

Тугарова М.А., Кирсанов И.В., Музраева Б.Ю.

ООО «Газпромнефть НТЦ», Санкт-Петербург, Россия, Tugarova.MA@gazpromneft-ntc.ru, Kirsanov.IV@gazpromneft-ntc.ru, Muzraeva.BYu@gazpromneft-ntc.ru

ВТОРИЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ В АЧИМОВСКИХ ПЕСЧАНИКАХ НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТА АЧ 18-1 ЯМБУРГСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Интерпретация аналитических данных исследований керна пласта Ач-18 из четырех скважин Ямбургской площади позволила выделить последовательность стадийальных вторичных процессов в обломочных породах и оценить их роль в формировании фильтрационно-емкостных свойств. Прослежены процессы метасоматоза и растворение полевых шпатов и темноцветных слюд (биотита, хлорита), приведено их генетическое обоснование. Количественные характеристики вторичных процессов хорошо коррелируют с фильтрационно-емкостными показателями.

Ключевые слова: песчаники ачимовской толщи, вторичные процессы, метасоматоз, растворение, фильтрационно-емкостные свойства, Ямбургская площадь, Западная Сибирь.

Введение

Ачимовская толща неокома является приоритетным объектом разведки и разработки углеводородов в Западной Сибири. Согласно текущим представлениям отложения ачимовской толщи сформировались в результате наращивания склона морского палеобасейна с образованием клиноформенного строения [Строение и условия..., 2003; Гутман и др., 2011; Шиманский, Ивановская, Сахибгареев, 1998]. Наиболее продуктивными являются отложения конусов выноса, сложенных алевритами и мелкозернистыми песчаниками.

Строение ачимовской толщи определяется частой сменой фациальных комплексов и характеризуется неоднородностью в распределения вещественно-структурных типов отложений по разрезу и площади. Это является одной из причин формирования гидродинамически связанных пропластков. При этом терригенные отложения неокома имеют низкие фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) и ухудшенную сообщаемость пор. При использовании методов геофизических исследований скважины (ГИС) существует ряд проблем, среди которых определения коэффициента водонасыщенности [Мухидинов, Беяков, 2020] и неоднородностей насыщения флюидами по разрезам скважин.

Единственно надежными исследованиями при диагностике вещественно-структурных и коллекторских свойств подобных пород остаются литологические методы. Практически только при изучении керна в дневном и ультрафиолетовом (УФ) освещении появляется возможность выявить переслаивание песчаников с различной нефте-водонасыщенностью.

Традиционно песчаники относятся к коллекторам с межзерновой пористостью. Именно поэтому изучение их первичных (седиментационных) признаков оказывается в приоритете. Однако, различия ФЕС и, как следствие, нефтенасыщения в однородном песчанике с трудом поддаются объяснению с седиментационно-фациальных позиций и требуют детального петрографического анализа с изучением всех стадийальных преобразований.

На примере обломочных пород пласта Ач-18 Ямбургской площади выделена последовательность стадийальных вторичных преобразований и определена их роль в формировании ФЕС, а также прослежены процессы метасоматоза и растворение полевых шпатов и темноцветных слюд (биотита, хлорита), дано их генетическое обоснование. Количественные характеристики вторичных процессов хорошо коррелируют с фильтрационно-емкостными показателями.

Фактический материал и методы исследований

Ачимовская толща представлена терригенными отложениями, характеризующимися крайне незрелым минеральным составом и структурами, сложенными угловатыми или слабо окатанными зернами. Незрелость первичного компонентного/минерального состава является предпосылкой вторичных преобразований пород.

Химическая (минеральная) зрелость - это отношение объема устойчивых зерен к суммарному объему устойчивых и неустойчивых зерен, а структурная зрелость - отношение объема зерен к объему зерен и основной массы породы [Введение в седиментологию, 1991]. В качестве дополнительного коэффициента может использоваться показатель общей зрелости как среднее арифметическое минеральной и структурной.

Ачимовская толща при широком региональном развитии крайне не выдержана по площади и по разрезу. Обломочные породы меняются от сформированных в гидродинамически активных до гидродинамически пассивных условий. В последних увеличивается количество алевритово-глинистых фракций и/или обломочных слюд - зерен с пониженной гидродинамической крупностью.

В изученном разрезе преобладают песчаники мелко-тонкозернистые с разным содержанием глинистых и алевритовых фракций. Модальные размеры зерен находятся в пределах тонко- и мелкозернистых классов псаммитовых структур. Стандартное отклонение, отражающее степень сортированности песчаников изменяется от 0,39 до 1,49, в среднем составляя 0,81, а коэффициент сортированности по Траску - от 1,18 до 2,33. Параметр асимметрии имеет преимущественно отрицательные значения, указывая на то, что модальный размер зерен в эмпирическом распределении меньше среднего размера, т.е. преобладают тонкозернистые классы. Значения эксцесса изменяются в широком диапазоне (-) 1,01 - 10,77,

отражая различия в степени переработки и пересортировки обломочного материала. Отрицательные значения эксцесса свидетельствуют о том, что привнос обломочного материала значительно превышает интенсивность его динамической переработки [Методические указания..., 1989]. Низкие значения эксцесса хорошо согласуются с высоким содержанием угловатых и слабо окатанных зерен. Коэффициент окатанности [Щванов, 1987] изменяется в пределах 34-47 при возможном диапазоне от 0 (угловатые) до 100 (идеально окатанные).

Коэффициент структурной зрелости ачимовских песчаников, алевроитовых песчаников и песчаных алевролитов достаточно высокий и варьирует от 0,7 до 0,94. При этом коэффициент минеральной зрелости низкий - от 0,33 до 0,47, т.е. химически устойчивые компоненты составляют менее 50% объема пород. По компонентному составу песчаники относятся в аркозовым и, в редких случаях, к кварцевым грауваккам. Среди полевых шпатов определены калиевые полевые шпаты, кислые и средние плагиоклазы (№ 0-50). Содержания К - полевых шпатов, - от 15,0 до 37,5 %, плагиоклазов - от 6,0 до 17%. Точная количественная диагностика полевых шпатов затруднена в силу значительных вторичных преобразований. Качественная диагностика щелочных полевых шпатов и плагиоклазов проводилась по стандартной методике, принятой в практике петрографических исследований [Платонов, Тугарова, 2017].

Кроме средних плагиоклазов к группе неустойчивых породообразующих компонентов пород отнесены обломки средних эффузивов, биотит, хлорит и второстепенные – пироксены. Обломки пород представлены преимущественно кварцитами, кремнисто-слюдистыми агрегатами, кислыми и средними эффузивами.

Общая зрелость ачимовских обломочных пород изученных интервалов разреза составила от 0,55 до 0,7 (среднее значение - 0,6). Низкая химическая зрелость изученных пород является ключевой для понимания тех разнообразных трансформаций, которые протекают в породах в ходе эпигенеза.

Фактическую основу работы составили 37 образцов обломочных пород из пласта Ач-18 четырех скважин Ямбургской площади, детально изученные комплексом литолого-геохимических методов, в числе которых: дробный ситовой гранулометрический, рентгенофазовый валовых навесок и глинистых фракций, термовесовой, сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный, рентгенофлуоресцентный химический и базовый петрографический. Все перечисленные исследования выполнялись в лабораториях ООО «Нефтеком» (г. Тюмень).

Стадиальный анализ пород, верификация, интерпретация аналитических результатов и комплексирование с петрофизическими данными выполнены в научно-техническом центре Компании «Газпром Нефть».

Результаты исследований и обсуждение

Нефтенасыщение в ачимовской толще и вариации ФЕС часто имеют прерывистый циклический характер при отсутствии заметных макроскопических различий в составе и строении пород. Это хорошо видно при сравнении изображений керна при дневном и УФ-освещении (рис. 1).

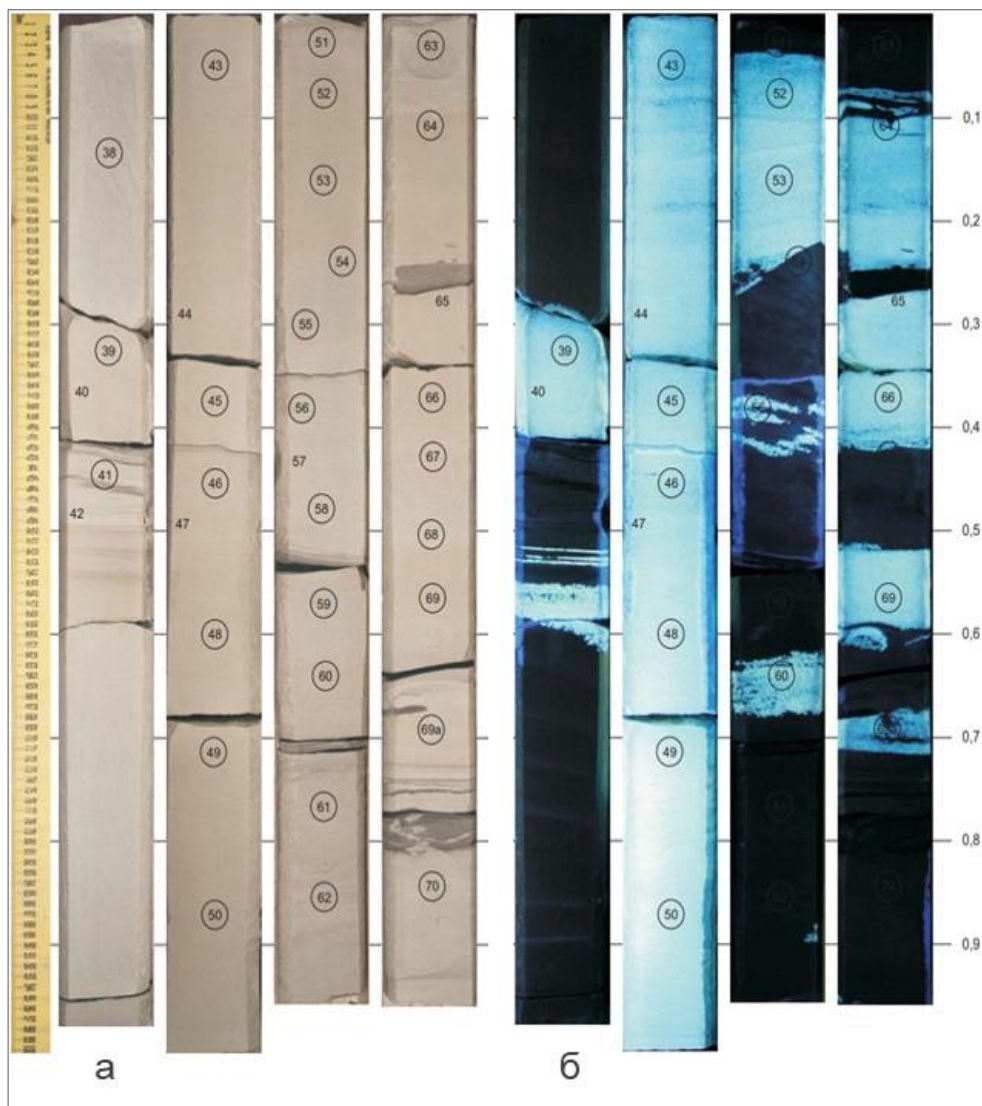


Рис. 1. Фотографии керна ачимовских песчаников при дневном (а) и ультрафиолетовом освещении (б)

Как показывает практика, зоны свечения в УФ, связанные с нефтенасыщением, не соответствуют выделяемым по данным ГИС коллекторам, что свидетельствует о наличии относительно тонкого (первые десятки см) переслаивания «коллектор - неколлектор», которые находятся вне разрешающей способности методов ГИС.

Детальный анализ распределения абсолютной проницаемости, определенной по результатам лабораторных исследований стандартных образцов керна, показывает, что

практически все породы из интервалов с отсутствием свечения в УФ имеют абсолютную проницаемость ниже 1 мД. При этом предельная граничная величина коэффициента проницаемости $K_{пр}$ составляет 0,02 мД. Подобное распределение насыщенности с высокой долей вероятности соответствует переходной зоне в неоднородном по ФЕС пласте-коллекторе. В качестве примера приведен фрагмент планшета интервала разреза пласта Ач-18 с некоторыми данными ГИС и литологической информацией по керну (рис. 2).

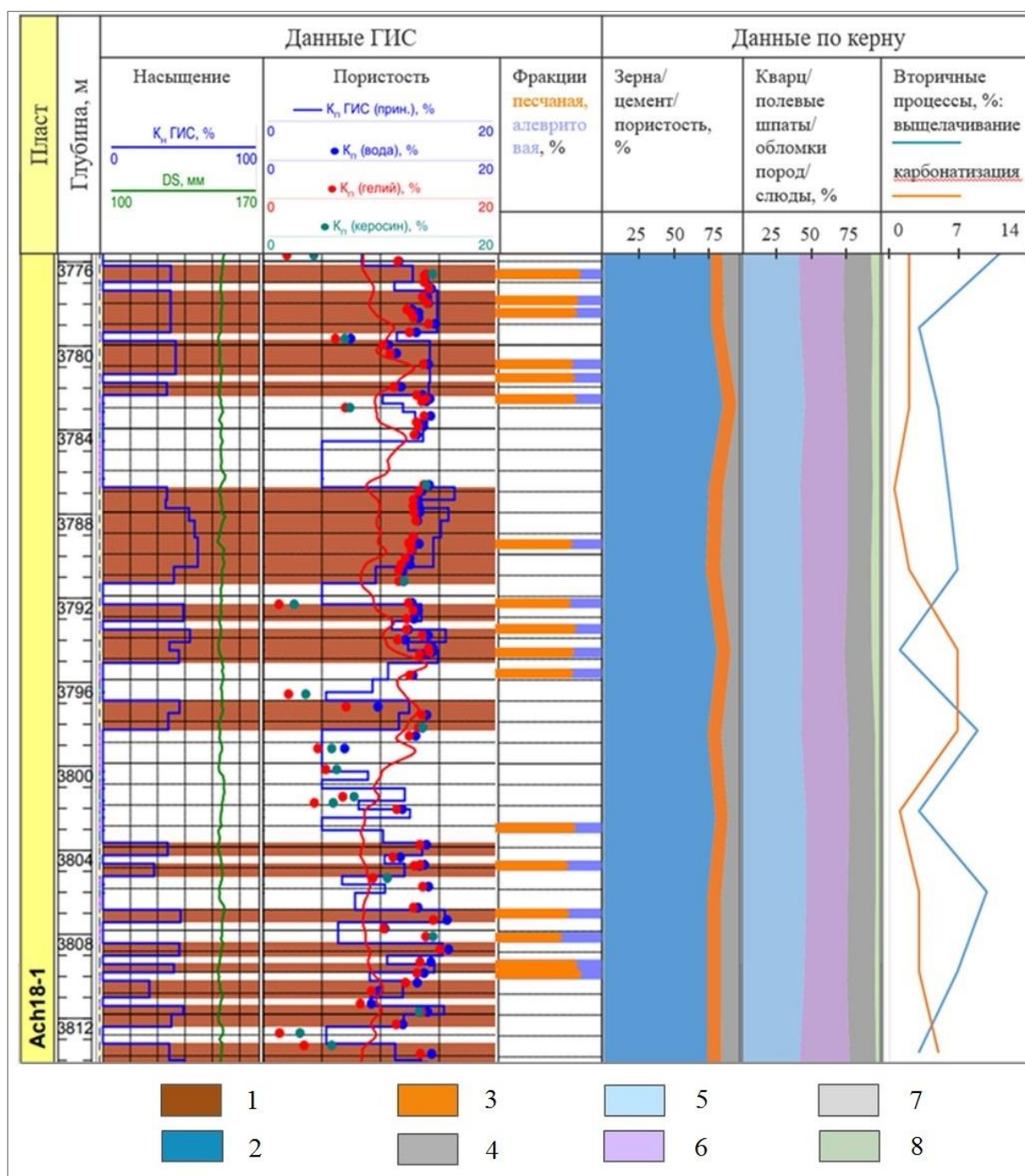


Рис. 2. Фрагмент литолого-петрофизического планшета интервала разреза пласта Ач-18 одной из скважин Ямбургского месторождения

1 - нефтенасыщения, 2 - зерна, 3 - цемент, 4 - пористость, 5 - кварц, 6 - полевые шпаты, 7 - обломки пород, 8 - слюды.

Различия ФЕС пород, сходных по макроскопическим признакам, заставили обратить пристальное внимание на вторичные процессы преобразования вещества пород. Основные процессы, принципиально влияющие на пористость и проницаемость, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вторичные процессы в формировании фильтрационно-емкостных свойств пород ачимоской толщи

Вторичные процессы	Улучшение ФЕС	Ухудшение ФЕС
Механическое уплотнение		Пластические деформации слюд (преимущественно биотита)
Физико-химическое уплотнение		Регенерация кварца, инкорпорационные швы
	Катаклиз зерен полевого шпата + выщелачивание	Катаклиз зерен полевого шпата + уплотнение
Метасоматоз: вторичные минерализация по полевым шпатам, темноцветным слюдам, пироксенам, неустойчивым обломкам пород		Хлорит
		Каолинит
		Гидрослюда
		Кальцит
		Битум – остаточные продукты миграции нефти
Метасоматоз + растворение	Гидролиз + выщелачивание полевых шпатов	
	Гидролиз + выщелачивание слюд (хлорит, биотит)	
	Выщелачивание кальцита (цемента)	

Преобразование обломочных пород представлено тремя основными группами процессов:

- 1) механическое и физико-химическое уплотнение;
- 2) метасоматоз - замещение одной минеральной фазы другой, при котором растворение первичных минералов и отложение новых происходят почти одновременно, так что в течение замещения порода все время сохраняет твердое состояние (рис. 3);
- 3) вторичное аутигенное минералообразование с последующим частичным растворением (см. рис. 3) – процессы, которые по Д.С. Коржинскому, к метасоматическим не относятся [Коржинский, 1953].

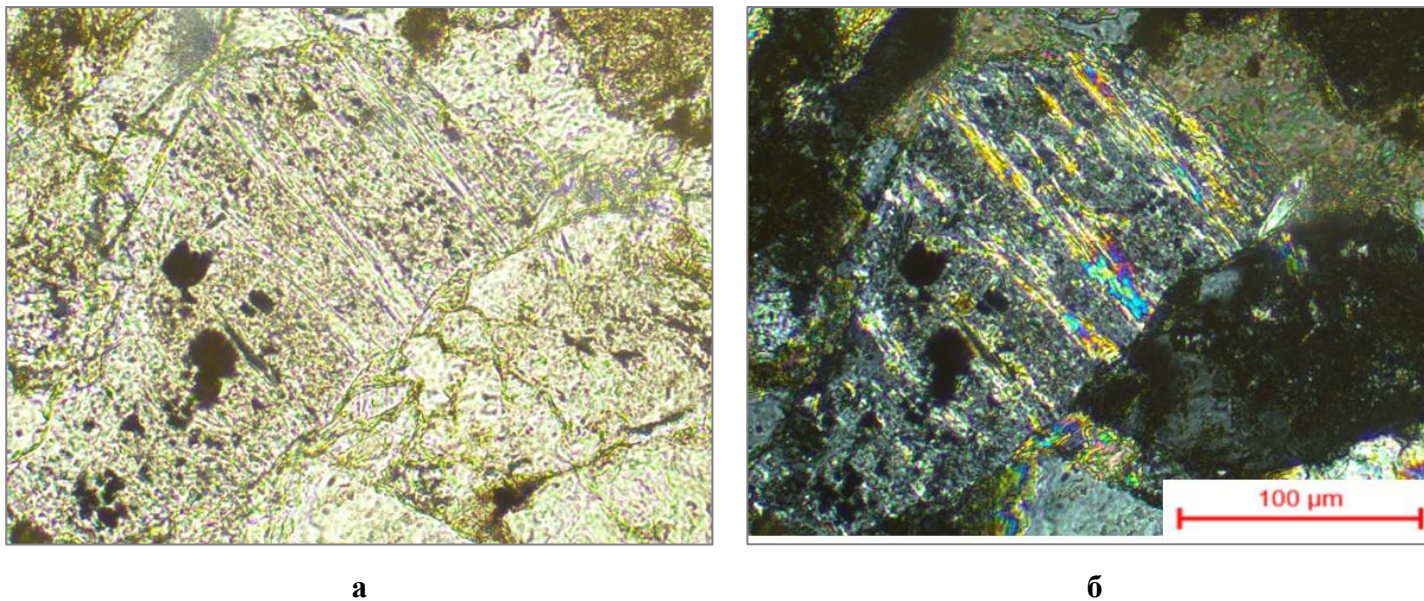


Рис. 3. Фотографии шлифа со вторичными изменениями по плагиоклазу с пелитизацией по альбитовым двойникам
а - ник. II; б - ник. X.

Наибольший интерес представляет совокупность процессов метасоматоза, гидролиза и растворения полевых шпатов, слюд и некоторых других неустойчивых компонентов. Точнее эти процессы можно обозначить как полиминерально-метасоматический кристаллогенезиса [Полиминерально-метасоматический кристаллогенезис, 2004].

Хорошо известно, что конечными продуктами вторичного изменения альбита в присутствии H_2O и CO_2 являются каолинит, кремнезем, катионы натрия. При увеличении основности плагиоклазов катионы Na^+ изменяются на катионы Ca^{2+} , а в случае химического преобразования щелочных полевых шпатов в раствор переходит катион K^+ [Шванов, 1987, Шведенков, Шведенкова, 1982; Adams, 1968].

На первом этапе по альбитовым двойникам плагиоклазов развивается пелитизация (каолинит), по анортитовым – сложная ассоциация вторичных компонентов (сосюритизация), включая серицит, эпидот, цеолиты и карбонатные минеральные фазы (см. рис. 3). Вслед за этим происходит частичный гидролиз и растворение аутигенных минералов с образованием внутризерновой пористости (рис. 4). Полевые шпаты растворяются селективно, их зерна часто представляют собой корродированный остаток исходного плагиоклаза, иногда сохраняя первичные очертания зерен. Часто они пронизаны тончайшими порами и имеют сложную систему сообщающихся между собой ультратонких каналов (рис. 5). Содержание карбонатных минералов в породах с повышенной внутризерновой пористостью - меньше 2-3%.

В ходе трансформации неустойчивых компонентов происходит вынос из кристаллической решетки полевых шпатов растворимых соединений сильных оснований (K, Na, Ca), которые, взаимодействуя с CO_2 , образуют истинные растворы бикарбонатов и карбонатов (K_2CO_3 , Na_2CO_3 , $CaCO_3$). Все три катиона (K^+ , Na^+ , Ca^{2+}) относятся к легко выносимым, а описанный процесс хорошо согласуется с гидрокарбонатно-натриевым типом пластовых вод изучавшихся разрезов.

Обломочные темноцветные слюды также подвержены интенсивной вторичной трансформации. По биотиту активно развивается хлорит, а по хлориту - микрозернистые агрегаты доломита и сидерита, которые на следующем этапе подвергаются выщелачиванию (рис. 6).

Вторичные карбонатные минералы присутствуют как минимум в двух разных стадийных генерациях: первая образуется по полевым шпатам и слюдам; вторая является результатом кристаллизации из раствора пластовой воды и часто выполняет в породе функцию залечивающего пористость коррозионного цемента (рис. 7). Таким образом, в результате кристаллизации карбонатов породы снова теряют коллекторские свойства.

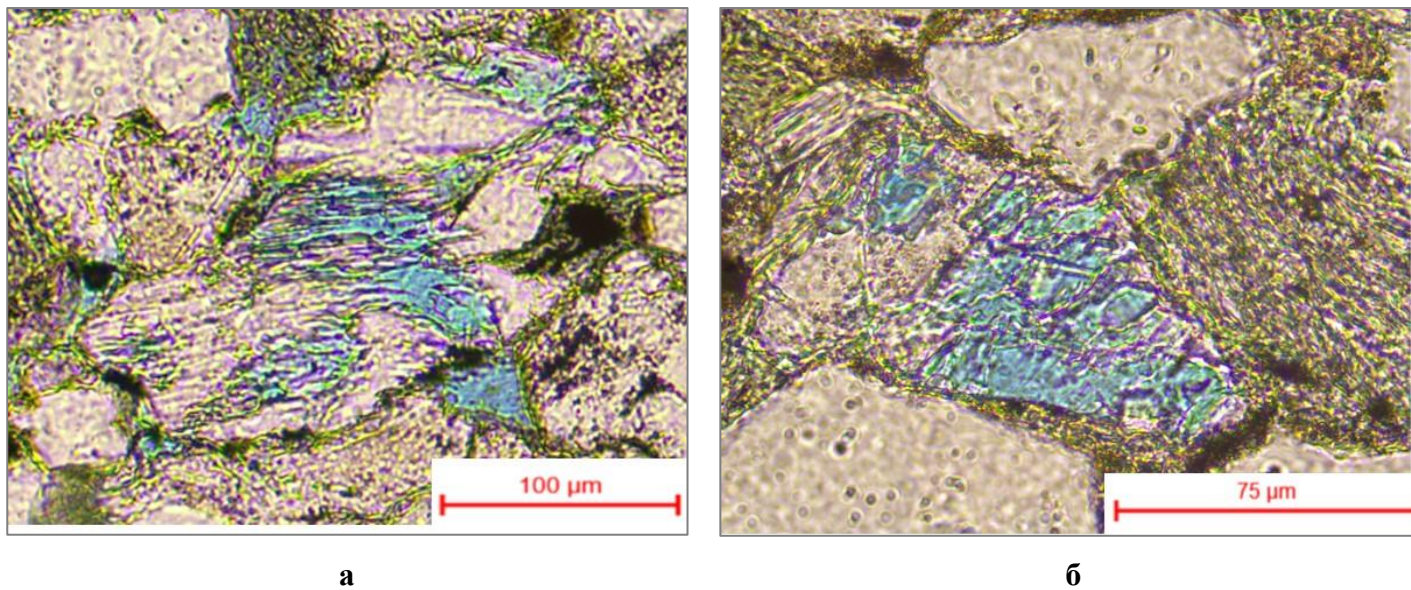


Рис. 4. Фотографии шлифов с растворением плагиоклазов и образованием внутризерновой пористости
а - частичное; б - практически полное, ник. II.

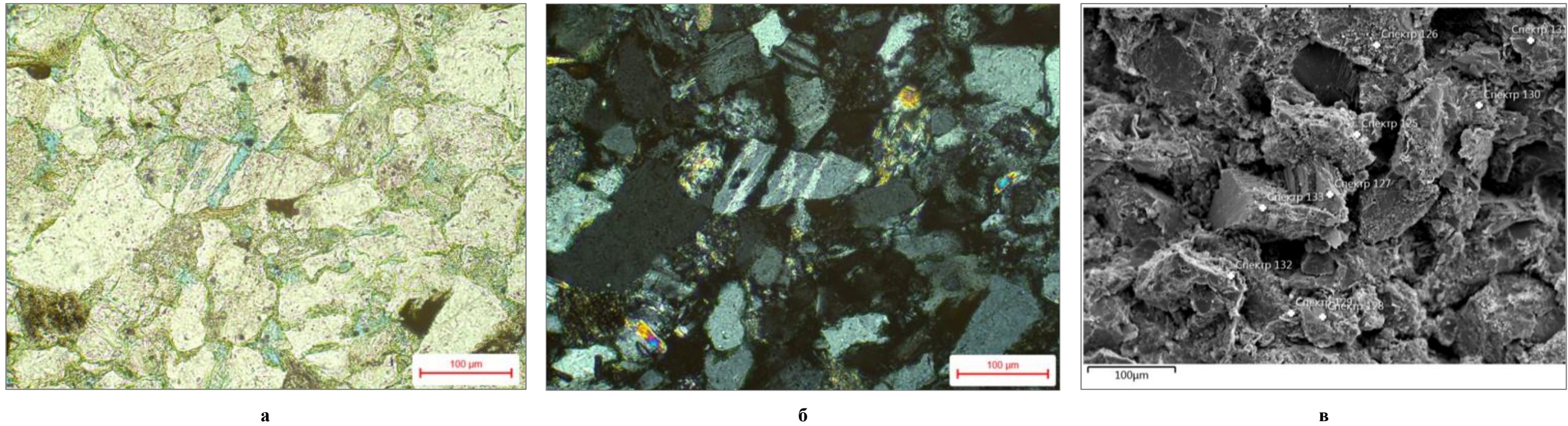


Рис. 5. Фотографии аркозового алевритистого песчаника (Кп - 12,4%, содержание карбонатных минералов - 4%)

а - фото шлифа, ник. II; б - фото шлифа, ник. X; в - электронно-микроскопическое изображение.

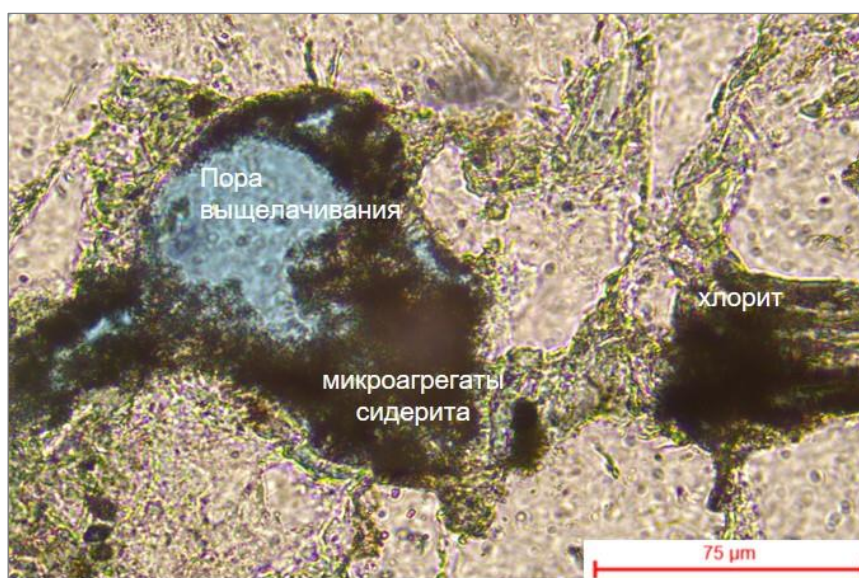


Рис. 6. Фотография шлифа с сидеритизацией и выщелачиванием по обломочному хлориту
Нук. II.

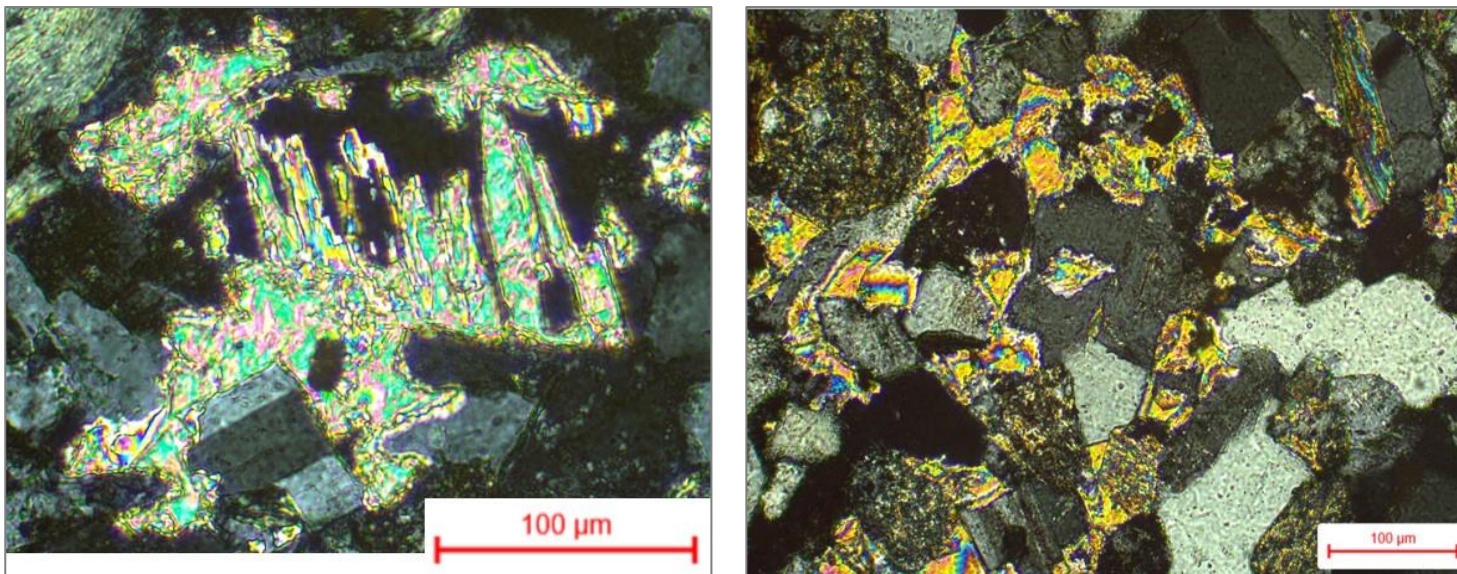
Зафиксирована определенная цикличность в развитии вторичных процессов снизу вверх по разрезу. На первом этапе происходит метасоматоз неустойчивых плагиоклазов, затем нарастает интенсивность гидролиза и растворения с переходом ионов в пластовый раствор и увеличения внутризерновой пористости, а на заключительном этапе отмечается кристаллизация кальцита с залечиванием пор и коррозией неустойчивых зерен. Зависимости между общей карбонатностью пород и значениями пористости (рис. 8) а также общей карбонатностью и вторичной пористостью выщелачивания показаны на рис. 8 и 9.

Такое развитие процесса можно объяснить постепенным изменением минерализации пластовых флюидов - уменьшением с раскристаллизацией карбонатов. При ограниченном числе данных по минерализации зафиксирован тренд обратной корреляционной зависимости между карбонатностью пород и минерализацией пластовых вод (рис. 10).

Необходимо отметить, что иногда вторичная карбонатная цементация связана с проявлением битуминизации в породе. При этом все петрографические признаки свидетельствуют о сингенетичности этих процессов, углеводороды как бы пропитывают карбонатную кристаллическую массу (рис. 11). Это означает сонахождение в пластовой воде углеводородов и минеральных диссоциатов кальцита.

В целом, описанные процессы представляют собой результат сложных взаимодействий в осадочно-флюидной системе, находящейся в условиях геохимической нестабильности.

Следует подчеркнуть, что описанные стадийные процессы могут многократно повторяться в осадочном разрезе. Диагностика вторичной цикличности стадийных процессов - это актуальное направление развития литологии, которое требует скрупулезного отбора образцов керн и качественных аналитических данных.



а

б

Рис. 7. Фотографии аркозовых песчаников с кальцитовым коррозионным цементом

а - Кп-9%, содержание карбонатных минералов 8%; б - Кп-4%, содержание карбонатных минералов 23%; ник. X.

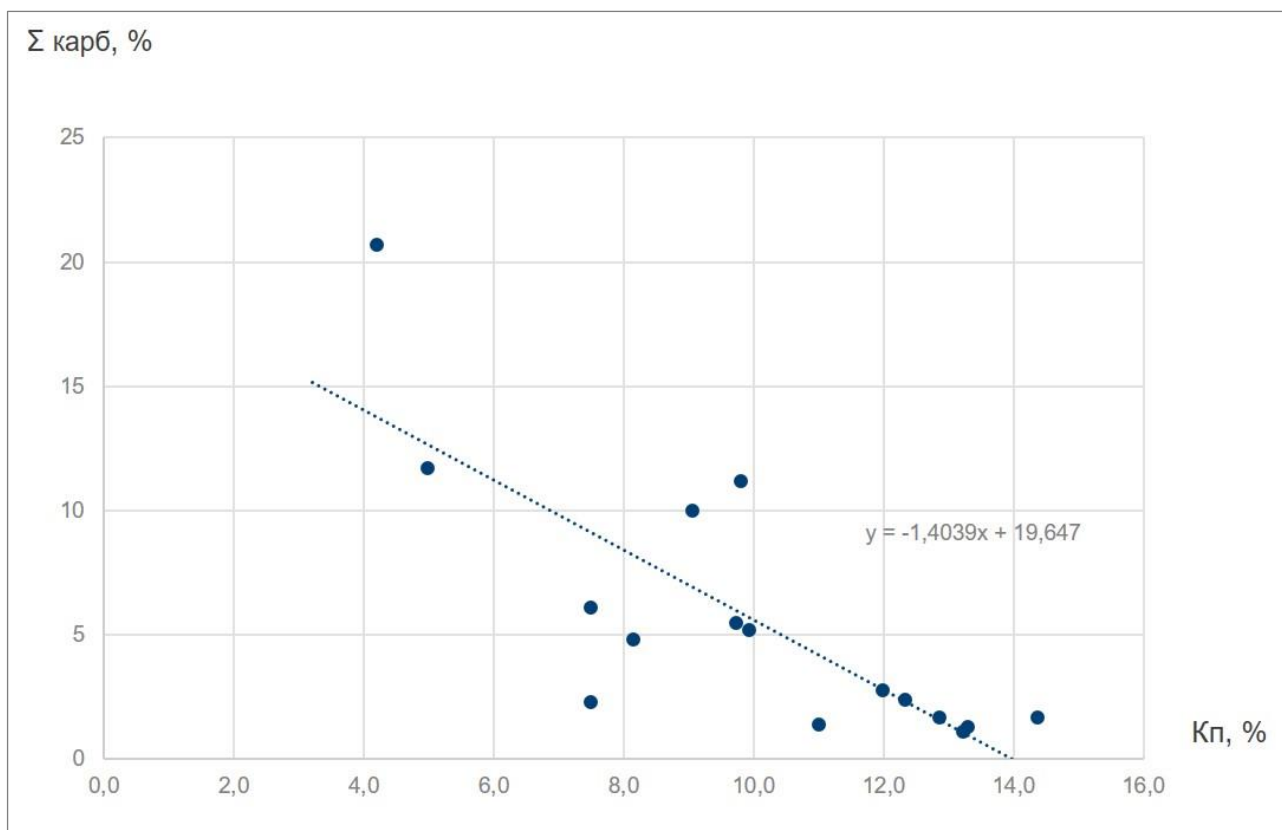


Рис. 8. График зависимости суммарной карбонатности (Σ карб, %) и общей пористости (Кп, %) в породах пласта Ач 18 скважины Ямбургской площади

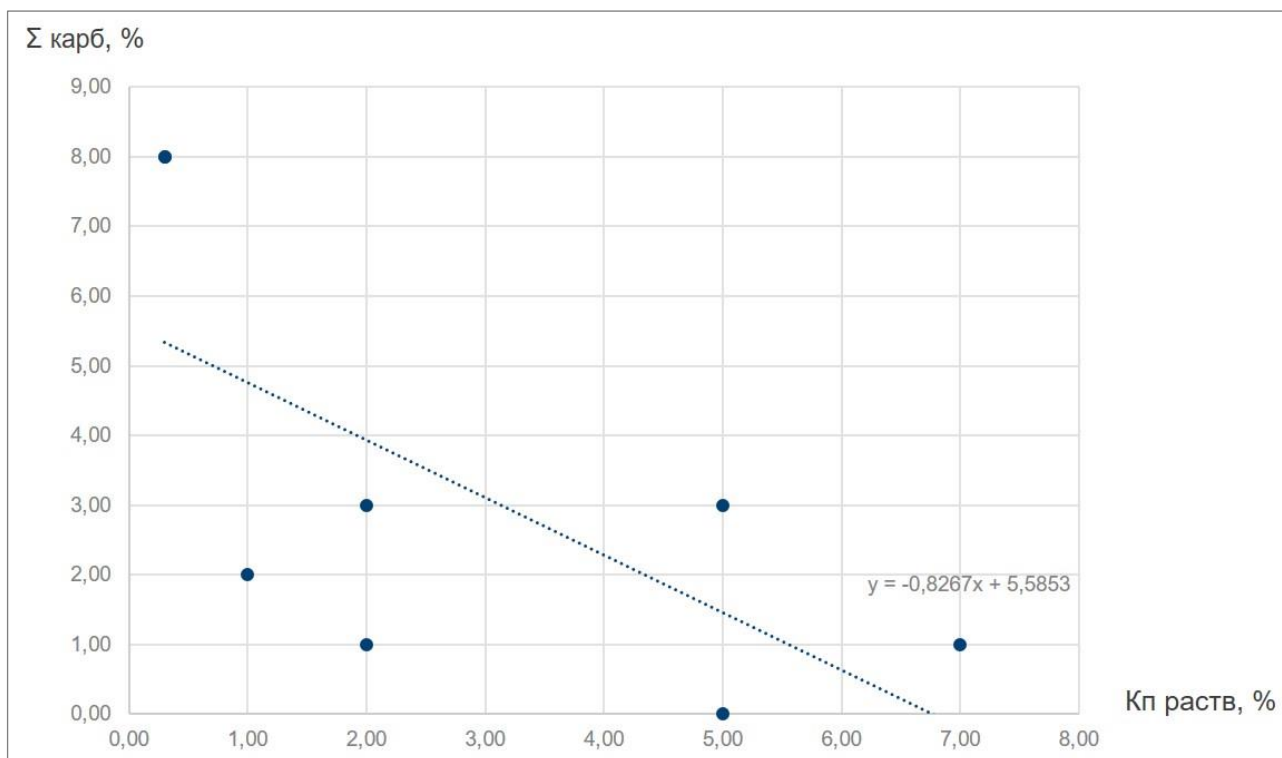


Рис. 9. График зависимости суммарной карбонатности (Σ карб, %) и пористости внутризернового растворения (Кп раств, %) в породах пласта Ач 18 скважины Ямбургской площади

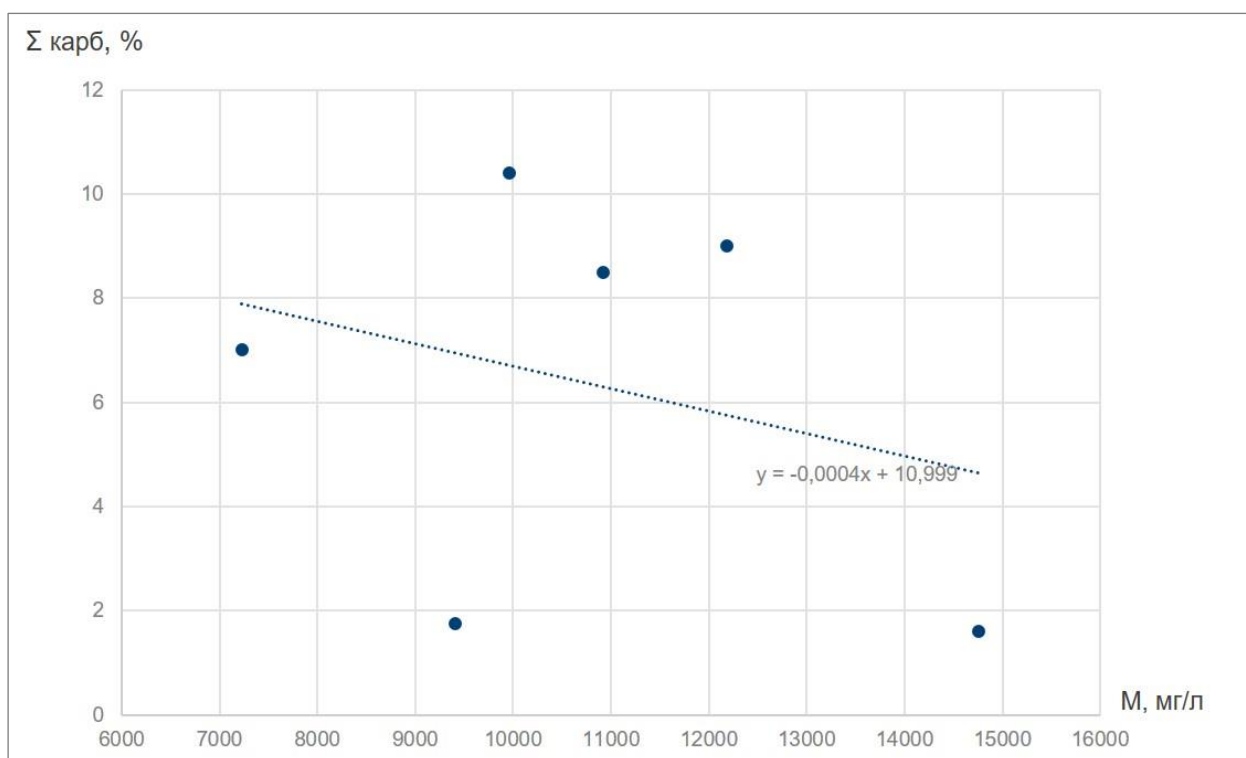


Рис. 10. График зависимости суммарной карбонатности пород (Σ карб, %) и минерализации пластовых вод (M, мг/л) в пласте Ач 18 Ямбургской площади

Выводы

1. Ачимовские песчаники характеризуются незрелостью компонентного состава. Высокое содержание первичных неустойчивых компонентов неизбежно предопределяет широкий набор вторичных процессов. При схожем первичном составе пород вторичные процессы могут иметь разное, в том числе и определяющее, влияние на коллекторские свойства.

2. Прослежена стадийность изменения полевых шпатов. Предварять процессы химического изменения может катаклаз зерен при уплотнении пород. Следующий этап изменения - серицитизация/пелитизация и сосюритизация - с образованием вторичных глинистых минералов (каолинита, иллита, хлорита), приводящих к уменьшению ФЕС. Однако, в ходе трансформации неустойчивых компонентов происходит вынос из кристаллической решетки полевых шпатов растворимых соединений сильных оснований (K, Na, Ca), которые, взаимодействуя с CO_2 , образуют истинные растворы бикарбонатов, что в конечном итоге приводит к образованию вторичной внутризерновой пористости выщелачивания.

3. Обломочные слюды, обладающие повышенной пластичностью, резко уменьшают пористость и проницаемость в песчаниках при литификации, но вторичные стадийные процессы могут в конечном итоге приводить к их частичному растворению и формированию вторичной внутризерновой пористости.

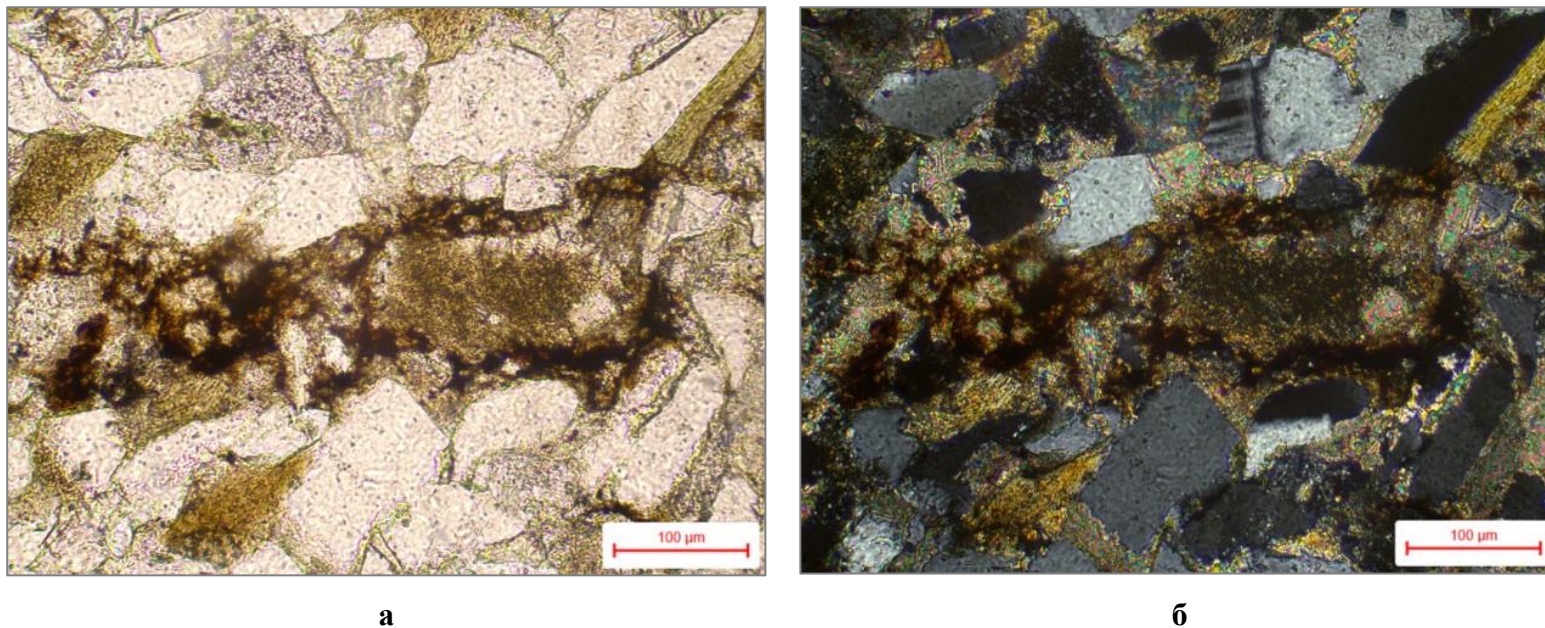


Рис. 11. Фотографии шлифа с сингенезом вторичного кальцита и углеводородов

а - ник. II; б - ник. X.

4. Прослежена цикличность стадийных процессов от физико-химической литификации пород к вторичному метасоматозу-гидролизу-выщелачиванию и затем к залечиванию - карбонатизации вторичной пористости. Очевидно, что процессы катагенетического аутигенного минералообразования тесно связаны с минерализацией пластовых вод. Цикличность проявления вторичной пористости по разрезу может объясняться сменой минерализации пластовых вод, т.е. степенью их насыщения или недосыщения по отношению к минеральным фазам, прежде всего к карбонатным.

5. В целом, описанные процессы представляются результатом сложных взаимодействий в осадочно-флюидной системе, находящейся в условиях геохимической и гидродинамической неустойчивости.

Литература

Введение в седиментологию / Р.К. Селли; перевод с англ. С.С. Чекина. - М.: Недра, 1981. - 370 с.

Гутман И.С., Кузнецова Г.П., Марьина А.В., Морозова А.И., Ямпольская Е.Н., Чернова Л.И. Особенности формирования клиноформ в ачимовской толще Западной Сибири по данным бурения и сейсмических исследований // Территория Нефтегаз. - 2011. - № 8. - С.20-29.

Коржинский Д.С. Очерк метасоматических процессов // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. - М.: Изд-во АН СССР, 1953. - 332-452 с.

Методические указания по дробному гранулометрическому анализу седиментационным способом (с применением гидравлического седиментатора ГС-1) / Под ред. К.К. Гостинцева. - Л.: ВНИГРИ, 1989. - 192 с.

Мухидинов Ш.В., Беляков Е.О. Определение интервалов с наличием подвижной воды в отложениях ачимовской толщи // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. - 2020. - №4. - С. 34-39.

Платонов М.В., Тугарова М.А. Петрография обломочных и карбонатных пород: учеб.-метод. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2017. - 80 с.

Полиминерально-метасоматический кристаллогенезис / А.Э. Гликин. - СПб.: Изд-во «Журнал «Нева»», 2004. - 320 с.

Строение и условия образования клиноформ неокосских отложений Западно-Сибирской плиты (история становления представлений) / Ф.Г. Гурари; М-во природ. ресурсов РФ, СНИИГГиМС. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003. - 140 с.

Шванов В.Н. Петрография песчаных пород. - Л.: Недра, 1987. - 269 с.

Шведенков Г.Ю., Шведенкова С.В. Полевые шпаты под давлением воды и двуокиси углерода. - Новосибирск: Наука, 1982. - 168 с.

Шиманский В.В., Ивановская А.В., Сахибгареев Р.С. Палеодинамические реконструкции среды осадконакопления ачимовских алевропесчаников неокома Сургутского свода как основа прогнозирования зон улучшенных коллекторов // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. - Ханты-Мансийск: НАЦ РН им. В.И. Шпилемана, 1998. - С. 66-76.

Adams J.B. Differential solution of plagioclase in supercritical water / Amer. Miner. - 1968. - V. 53. - N 9-10. - P. 1603-1613.

Tugarova M.A., Kirsanov I.V., Muzraeva B.Yu.

Ltd «Gazpromneft STC», St. Petersburg, Russia, Tugarova.MA@gazpromneft-ntc.ru,
Kirsanov.IV@gazpromneft-ntc.ru, Muzraeva.BYu@gazpromneft-ntc.ru

SECONDARY PROCESSES IN THE ACHIMOV FORMATION SANDSTONES ON THE EXAMPLE OF THE ACH 18-1 PRODUCTIVE LEVEL OF YAMBURG AREA (WESTERN SIBERIA)

Analytical data interpretation of from studies of four wells Ach-18 productive level from Yamburg area made it possible to identify a sequence of staged secondary processes in clastic rocks and evaluate their role in the formation of reservoir properties. The processes of metasomatism and dissolution of feldspars and mafic micas (biotite, chlorite) have been traced, and their genetic substantiation has been given. Quantitative characteristics of secondary processes correlate well with porosity and permeability parameters.

Keywords: Achimov Formation sandstones, secondary processes, metasomatism, dissolution, reservoir properties, Yamburg area, Western Siberia.

References

Adams J.B. Differential solution of plagioclase in supercritical water. Amer. Miner., 1968, vol. 53, no. 9-10, pp. 1603-1613.

Gutman I.S., Kuznetsova G.P., Mar'ina A.V., Morozova A.I., Yampol'skaya E.N., Chernova L.I. *Osobennosti formirovaniya klinofom v achimovskoy tolshche Zapadnoy Sibiri po dannym bureniya i seismicheskikh issledovaniy* [Features of the formation of clinoforms in the Achimov strata of Western Siberia according to drilling and seismic data]. Territoriya Neftegaz, 2011, no. 8, pp. 20-29.

Korzhinskiy D.S. *Ocherk metasomaticheskikh protsessov* [Essay on metasomatic processes]. Osnovnye problemy v uchenii o magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniyakh. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1953, 332 p.

Metodicheskie ukazaniya po drobnomu granulometricheskomu analizu sedimentatsionnym sposobom (s primeneniem gidravlicheskogo sedimentatora GS-1) [Guidelines for fractional granulometric analysis by the sedimentation method (using a hydraulic sedimenter GS-1)]. Editor K.K. Gostintseva. Leningrad: VNIGRI, 1989, 192 p.

Mukhidinov Sh.V., Belyakov E.O. *Opreделение intervalov s nalichiem podvizhnoy vody v otlozheniyakh achimovskoy tolshchi* [Determination of intervals with the presence of mobile water in the Achimov strata]. PRONEFT". Professional'no o nefti, 2020, no. 4, pp. 34-39.

Platonov M.V., Tugarova M.A. *Petrografiya oblomochnykh i karbonatnykh porod* [Petrography of clastic and carbonate rocks]. St. Petersburg: Izd-vo St.-Petersburg Un-ta, 2017, 80 p.

Polimineral'no-metasomaticheskii kristallogenezis [Polymineal-metasomatic crystallogenesis]. A.E. Glikin, St. Petersburg: Izd-vo «Zhurnal «Neva»», 2004, 320 p.

Shimanskiy V.V., Ivanovskaya A.V., Sakhibgareev R.S. *Paleodinamicheskie rekonstruktsii sredy osadkonakopleniya achimovskikh alevropeschanikov neokoma Surgutskogo svoda kak osnova prognozirovaniya zon uluchshennykh kollektorov* [Paleodynamic reconstruction of the sedimentation environment of the Neocomian Achimov silty sandstones of the Surgut dome as a basis for predicting zones of improved reservoirs]. Puti realizatsii neftegazovogo potentsiala KhMAO. Khanty-Mansiysk: NATs RN imeni V.I. Shpil'mana, 1998, pp. 66-76.

Shvanov V.N. *Petrografiya peschanykh porod* [Petrography of sandy rocks]. Leningrad: Nedra, 1987, 269 p.

Shvedenkov G.Yu., Shvedenkova S.V. *Polevye shpaty pod davleniem vody i dvoukisi ugleroda* [Feldspars under water pressure and carbon dioxide]. Novosibirsk: Nauka, 1982, 168 p.

Stroenie i usloviya obrazovaniya klinofom Zapadno-Sibirskoy plity (istoriya stanovleniya predstavleniy) [The structure and conditions for the formation of clinoforms of the Western Siberian Plate (the history of the formation of ideas)]. F.G. Gurari, Novosibirsk: SNIIGGiMS, 2003, 141 p.

Vvedenie v sedimentologiyu [Introduction to sedimentology]. R.K. Selli, perevod s angl. S.S. Chekina. Moscow: Nedra, 1981, 370 p.

© Тугарова М.А., Кирсанов И.В., Музраева Б.Ю., 2022

