты, задачи // Уч. зап. Казанского университета. Естественные науки. 2011а. Т. 153. Кн. 4. С. 97–113.

Рубан А.С., Дударев О.В. Влияние разгрузки газонасыщенных флюидов на гранулометрический состав донных осадков // Комплексные исследования Мирового океана (КИМО 2024). 2024. С. 431-432

Холодов В.Н. К проблеме нефтеобразования в стратиффере // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 1(24).

ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ АЧИМОВСКОГО КЛИНОФОРМЕННОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Т.А. Шарданова, Е.В. Карпова, Е.К. Бакай, А.Н. Хомяк

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва

Ачимовский клиноформенный комплекс нижнемелового возраста Западной Сибири, сложенный обломочными и глинистыми породами, формируется в склоновой и присклоновой части относительно глубоководного палеобассейна шельфового типа. Песчаные «пласты» в его фондоформенной части формировались на этапах падения и низкого стояния уровня моря (Бабина Е.О. и др., 2022). Разрезы, сформированные в разных частях относительно глубоководных конусов выноса, отличаются не только мощностью существенно песчаных интервалов, но и их фильтрационно-емкостными свойствами и нефтенасыщенностью.

Целью исследования является выявление факторов и закономерностей, влияющих на формирование общей пористости в обломочных породах ачимовского комплекса. На формирование пористости влияют как седиментационные, так и постседиментационные факторы. К первым относятся: размер, сортировка, форма, окатанность и состав обломков. Ко вторым: укладка обломочного материала, количество, состав и характер распределения цемента и пор. Таким образом, необходимым условием исследований является комплексный литолого-фациальный, стадийный и петрофизический методы.

Все обломочные породы/осадки в пределах конусов выноса сформированы гравитационными потоками различной плотности. Выделяются два основных типа отложений: высоко плотностных обломочных потоков (ВП) и низко плотностных (НП – турбидных) (Жемчугова В.А. и др., 2021).

Отложения высоко плотностных потоков представлены преимущественно мощными пластами средне- и мелкозернистых песчаников зерновых потоков и имеют ряд характерных особенностей: а) обычно значительная мощность; б) ровные резкие, реже эрозионные нижние границы; в) интракласты глинистых пород могут быть сгруппированы или рассеяны по объему породы; г) хорошая сортировка обломочного материала; незначительное содержание пелитоморфного матрикса; д) нередко в верхних частях слоев наблюдается примесь глинистого материала и УРД. Это указывает на способность потока эродировать дно, с формированием русел, проток разного масштаба, что характерно для высоко плотностных гравитационных потоков с ламинарным характером движения.

Отложения низкоплотностных (турбидных) потоков представлены неравномерным, преимущественно тонким переслаиванием алевролита мелкозернистого глинистого и песчаника

мелко-тонкозернистого глинистого с горизонтальной, полого- и линзовидно-волнистой и мелкомасштабной косой слоистостью, подчеркнутой УРД. В редких случаях нижние контакты со следами вдавливания. Глинистые слойки в основном с тонкой субгоризонтальной слоистостью. В слойках и линзах песчаника присутствует тонкая слабоволнистая и мелкая косая слоистость. Подобные отложения характерны для намывных валов, которые формируются как прирусловые, так и в «приустьевой» части русел и протоков.

Таким образом, по частоте и мощности интервалов разреза, сформированных потоками разной плотности, можно предположить присутствие русел, протоков, их устойчивость в рельефе, а также намывных валов в пределах относительно глубоководного конуса выноса.

Состав обломочного материала показал его схожесть в песчаниках разного генезиса и варьирует от аркозового до граувакко-аркозового, с содержанием кварца 40-60%, полевых шпатов 30-50%, слюд до 10% и литокластов осадочных, метаморфических, магматических пород до 5%. Медианный диаметр песчаников зерновых потоков 0,03-0,07 мм; для турбидных потоков 0,004-0,064мм, что указывает на худшую сортировку и большее содержание алевро-пелитовой составляющей в последних, а соответственно меньшую седиментационную пористость.

Можно предположить, что отложения, сформированные высокоплотными зерновыми потоками и имеющие локальное распространение в пределах подводных каналов\протоках, обладают лучшими фильтрационно-емкостными свойствами, обусловленные уже на стадии седиментации. Такими же особенностями должны обладать отложения турбидных потоков (ТрА, ТрАВ) в проксимальных частях приустьевых конусов выноса, в отличии от отложений турбидных потоков с элементами цикла Боума ТрСDE, ТрС, ТрDE характерные для краевых частей конуса выноса и прирусловых валов. Для последних характерно значительное содержание седиментационного пелитового матрикса.

Изучение постседиментационных процессов в песчаниках, вскрытых скважинами преимущественно на глубинах более 2 км, позволило выделить процессы фонового катагенеза погружения, влияющие на изменения структуры, состава в условиях увеличивающегося литостатического давления и температуры; а также процессы наложенного катагенеза, обусловленные воздействием флюидов, обладающих специфическими физико-химическими характеристиками (кислотный и щелочной) (Карпова Е.В. и др., 2025).

Анализ влияния процессов катагенеза на песчаники, сформированные разными типами потоков, позволил выделить ряд закономерностей. Процессы фонового катагенеза погружения проявлены в песчаниках в виде механоконформных структур, инкорпорации, микростилолитовых контактах, регенерации кварца и полевых шпатов, хлоритизации глинистого цемента, и ухудшающие ФЕС пород (Кпор менее 1%). Все эти процессы наиболее характерны для отложений намывным валов, сформированных турбидными потоками ТрСDE, ТрС, ТрDE.

Для песчаников зерновых потоков русел/каналов и песчаников с элементами ТрА, АВ проксимальных частей конусов выноса влияние литостатического давления проявляется в изменении упаковки, но с сохранением седиментационной пористости, что способствует активным процессам наложенного флюидного катагенеза. Кислотный флюид проявляется массовым выщелачиванием полевых шпатов или\и их альбитизации, формированием каолинистого цемента. Все эти процессы способствуют формированию вторичной пористости более 10%. Но в тоже время сформированная вторичная пористость благоприятна проникновению более позднего щелочного флюида, результатом которого является залечивание первичных и вторичных пустот в песчаниках зерновых потоков (Кпор 0-5%).

Таким образом, с глубин в среднем 2,0 км (зона позднего катагенеза) коллекторские свойства пород обусловлены действиями вторичных процессов (выщелачивание, разуплотнение), опосредованно контролируемых генезисом осадков в пределах относительно глубоководного комплекса. Сильная изменчивость коллекторских свойств пород по разрезу и по площади обусловлена макро- и микро циклическим строением терригенных разрезов в результате миграции каналов и аккумулятивных систем, сформированных потоками разной плотности. Полученные данные, при использовании комплексного литолого-петрофизического подхода, могут быть использованы для прогнозирования нефтегазоносного потенциала пластов и выбора оптимальных зон для разработки.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Государственного задания №АААА-А16-116033010120-0.

Литература

- 1) Бабина Е.О., Калмыков Г.А., Ступакова А.В., Мордасова А.В., Коробова Н.И., Хотылев О.В., Шарданова Т.А., Хромова Е.В., Гилаев Р.М. Анализ геометрии и прогноз природных резервуаров в нижнемеловых клиноформах в северной части Приобского месторождения. 2022 Вестник Московского университета. Серия 4: Геология, издательство Изд-во Моск. ун-та (М.), № 4, с. 112-131
- 2) Жемчугова В.А., Рыбальченко В.В., Шарданова Т.А. Секвенс-стратиграфическая модель нижнего мела Западной Сибири. 2021 Георесурсы, том 23, № 2, с. 179-191
- 3) Карпова Е.В., Бакай Е.К., Шарданова Т.А., Хомяк А.Н. Постседиментационные изменения песчаных коллекторов мелового возраста западной части Гыданского полуострова. 2025 Вестник Московского университета. Серия 4: Геология, издательство Изд-во Моск. ун-та (М.), том 64, № 4, с. 143-152

СОСТАВ МИКРОМИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ ПИРИТА УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ ПО СТАДИЯМ ЛИТОГЕНЕЗА И УГЛЕФИКАЦИИ

К. М. Седаева¹, А. Г. Викулов²

1 МГУ им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва

2 Тюменская Нефтяная компания, Москва

Пирит в угленосных отложениях нижнего и среднего карбона Донецкого бассейна встречается в разных литологических типах пород (песчаниках, алевролитах, глинах, аргиллитах, известняках и переходных их разновидностях) и в пластах углей разных марок углефикации (от слабо измененных длиннопламенных марки «Д» до сильно измененных антрацитовых марки «А»). Ранее была доказана его постдиагенетическая природа [1-4]. Авторами были изучены новообразованные (аутигенные) микроминеральные фазы и их ассоциации, заключенных в пирите углей и угленосных отложений, их минеральный состав и проведена их систематизация по стадиям литогенеза (раннего и позднего катагенеза, раннего и позднего метагенеза) и углефикации. Было установлено, что: 1) пирит наблюдается в разных литологических типах угленосных отложений и пластах углей на всех этапах их постдиагенетического преобразования, структурно изменяясь по стадиям литогенеза и углефикации [1-4]; 2) состав микроминеральных ассоциаций пирита, заключенных в разных пластах углей разных марок (от марки «Д» до марки «А») и литологических типах (разных по составу и генезису) пород более или менее одинаков (в пределах одной стадии литогенеза и углефикации); 3) пирит является «сквозным» минералом, стадийно изменяющимся свой морфологический облик, микроминеральный состав и ассоциации микроминеральных фаз, а также свои физико-механические свойства по мере погружения угленосных отложений на глубину, возрастания температуры и давления и постдиагенетических изменений углевмещающих пород (от разных стадий катагенеза и метагенеза) и углей (от длиннопламенных углей марки «Д» до антрацитовых марки «А»).

На стадии раннего катагенеза (угли длиннопламенные марки «Д») в пирите было обнаружено присутствие микрофаз малосернистых сульфидов – маккинавита $[(\text{FeNi})_9\text{S}_8]$ и мельниковита (FeS), нередко ферригидрита ($5\text{Fe}+3\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) и оксида железа – вюстита (FeO). Температурный интервал среды образования, определенный методом декрепитации газожидких включений в пирите, соответствует 550 – 750. Присутствие в аутигенной микроминеральной ассоциации лишь микрофаз малосернистых новообразованных сульфидов косвенно свидетельствует о преобладании окислительного потенциала при формировании пирита и его микроминеральных фаз в разных пластах углей и литологических типах (литотипах) углевмещающих пород (терригенных и карбонатных).

На стадии позднего катагенеза (угли газовые марки «Г» и жирные марки «Ж») в пирите отмечается присутствие аутигенных микроминеральных фаз простых сульфидов – сфалерита (ZnS), сульфатов – барита (BaSO₄) и оксидов железа – гематита (FeO) и магнетита (Fe₃O₄), что указывает на формирование пирита под воздействием термобарического фактора при дальнейшем усилении катагенетических преобразований пород и углей при погружении угленосных отложений на глубину и повышения температуры (Т) и давления (Р). Об этом косвенно свидетельствует температурный интервал среды образования, определенный методом декрепитации газовой-жидких включений в пирите, соответствующий 600–850 в зоне развития газовых углей и 1200-1400 в зоне распространения жирных углей. Все вместе взятое указывает на то, что формирование пирита происходило под воздействием термобарического фактора при дальнейшем погружении угленосных отложений на глубину на фоне повышения температуры и давления, т.е. термобарического фактора.

На стадии раннего метагенеза (угли тощие марки «Т») в микроминеральных фазах пирита отмечается присутствие простых (пирротина Fe_{1-x}S, сфалерита ZnS) и сложных сульфидов: арсенопирита (FeAsS) и халькопирита (CuFeS₂).

На стадии позднего метагенеза (угли полуантрацитовые марки «ПА» и антрацитовые марки «А») в минеральной ассоциации микрофаз пирита наблюдаются магнетит (Fe₃O₄), гематит (FeO), Со-пирротин (CoFe_{1-x}S), арсенопирит (FeAsS), халькопирит (CuFeS₂), кобальт-пентландит [Co(FeNi)₉S₈], магнезиоферрит (Mg Fe₃ O₄) и тальк (MgSi₄O₁₀(OH)₂). Пестрый состав аутигенных микроминеральных рудных фаз пирита и присутствие в нем талька говорит о том, что их образование происходило при разных значениях рН, возможно, в результате смешения петрогенных и гидротермальных флюидно-водных растворов, обогащенных тем или иным количеством органическим веществом (ОВ), циркулировавших среди пластов углей и углевмещающих пород по кливажным зонам и микродислокационным трещинкам при температурах от 1900 до 2600 (по данным декрепитации газовой-жидких включений). Из этого следует, что на стадии метагенеза кристаллизация пирита и образование его микроминеральных фаз происходило при дальнейшем погружении угленосных отложений на значительную глубину под влиянием повышения температуры и давления, и отчасти под воздействием гидротермальных растворов, циркулирующих внутри пластов углей и угленосной толщи.

Закключение. Состав новообразованных микроминеральных фаз пирита менялся последовательно и стадийно по зонам литогенеза и углефикации, отражая и фиксируя через их ассоциации (парагенезы) темп и масштабы нарастания температуры и давления при погружении угленосных отложений на глубину. По мере усиления степени постдиагенетических преобразований углей и углевмещающих пород при погружении их на глубину и под влиянием повышения температуры и давления происходило усложнение состава аутигенных

рудобразующих микроминеральных фаз пирита и их ассоциаций от менее сложного по составу на стадии раннего катагенеза до более сложного – на стадии позднего метагенеза. Это позволяет новообразованный парагенез микроминеральных фаз пирита использовать как один из его типоморфных признаков, указывающих на постдиагенетическую или/и гидротермальную природу их формирования в угленосных отложениях нижнего и среднего карбона Донецкого бассейна.

Данная научно-исследовательская работа выполнена на геологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова по теме Госзадания кафедры нефтегазовой седиментологии и морской геологии: «Динамика процессов осадочного породообразования (современного и в геологическом прошлом) в различных структурно-геологических условиях и их эволюция» с использованием: 1) оптического микроскопа фирмы «POLAM» для определения и полного микроскопического описания разных литологических типов углевмещающих пород и углей; 2) сканирующего электронного микроскопа для определения морфологического облика пирита, его размера и для выявления состава и парагенезиса микроминеральных фаз, характера их локализации в кристалле пирита с учетом стадий преобразования углей (углефикации) и вмещающих их пород (литогенеза) и 3) дифрактометра Rigaku Mini Flex 600 (производство – Япония).

Литература

1. Зарицкий П. В. Сульфидные конкреции угленосных отложений Донецкого бассейна // ДАН СССР. 1961. Т. 139. №2. С. 446-450.
2. Кизильштейн Л. Я. Морфология и происхождение некоторых выделений сингенетического пирита в угольных пластах Донецкого бассейна // Литология и полезные ископаемые. 1967. № 2. С. 122-124.