

На правах рукописи

Морозов Владимир Петрович

СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ И ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ  
ИЗМЕНЕНИЯ ПАЛЕОЗОЙСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
ВОСТОКА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Специальность 25.00.06 – литология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора геолого-минералогических наук

Казань – 2009

Работа выполнена на кафедре минералогии и петрографии Казанского государственного университета им. В.И.Ульянова-Ленина

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Фортунатова Наталья Константиновна  
доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Коробов Александр Дмитриевич  
доктор геолого-минералогических наук  
Нургалиева Нурия Гавазовна

Ведущая организация: Институт геологии КНЦ УрО РАН (г. Сыктывкар)

Защита состоится 22 октября 2009 г. в 14-30 часов на заседании Диссертационного Совета Д212.081.09 при Казанском государственном университете по адресу: г. Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5, геологический факультет КГУ, ауд. 211.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. Н.И.Лобачевского Казанского государственного университета

Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим направлять по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, Казанский госуниверситет, служба аттестации научных кадров. Факс: (843)2387601.

Автореферат разослан «\_\_\_» сентября 2009 г.

Ученый секретарь  
Диссертационного Совета

к.ф.-м.н. А.А.Галеев

**Актуальность работы.** Карбонаты являются широко распространенными осадочными породами. Весьма значительная их часть сформирована в условиях обширных неглубоководных морских эпиконтинентальных бассейнов (Кузнецов, 2003; Чехович, 2007; Nichols, 1999; Tucker, Wright, 1990). Изучению таких отложений посвящено большое количество работ. Однако вопросы, связанные с обстановками формирования карбонатных осадков и их постседиментационными изменениями, не могут считаться решенными, равно как и классификация самих пород.

Сложность реконструкции условий формирования карбонатных пород обусловлена большим количеством факторов их седиментогенеза и литогенеза. К ним относятся: различные механизмы образования компонентов из водной среды, условия и способы формирования осадков, диагенетические и катагенетические процессы, сопровождаемые литификацией. Весьма существенные преобразования минерального состава, структуры и текстуры пород могут происходить под влиянием вторичных изменений (Атлас структурных ..., 2005; Багринцева, 1999; Карбонатные породы ..., 2005; Кузнецов, 1992; Смехов, Дорофеева, 1987), которые имеют наложенный характер и обусловлены в основном геофлюидным режимом бассейнов породообразования (Осадочные бассейны ..., 2004).

Карбонаты сами могут быть полезными ископаемыми или являться вмещающими породами для многих их видов. В карбонатных породах-коллекторах по различным оценкам сосредоточено от 38-48% до 50-60% запасов углеводородов. В восточной части Восточно-Европейской платформы такими районами являются Тимано-Печорская провинция, Волго-Уральская область, Оренбургско-Актюбинское Приуралье, Прикаспийская впадина.

Отложения карбонатов палеозойского возраста центральной части Волго-Уральской области в работе рассматриваются как «полигон» для реконструкции условий их седиментогенеза и постседиментационных изменений. Анализ литературы, посвященной карбонатам других регионов востока Восточно-Европейской платформы, также сформированных преимущественно механическим способом в условиях открытого шельфа, не выявил каких-либо принципиальных отличий, позволяющих говорить о различных типах карбонатных отложений или о различии их постседиментационных изменений.

**Цель работы.** Реконструкция палеоусловий седиментогенеза карбонатов в обстановках открытого шельфа эпиконтинентальных морских бассейнов, их литогенеза, в том числе вторичных изменений, обусловленных наложенными процессами.

Проведение подобного системного анализа на историко-геологической основе (Дмитриевский, 1982, 1993, 1998) необходимо для оценки факторов, ме-

ханизмов и способов седиментогенеза и литогенеза карбонатов, включая выявление условий формирования пустотного пространства матрицы карбонатных пород и их нефтенасыщенности.

**Основные задачи исследования:**

- установление структурно-генетических типов карбонатов и последовательности их напластования, реконструкция палеоусловий их седиментогенеза;
- изучение особенностей процессов литогенеза карбонатов в субаквальных и субаэральных условиях;
- исследование вторичных изменений известняков наложенного характера; выявление их последовательности и стадийности, связи с меняющимся во времени и пространстве геофлюидным режимом бассейна породообразования;
- выявление пространственной локализации, направленности и интенсивности вторичных изменений известняков в зависимости от стратиграфического, литологического, тектонического и флюидодинамического факторов их реализации;
- изучение структуры пустотного пространства матрицы карбонатных пород, ее связи с типами известняков; определение связи характера флюидонасыщенности карбонатных пород со структурой их пустотного пространства;
- выяснение условий формирования вторичной пустотности карбонатных пород.

**Научная новизна:**

1. Разработаны схемы образования карбонатных осадков в эпиконтинентальных морских шельфовых бассейнах. Определен приоритет факторов, контролирующих седиментогенез карбонатов открытого шельфа, отвечающих обстановкам мелководно-морских равнин и баровым.

2. Показано, что литификация карбонатных осадков в зависимости от обстановок их формирования может реализоваться не только под действием факторов субаквального литогенеза, но и в субаэральных условиях. Установлены различия в механизмах литификации карбонатных осадков в субаквальных и субаэральных условиях.

3. Установлены критерии отнесения постседиментационных изменений карбонатов к процессам фонового литогенеза (литогенез погружения) и вторичным изменениям наложенного характера. Выявлены также признаки, позволяющие различать вторичные изменения пород, обусловленные литогенезом динамотермальной активизации – элизионной или инфильтрационной стадий геофлюидного режима бассейнов породообразования.

4. Литогенетический анализ карбонатных пород с учетом системного подхода к интерпретации наблюдаемых фактов позволил создать историко-геологическую классификацию постседиментационных процессов изменения

карбонатов с обоснованием контролирующих их факторов и механизмов реализации.

#### **Практическая значимость:**

1. Выявлена определенная связь структурно-генетических типов известняков с их вторичной кавернозностью и характером флюидонасыщенности. Показано, что промышленная нефтеносность наблюдается лишь в биокластово-зоогенных и оолитовых известняках I типа при условии их подверженности вторичным процессам выщелачивания.

2. Промышленная нефтенасыщенность карбонатных пород в нефтегазоносных районах востока Восточно-Европейской платформы контролируется литолого-стратиграфическим, тектоническим и флюидодинамическим факторами. Лишь при их благоприятном сочетании реализуются процессы выщелачивания и доломитизации известняков, существенно меняющие структуру пустотного пространства матрицы пород.

3. Определены условия, реализация которых приводит к формированию кавернозных известняков и высокопористых вторичных доломитов, обладающих промышленно значимой нефтенасыщенностью. Они позволяют делать прогноз места локализации в разрезах карбонатных толщ пород-коллекторов.

4. Разработанные модели формирования коллекторских свойств карбонатных пород могут использоваться для оптимизации геологоразведочных работ, подсчета запасов, выбора методики рациональной нефтедобычи. Практическая реализация моделей осуществляется в ЗАО «ГАТЕХ» г. Альметьевск.

#### **Защищаемые положения.**

1. Установлены признаки пород и последовательность их напластования, позволяющие проводить реконструкцию обстановок седиментогенеза карбонатов в условиях открытого шельфа. Определен приоритет основных факторов седиментогенеза: глубина водного бассейна, удаленность от береговой линии, палеоэкологический, гидродинамический, которые контролируют формирование осадков. Предложены модели седиментогенеза карбонатов в условиях открытого шельфа – обстановках мелководных шельфовых равнин и баровых.

2. Выявлены признаки, факторы и критерии, позволяющие проводить историко-генетическую типизацию постседиментационных изменений карбонатов, связанных с процессами а) фонового литогенеза (литогенез погружения) и б) вторичного изменения наложенного характера, включая установление их последовательности и времени реализации. Показано, что вторичные изменения карбонатов контролируются меняющимся во времени и пространстве геофлюидным режимом, что обусловлено реализацией элизионной и инфильтрационной гидрогеологических стадий развития бассейна породообразования.

3. Доказано, что вторичные изменения карбонатных пород определяют их промышленную значимость как коллекторов нефти. Возможность реализации вторичных изменений и их интенсивность контролируются литолого-стратиграфическим, тектоническим и флюидодинамическим факторами, которые определяют пространственное размещение нефтяных залежей. На этой основе разработаны модели формирования структуры пустотного пространства карбонатных пород – кавернозных известняков и высокопористых вторичных доломитов.

**Объекты исследования** – карбонатные отложения, сформированные в обстановках открытого шельфа. Изучены образования нижнего и среднего карбона центральной части Волго-Уральской антеклизы. Исследованный каменный материал можно считать представительным и достаточным для решения поставленных в работе цели и задач, т.к. он обеспечивает полную характеристику разрезов палеозойских отложений карбонатов, сформированных в условиях открытого шельфа.

В работе использованы опубликованные материалы по изучению палеозойских карбонатных отложений востока Восточно-Европейской платформы (Атлас палеонтологических ..., 2007; Багринцева, 1999; Беляева, 2000; Беляева, Сташкова, 1999; Жемчугова, 2002; Карбонатные породы ..., 2005; Киркинская, Смахов, 1981; Кузнецов, 2003; Танинская, 2001; Чувашов, 2000, 2001, 2004 и др.)

**Фактический материал.** В основу работы положены результаты, полученные в период 1995-2009 гг., по изучению кернового материала нефтяных месторождений Южно-Татарского свода и восточного борта Мелекесской впадины в объеме: турнейский – башкирский ярусы карбона, который характеризует палеозойские отложения, сформированные в обстановке открытого шельфа.

С наибольшей детальностью изучен керн более 60 скважин (табл. 1). Исследовано более 4000 образцов, проведено описание более 3500 шлифов, выполнено более 1500 рентгенографических определений минерального состава образцов, более 3000 определений коллекторских свойств образцов пород. В работе использованы данные ГИС, структурные карты, разрезы, карты нефтенасыщенности отдельных пластов и стратиграфических горизонтов, технологические карты разработки месторождений, результаты опробования скважин, эксплуатационные карточки скважин.

При написании работы оказались полезными материалы отчетов по изучению литологии, нефтеносности и тектонического строения Южно-Татарского свода и Мелекесской впадины, хранящиеся в геологических фондах. Анализ работ по другим регионам востока Восточно-Европейской платформы показал,

что строение разрезов палеозойских карбонатных отложений весьма близко разрезам центральной части Волго-Уральской области, аналогичны в них также и вторичные изменения пород.

Таблица 1

Изученность разреза нижнего и среднего карбона

Система	Отдел	Ярус	Горизонт	Количество изученных скважин
Каменноугольная	средний	башкирский	горизонты на практике не выделяются	33
		серпуховский		3 (протвинский горизонт)
	нижний	визейский	веневский + михайловский	0
			алексинский	3
			тульский	14
			бобриковский	24
		турнейский	кизеловский	41
			черепетский	41
			упинский	6

**Методы исследования.** Основными аналитическими методами исследования, выбранными для изучения состава, структурно-текстурных особенностей пород, включая структуру их пустотного пространства, служили макроскопическое описание кернового материала и его образцов, оптико-микроскопический анализ шлифов, рентгенографический и электронно-микроскопический анализы. Для изучения коллекторских свойств пород проводились определения пористости, проницаемости и нефтенасыщенности. Для определения состава углеводородов в залежах и водонефтяных контактах (ВНК) использовались результаты термического анализа, инфракрасной спектроскопии, газожидкостной хроматографии.

**Общая методика работы.** Минералого-литологическое изучение карбонатных отложений, определение последовательности напластования пород, их вторичных изменений и структуры пустотного пространства с учетом системного подхода к интерпретации полученных данных послужили основой для типизации известняков, седиментологического и литогенетического анализов. На их основе проведена реконструкция палеообстановок седиментогенеза карбонатов, постседиментационных процессов, включая процессы вторичного (не связанного с фоновым литогенезом) локального (не регионального) изменения

минерального состава, структуры и текстуры пород, структуры их пустотного пространства.

В основе работы лежат также положения о седиментологическом моделировании (Седиментологическое ..., 2000; Жемчугова, 2000; Беляева, 2000), постседиментационных изменениях (Кузнецов, 1992; Логвиненко, Орлова, 1987), стадийности геофлюидного режима развития осадочных бассейнов (Карцев, 1972; Холодов, 2004; Япаскурт, 2005), осадочно-миграционная теория происхождения нефти (Вассоевич, 1967 и др.), флюидодинамическая модель нефтегазообразования (Соколов, 2001 и др.). Анализ указанных положений стал определяющим при установлении литологических аспектов процессов формирования пустотного пространства карбонатных пород и локализации в них промышленных залежей нефти.

Достоверность результатов работы определяется большими объемами изученного каменного материала и аналитических работ, воспроизводимостью полученных результатов, привлечением к анализу современных представлений о закономерностях формирования карбонатных отложений и их постседиментационных изменениях.

**Апробация работы.** Материалы работы докладывались на конференциях, совещаниях, семинарах, чтениях различного уровня: ежегодных научных конференциях Казанского госуниверситета (1995-2009), «Геология и современность» (Казань, 1999), «Проблемы литологии и полезных ископаемых Центральной России» (Москва, 2000), Годичном собрании Минералогического общества при РАН (С.-Петербург, 2000), «Актуальные проблемы геологии горючих ископаемых осадочных бассейнов европейского севера России» (Сыктывкар, 2000), «Нефтяная геология XXI века» (Москва, 2001), «Литология и нефтегазоносность карбонатных отложений» (Сыктывкар, 2001), материалах чтений памяти Н.А.Головскинского и А.А.Штукенберга (Казань, 2004), XIV Геологическом съезде Республики Коми (Сыктывкар, 2004), «ТЭК России – основа процветания страны» (Санкт-Петербург, 2004), «Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России» (Сыктывкар, 2004), «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, 2005, 2007, 2009), «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа» (Москва, 2005), «Геология рифов» (Сыктывкар, 2005), «I и II Российских совещаниях по органической минералогии» (С.-Петербург, 2002, 2005), Международных научно-практических конференциях (Казань, 2000-2008), «Теория, философия и практика минералогии» (Сыктывкар, 2006), Всероссийских литологических конференциях (Воронеж, 2000; Москва, 2006; Екатеринбург, 2008), Уральских региональных литологических совещаниях (Екатеринбург, 2004, 2006), 18<sup>th</sup> general meeting of the international mineralogical association (Edinburg, 2002), Научных Советах по геологии и разработке нефтяных



месторождений АН РТ (2003-2007 гг.), заседаниях Территориального отделения ЦКР по РТ (2005-2008 гг.).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано более 50 печатных работ, из них: 3 монографии, 10 статей в изданиях, рекомендуемых ВАК для защиты диссертаций. Выполнено более 20 хоздоговорных работ с малыми компаниями и Министерством экологии и природных ресурсов Республики Татарстан, 4 гранта АН Республики Татарстан. В большинстве работ автор являлся научным руководителем.

Материалы диссертации составляют часть курсов «Литология», «Литогенез нефтегазоносных толщ» и «Фильтрационно-емкостные свойства пород», читаемых автором студентам геологического факультета Казанского государственного университета; использовались для постановки и выполнения курсовых и дипломных работ, кандидатских диссертаций.

**Личное участие автора.** Автором разработаны схемы седиментогенеза карбонатов в условиях открытого шельфа, проведена реконструкция процессов постседиментационных изменений карбонатов, включая вторичные изменения наложенного характера, оценена роль литолого-стратиграфического и тектоно-флюидодинамического факторов в реализации вторичных изменений, разработана модель формирования пустотного пространства матрицы карбонатных пород-коллекторов, что отражено в защищаемых положениях.

**Работа выполнена** на кафедре минералогии и петрографии геологического факультета Казанского государственного университета.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность д.г.-м.н., проф. А.И.Бахтину, к.г.-м.н., доц. Г.А.Кринари, к.г.-м.н. В.С.Губаревой, к.г.-м.н., доц. Г.Р.Булке, к.г.-м.н., доц. Э.А.Королеву, д.ф.-м.н. Н.М.Низамутдинову, к.ф.-м.н. Ю.А.Волкову, к.г.-м.н. Е.А.Козиной, к.г.-м.н. Г.Е.Даниловой, к.г.-м.н., доц. В.Г.Изотову, д.г.-м.н., доц. Р.Р.Хасанову, к.г.-м.н. Г.И.Васясину, д.ф.-м.н., проф. М.Г.Храмченкову, к.ф.-м.н., доц. А.А.Галееву, ст.инж. Г.М.Ескиной, ст.лаб. Г.Я.Яруллиной, А.В.Семенову, асп. А.Н.Кольчугину. Искренне благодарен сотрудникам геологического отдела и генеральному директору ЗАО «ТАТЕХ» (г. Альметьевск) И.А.Хайруллину за предоставленный для исследования фактический материал.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения. Общий объем работы – 282 страницы, из них: 72 рисунка, 11 таблиц. Список литературы содержит более 350 отечественных и иностранных наименований.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ

**Общие представления о карбонатных платформах, обстановках образования карбонатов и способах формирования осадков.** Согласно многим работам, принимается, что самой мощной «фабрикой карбонатакопления» или областью максимального карбонатакопления в палеозое были карбонатные платформы (Селлвуд, 1990). Под ними понимают достаточно мощные толщи карбонатных отложений, сформированные в широком спектре обстановок осадкообразования. Их появление обусловлено благоприятным сочетанием тектонического режима и климатических условий. Области развития отложений древних карбонатных платформ в пределах континентальной части осадочного чехла Земли весьма велики. Сведения о распространенности отложений карбонатных платформ и условиях их формирования в конкретных палеобассейнах можно найти в ряде работ (Атлас палеонтологических ..., 2007; Беляева, 2000; Жемчугова, 2002; Кузнецов, 2003; Михайлов, 2000; Седиментологическое моделирование ..., 2000; Танинская, 2001; Чехович, 2007; Nichols, 1999; Tucker, Wright, 1990 и др.).

На востоке Восточно-Европейской платформы образования карбонатных платформ широко развиты в отложениях палеозоя. Палеозойские карбонатные платформы, сформированные в условиях эпиконтинентальных морских бассейнов, установлены в Волго-Уральской области, Тимано-Печорской провинции, Оренбургско-Актюбинском Приуралье, Прикаспийской впадине. Обобщение данных по распространенности отложений древних карбонатных платформ показывает, что в палеозойских осадочных толщах востока Восточно-Европейской платформы ими являются:

1. Ордовикская и силурийско-раннедевонская карбонатные толщи. В это время мощные толщи карбонатов формировались в пределах Печорской эпибайкальской плиты.

2. Верхнедевонско-турнейская карбонатная толща, сформированная в шельфовой части пассивной континентальной окраины Уральского палеоокеана. Распространена практически на всей восточной части Восточно-Европейской платформы.

3. Визейско-серпуховская карбонатная толща также формировалась практически на всей восточной части Восточно-Европейской платформы.

4. Среднекаменноугольная (башкирско-московская) карбонатная платформа в значительной степени унаследовала по территории развития раннека-

менноугольную. Однако карбонатные платформы башкирского и московского веков являются самостоятельными образованиями, т.к. на обширных территориях Восточно-Европейской платформы и Западного Урала в основании московского яруса развиты терригенные отложения, что связано с ингрессией московского моря.

Считается, что в обстановках открытого моря в зависимости от гидродинамического фактора карбонатные отложения формируются преимущественно механически. Поэтому в условиях с более высоким энергетическим уровнем формируются более крупнозернистые осадки, а на большем удалении от берега и больших глубинах – более мелкозернистые. Регрессии и трансгрессии, эвстатические колебания уровня моря приводят к миграции типов осадков во времени и пространстве.

Однако такие «гидродинамические» схемы образования осадков не всегда подтверждаются при изучении карбонатных разрезов, т.к. в них не учитывается важный фактор карбонатакопления – палеоэкологический. К тому же в таких схемах недостаточно учитывается то, что материал для формирования карбонатов мобилизуется из морской среды, а механизмы образования генетически различных зерен карбонатов и способы формирования осадков могут быть разнообразны.

Механизмы образования карбонатов кальция и магния из водной среды, способы накопления отложений, обстановки седиментогенеза, составные части пород, их структурно-генетические типы, морфология карбонатных тел, постседиментационные изменения, особенности формирования во времени и пространстве рассматриваются в ряде работ, список которых весьма обширен (Антошкина, 2003; Атлас породообразующих ..., 1973; Атлас структурных ..., 2005; Багринцева, 1999; Гмид, Леви, 1972; Лидер, 1986; Исаев, 2006; Киркинская, Смахов, 1981; Кузнецов, 1992, 2003; Македонов, 1985; Седиментологическое..., 2000; Селлвуд, 1990; Селли, 1989; Страхов, 1960-1962; Уилсон, 1980; Фролов, 1980, Хворова, 1958; Холодов, 1983; Dunham, 1962; Embry, Klovan, 1971 и др.).

Однако полигенность пород, обусловленная различными механизмами образования карбонатов из водной среды и способами формирования осадков и пород, а также постседиментационными процессами, в том числе вторичными изменениями наложенного характера, предопределили трудности создания не только общепринятой классификации карбонатов, но и реконструкции палеоусловий их формирования.

**Постседиментационные изменения.** Согласно современным представлениям (Лебедев, 1992; Махнач, 2000; Осадочные бассейны ..., 2004; Сергеева, 2005; Япаскурт, 2005 и др.), в зависимости от факторов постседиментационного

изменения осадков и пород литогенез можно рассматривать с двух точек зрения.

1) Стадийность изменения под действием, прежде всего, Р-Т-условий, увеличивающихся с глубиной. Особенности этого типа литогенеза (фоновый литогенез или литогенез погружения) являются уплотнение, отжим поровых растворов, перекристаллизация, аутигенез, трансформация минералов, формирование конкреций, литификация с унаследованием формирующимися осадочными породами химического состава и в меньшей мере минерального состава осадков (Диагенез и катагенез ..., 1971; Копелиович, 1965; Пустовалов, 1940; Страхов, 1960-1962) и др. Такой тип литогенеза (диагенез и катагенез) лучше изучен для терригенных пород и каустобиолитов, по которым можно изучать его стадийность.

2) Другой тип литогенеза, реализация которого обусловлена вторичными изменениями пород, имеющими наложенный характер, вызывает под действием мигрирующих через породы флюидов существенные изменения как химического и минерального состава пород, так и их структурно-текстурных особенностей, включая структуру пустотного пространства. Согласно работам гидрогеологов и литологов (Карцев, Вагин и др., 1986; Осадочные бассейны ..., 2004; Основы гидрогеологии ..., 1982; Холодов, 1983, 2004), такие вторичные изменения пород могут быть связаны с элизионной и инфильтрационной гидрогеологическими стадиями развития бассейнов породообразования. Считается, что элизионная стадия их развития обусловлена мобилизацией водными растворами части вещества при глубинном преобразовании пород и его миграцией. На мобилизации вещества, его миграции и аккумуляции в вышележащих толщах основываются осадочно-миграционная теория (Вассоевич, 1986 и др.) и флюидодинамическая модель (Соколов, 2001 и др.) формирования месторождений углеводородов. Инфильтрационная стадия, наоборот, определяет перенос и перераспределение компонентов осадочных пород сверху вниз.

Следует уточнить, что элизионная стадия реализуется и при погружении осадочных толщ, что отвечает фоновому литогенезу. Тогда одним из факторов, ее обуславливающих, является литостатическое давление. Однако также называемая элизионная стадия может реализоваться и при инверсии тектонического режима в условиях динамотермальной активизации (Осадочные бассейны ..., 2004), когда за счет дефлюидизации в породах появляется «дополнительный» флюид.

В соответствии со сказанным, в работе постседиментационные изменения рассматриваются с двух позиций: фонового литогенеза, связанного с погружением осадочных толщ (литогенез погружения), и вторичных изменений, обусловленных наложенными процессами, возможность реализации которых, как

указывалось, связана с эволюцией флюидного режима бассейна породообразования (Дюнин, Корзун, 2005; Осадочные бассейны ..., 2004). В работе принимается во внимание, что процессы фонового литогенеза региональны, затрагивают большие объемы пород, равные осадочным бассейнам или их крупным частям, тогда как вторичные изменения локальны.

Карбонаты, как и другие осадочные образования, могут быть подвергнуты как процессам фонового литогенеза, так и вторичным изменениям. Однако до сих пор не проведено системного анализа, результатом которого явилась бы историко-генетическая классификация вторичных изменений. Исключением из этого являются лишь работы В.Н.Холодова (1983, 2004), О.В.Япаскурта (2005), сотрудников ГИН РАН (Осадочные бассейны ..., 2004), а также описания гидрогеологических стадий развития осадочных бассейнов (Основы гидрогеологии ..., 1982 и др.), но и они не охватывают всего многообразия постседиментационных изменений карбонатов.

**Принятая методика изучения карбонатов.** Среди отложений палеозойских карбонатных платформ преимущественным распространением пользуются известняки, нередко подвергнутые вторичным изменениям. Поэтому при их изучении с целью реконструкции процессов седиментогенеза и фонового литогенеза проводилась, прежде всего, типизация карбонатных отложений, сложенных теми или иными структурно-генетическими типами известняков, а также изучение их вторичных изменений. Название им давалось только после того, как была «снята нагрузка» вторичных изменений.

Анализ литературы, посвященной изучению карбонатов в тех или иных регионах или сформированных в тех или иных обстановках, показал, что каждый автор выбирает или использует ту классификацию, которая более полно отражает как его представления о карбонатах, так и задачи исследования, и объекты. Поэтому часто применение в работах различных классификаций затрудняет общение между литологами, приводит также и к взаимному непониманию.

Принятая в работе структурно-генетическая классификация известняков (табл. 2) близка классификациям Н.К.Фортуновой (Атлас структурных ..., 2005), И.В.Хворовой (1953, 1958) и коллектива авторов под руководством А.В.Хабакова (Атлас текстур ..., 1969). Использование в настоящей работе этой классификации предопределено тем, что она отражает состав и генезис структурных компонентов известняков и их количественное соотношение, проста и удобна в использовании. Кроме того, применение этой классификации оказалось весьма удачным для решения поставленных в работе задач.

## Принятая в работе структурно-генетическая классификация известняков

Структурно-генетические типы известняков			Характеристика известняков		
			Форменные структурные компоненты известняков	Тип цементации форменных структурных компонентов	Структура цемента для форменных компонентов
Биокластовые	Биокластово-зоогенные	I тип	Гранулированные раковины фораминифер	Поровый	Микрит
		II тип	Биоморфные раковины фораминифер	Базальный	Спарит
	Биокластово-фитогенные		Преимущественно обломки водорослей	Базальный	Микрит
Оолитовые		I тип	Оолиты	Поровый	Микрит
		II тип	Оолиты	Базальный	Спарит
Литокластовые (обломочные)			Обломки – продукты разрушения других известняков. Цемент обломков – поровый или базальный; состоит из микрита, спарита, в различной степени гранулированных раковин фораминифер, глинистых минералов		
Пелитоморфные			Практически нацело состоят из микрита. Содержание форменных структурных компонентов незначительно. Текстура однородная или абиогенная слоистая		
Строматолитовые			Практически нацело состоят из микрита. Обладают неяснослоистой биогенной текстурой		

## 2. ЛИТОЛОГИЯ И СХЕМЫ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА КАРБОНАТОВ

(на примере отложений нижнего и среднего карбона центральной части Волго-Уральской антеклизы)

Карбонатные отложения нижнего и среднего карбона центральной части Волго-Уральской антеклизы, как указывалось, в работе рассматриваются в качестве модельного объекта при изучении процессов седиментогенеза и реконструкции обстановок осадконакопления в морских эпиконтинентальных бассейнах. Правомерность такого подхода обусловлена тем, что и в других аналогичных районах восточной части Восточно-Европейской платформы структурно-генетические типы карбонатных пород весьма близки исследованным.

**Стратиграфическое расчленение и литология.** Сведения о геологическом строении Волго-Уральской антеклизы изложены в ряде монографий и большом количестве статей (Геология Татарстана..., 2003; Каменноугольные отложения ..., 1970; Минералогия осадочного ..., 2005; Мкртчян, 1980; Муслимов, Васясин и др., 1999; Нефтегазоносность карбонатных ..., 1975; Нефтяные и газовые ..., 1987; Рыжова, Котельникова, 1972; Халымбаджа, 1962; Хачатрян, 1979). В этих же работах рассматриваются вопросы стратиграфии и литологии.

Изученный керновый материал, использованный при написании работы, включал породы: упинского, черепетского и кизеловского горизонтов турнейского яруса; бобриковского, тульского и алексинского горизонтов визейского яруса; протвинского горизонта серпуховского яруса; башкирского яруса. В работе использована стратиграфическая схема, принятая во многих исследованиях (Тектоническое и нефтегеологическое ..., 2006; Нефтегазоносность ..., 2007). Литологическое описание разрезов приводится по результатам собственного изучения.

Полученные при изучении кернового материала данные свидетельствуют о том, что разрез *турнейского яруса* в основном сложен биокластово-зоогенными известняками I типа (малевский и упинский горизонты и верхняя часть кизеловского горизонта), биокластово-фитозоогенными (нижняя часть кизеловского горизонта) и биокластово-фитогенными (черепетский горизонт и кровельная часть кизеловского горизонта).

*Визейский ярус* в изученных разрезах снизу вверх представлен терригенными и карбонатными отложениями бобриковского и тульского горизонтов и преимущественно карбонатной толщей алексинского горизонта. Терригенные породы яруса с размывом и стратиграфическим несогласием залегают на известняках турнейского яруса. Известняки визейского яруса представлены теми же типами, что и турнейского. Здесь в карбонатной части разреза наблюдается незакономерное увеличение снизу вверх доли биокластово-зоогенных известняков I типа, в турнейском ярусе – наоборот.

Керновый материал *серпуховского яруса* по данным ГИС представлен лишь протвинским горизонтом. Известняки его аналогичны породам башкирского яруса.

Разрезы *башкирского яруса* в отличие от разрезов турнейского и визейского ярусов существенно отличаются друг от друга по наличию в них тех или иных структурно-генетических типов известняков, последовательности их напластования, а также мощности. Изменчивость отложений башкирского яруса по латерали в отличие от отложений турнейского и визейского ярусов столь велика, что в работе приводится два основных типа разрезов.

В разрезах I типа наблюдается закономерное и повторяющееся по вертикали чередование следующих типов известняков: биокластово-зоогенные II типа – литокластовые – пелитоморфные – литокластовые ... В разрезах II типа

обнаруживается чередование биокластово-зоогенных известняков I типа и пелитоморфных. Также выделяемые в работе разрезы III типа по последовательности напластования известняков отнесены к смешанному типу, т.к. они несут признаки разрезов I и II типов.

Строматолитовые известняки в качестве самостоятельных слоев в отложениях башкирского яруса встречаются редко. В изученном керновом материале они обнаружены среди биокластово-зоогенных известняков II типа. Оолитовые известняки также встречаются редко. Также как и строматолитовые, они образуют определенный парагенез, т.к. в изученных разрезах встречены среди биокластово-зоогенных известняков I типа.

Сводный разрез изученных отложений нижнего и среднего карбона приведен на рисунке 1.



Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Горизонт	Литологическая колонка	Мощность, м	Краткая характеристика пород
Каменноугольная	Средний	Башкирский		На практике не расчленяются на горизонты		20-50	Известняки: - биокластово-зоогенные I и II типов, - литокластовые, - пелитоморфные, - оолитовые I и II типов (редко встречаются), - строматолитовые (редко встречаются)
	Нижний	Визейский	Верхний	Алексинский		20-50	Снизу вверх терригенные породы переходят в известняки биокластово-фитогенные с прослоями биокластово-фитозоогенных и биокластово-зоогенных I типа
				Тульский			
				Бобриковский			
		Турнейский	Верхний	Кизеловский		13-32	Известняки биокластово-фитогенные Известняки биокластово-зоогенные I типа и биокластово-фитозоогенные
				Черепетский			Известняки биокластово-фитогенные
				Упинский + Малевский			Известняки биокластово-зоогенные I типа
			Нижний			35-52	

Рис. 1. Сводный литологический разрез нижнего и среднего карбона в объеме турнейский-башкирский ярусы

**Схемы седиментогенеза карбонатов.** Анализ литературы (Беяева, 2000; Геологическая съемка ..., 1982; Жемчугова, 2001; Кузнецов, 1992, 2003; Македонов, 1985; Рыжова, Котельникова, 1972; Проворов, 1992; Седиментологическое моделирование ..., 2000; Седиментология, 1980; Селлвуд, 1990; Селли, 1989; Танинская, 2004; Уилсон, 1980; Фролов, 1980; Хворова, 1958; Хеллем, 1983 и др.), в которой показаны различные схемы седиментогенеза, не позволил найти среди них те, которые отвечали бы изученным последовательностям напластования известняков в турнейском, визейском и серпуховско-башкирском

ярусах с учетом движения береговой линии, изменения уровня моря, развития биоты и др.

Объяснение этому видится в масштабе исследований и, соответственно, недостатке фактического материала. Тогда как в настоящей работе изучены структурно-генетические типы известняков многих разрезов и последовательности их напластования, что для подобного вида работ делается редко. Выявленные последовательности в вертикальном распределении пород (прежде всего, известняков) в отложениях нижнего и среднего карбона с учетом закона Головкинского указывают на определенные закономерности в распределении карбонатов и по латерали в палеобассейне седиментогенеза.

В работе реконструкция схем седиментогенеза карбонатов проводится для определенных обстановок, соответствующих определенным временным интервалам. При этом, в силу меняющихся во времени и пространстве обстановок седиментогенеза, происходит смена одних типов карбонатов другими. В основу приведенных схем седиментогенеза карбонатов положены: последовательность напластования пород, их структуры и текстуры, характер границ между выявленными типами известняков, присутствие переходных между ними разновидностей, наличие органических остатков и их сохранность, минеральный состав, включая нерастворимый остаток и др. И, конечно же, такая реконструкция выполнялась лишь после того, как была «снята нагрузка», связанная с постседиментационными, прежде всего, вторичными изменениями пород.

#### ***Схема седиментогенеза карбонатов в турнейском и визейском веках.***

С учетом регрессии морского бассейна в турнейском веке седиментогенез карбонатов можно представить схемой рисунка 2, на которой показана смена осадков при удалении от береговой линии: терригенные отложения сменяются биокластово-фитогенными и далее биокластово-зоогенными карбонатными осадками I типа.

Формирование биокластово-фитогенных осадков следует рассматривать как механическое, о чем свидетельствуют субгоризонтальная пространственная ориентировка биокластов и слоистость известняков, подчеркиваемая наличием слоев углисто-глинистого материала. Тогда как текстуры биокластово-зоогенных известняков I типа не обнаруживают признаков механического способа формирования осадков. Более того, в таких известняках отчетливо наблюдается бимодальное распределение частиц по размерам: крупные зерна – гранулированные раковины фораминифер, а более мелкие зерна – микрит. Поэтому такие карбонаты имеют «смешанное» происхождение. Их образование следует рассматривать как механическое накопление микрита, в котором присутствуют бентосные организмы – фораминиферы, подвергшиеся впоследствии грануляции. К тому же, биокластово-фитогенные карбонатные осадки, в отличие от биокластово-зоогенных I типа, формировались на меньшем удалении от береговой линии и на меньших глубинах, о чем свидетельствуют большее содержа-

ние углисто-терригенной компоненты в биокластово-фитогенных известняках, чем в биокластово-зоогенных I типа, а также текстура пород.

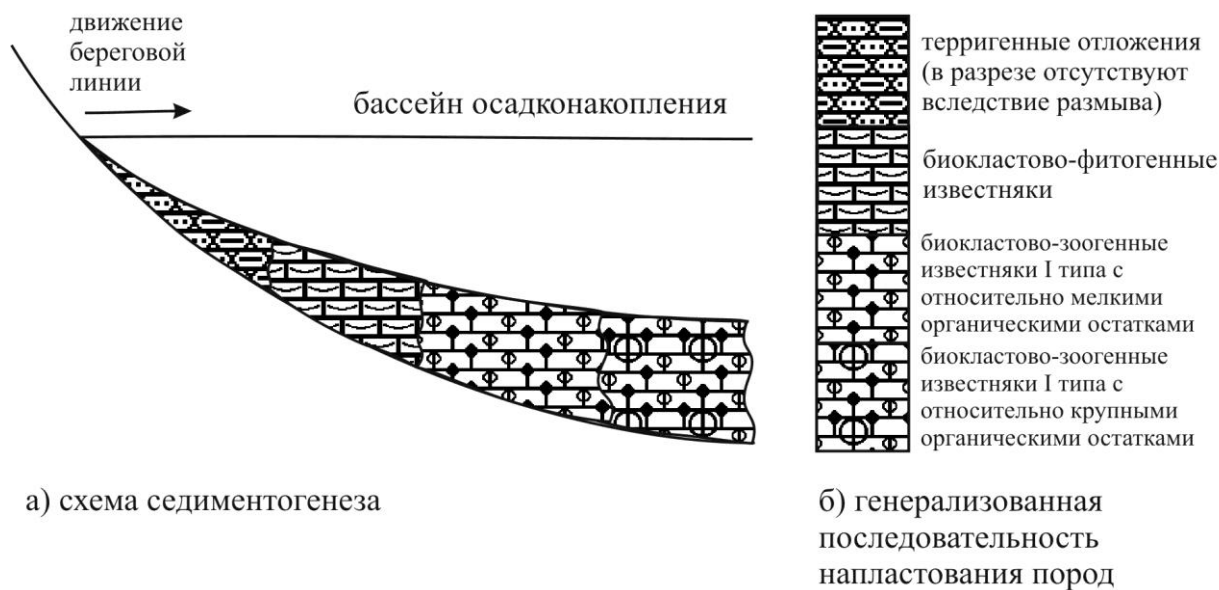


Рис. 2. Схема седиментогенеза карбонатов в турнейском веке в регрессирующем морском бассейне (а) и общая последовательность напластования пород в турнейском ярусе (б)

Основными факторами, контролирующими седиментогенез карбонатов турнейского века, следует считать два: гидродинамический и палеоэкологический.

Гидродинамический фактор проявляется в том, что с увеличением глубины водного бассейна механическим путем накапливаются все более и более тонкозернистые составные части карбонатов, к которым не относятся гранулированные раковины фораминифер. На формирование биокластово-фитогенных карбонатов в более мелководной обстановке указывают текстуры пород: волнисто-линзовидные текстуры биокластово-фитогенных известняков показывают, что такие осадки формировались в гидродинамически более подвижной среде, чем биокластово-зоогенные I типа, образование которых происходило ниже базиса волнового воздействия.

Палеоэкологический фактор проявляется в наличии в карбонатах, формирующихся на различных глубинах и на разном удалении от береговой линии, либо обломков водорослей, либо раковин фораминифер. Смена в пространстве фитогенных органических остатков зоогенными, по-видимому, может быть объяснена сменой автотрофов гетеротрофами.

Разрезы турнейского и визейского ярусов, несмотря на некоторые различия, можно рассматривать как инверсивные друг другу, т.к. они сложены одинаковыми типами известняков и характеризуются обратными последовательностями напластования пород. Поэтому схема седиментогенеза карбонатов в ви-

зейском веке будет аналогична схеме их седиментогенеза в турнейском с учетом трансгрессии или регрессии морского бассейна.

Общим для турнейского и визейского ярусов является достаточно уверенное расчленение разрезов по данным ГИС и литологическим признакам до горизонтов и последовательная направленная по разрезу смена одних пород другими, что обусловлено эволюцией карбонатонакопления в условиях регрессии или трансгрессии морского бассейна и широким площадным распространением выявленных типов карбонатов.

***Схема седиментогенеза карбонатов в серпуховском и башкирском веках.*** Так как при изучении отложений серпуховского и башкирского ярусов выделено два основных типа разрезов – I и II, то и реконструкция схем седиментогенеза карбонатов выполнена для каждого из них.

Реконструкция схемы седиментогенеза карбонатов по разрезам I типа. В основу реконструкции схемы седиментогенеза карбонатов положены следующие установленные факты: 1) резкие пространственные границы между тремя основными типами известняков; 2) отсутствие между ними промежуточных (смешанных) пород; 3) наличие в литокластовых известняках обломков биокластово-зоогенных известняков II типа, которые в разрезах образуют самостоятельные слои; 4) присутствие среди литокластов углистых пелитоморфных известняков, не образующих в разрезе обособленных слоев; 5) присутствие среди литокластов довольно большого количества строматолитовых известняков, которые в разрезах как самостоятельные породы встречаются крайне редко; 6) присутствие в литокластовых известняках гидроокислов железа и каолинита; 7) волнисто-линзовидная текстура пелитоморфных известняков со следами взмучивания и перемыва осадка; 8) обнаруживаемая закономерная смена по разрезу типов известняков; 9) невозможность корреляции разрезов по литологическим критериям и данным ГИС.

Анализ каждого установленного факта позволяет считать, что бассейн седиментации серпуховского и башкирского веков представлял неглубокое море, где формировались осадки: 1) биокластово-зоогенные карбонаты II типа, слагающие положительные формы рельефа, 2) продукты их разрушения – литокластовые карбонаты и 3) располагающиеся между ними пелитоморфные карбонаты. Так как в продуктах разрушения биокластово-зоогенных известняков II типа фиксируются продукты химического выветривания – гидроокислы железа и каолинит, следует признать, что они образовывали острова, где получили распространение процессы гипергенеза. В это время рассматриваемая территория представляла собой некий архипелаг. Схематично седиментогенез карбонатов, формирующих разрезы I типа, можно представить рисунком 3.

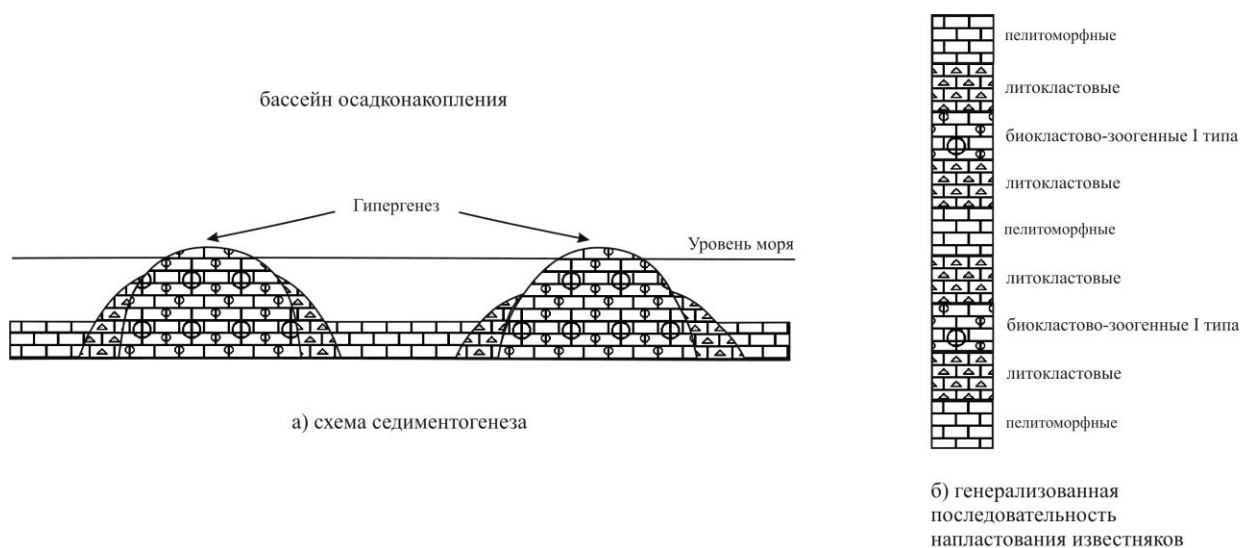


Рис. 3. Схема седиментогенеза карбонатов в башкирском веке (а) и последовательность напластования известняков в разрезах I типа (б)

При механическом способе отложения материала биокластово-зоогенных карбонатов II типа, формирующихся как органогенные пески (Селлвуд, 1990), пространство между органическими остатками было заполнено микритом, что является обычным явлением, а при диагенезе произошла его перекристаллизация до спарита. Однако «обычным» диагенезом, связанным с изменением физико-химической среды при субаквальном захоронении осадка, объяснить процесс перекристаллизации не представляется возможным, т.к. в противном случае этот процесс наблюдался бы и в других структурно-генетических типах известняков, а не только в рассматриваемых.

Возможность существенной перекристаллизации любых минералов с укрупнением зерен, как следует из теории метасоматических преобразований, реализуется в случае, когда поровые растворы по отношению к минералам находятся то в недосыщенном, то в пересыщенном состоянии. В нашем случае в условиях постоянного смещения границы пресных метеорных вод и насыщенных по  $\text{CaCO}_3$  седиментогенных реализуется перекристаллизация, связанная с растворением более мелких и ростом за их счет более крупных зерен. Подобный процесс связан также с формированием цемента «пляжного типа» (Селлвуд, 1990).

Выход биокластово-зоогенных карбонатных осадков II типа из-под уровня моря приводил также к их эволюционному развитию в строматолитовые известняки и пелитоморфные карбонатные осадки. Последние, обогащенные органическим веществом, образовывались в условиях лагун. Механическое разрушение таких известняков приводило к формированию обломочного карбонатного материала, давшего начало литокластовым отложениям. Сопровождающий механическое разрушение процесс химического выветривания обусло-

вил присутствие в литокластовых известняках гидроокислов железа и каолинита.

#### Реконструкция схемы седиментогенеза карбонатов по разрезам II типа.

Седиментогенез таких отложений следует рассматривать как накопление биокластово-зоогенных и пелитоморфных карбонатных осадков. Первые дают начало биокластово-зоогенным известнякам I типа, вторые – пелитоморфным. Седиментогенез биокластово-зоогенных карбонатов I типа аналогичен таким же карбонатам турнейского и визейского веков. Отсутствие в разрезах литокластовых отложений связано с тем, что формирующиеся отложения не выходили на дневную поверхность. Это можно объяснить тем, что их седиментогенез осуществлялся на больших глубинах по сравнению с тем седиментогенезом, который приводил к формированию разрезов первого типа. Массивная текстура обоих типов известняков, слагающих разрезы, указывает на формирование осадков ниже базиса волнового воздействия. Присутствие же в разрезах двух типов известняков, вероятно, следует объяснять тем, что главными факторами седиментогенеза карбонатов являются палеоэкологический и/или рельеф дна бассейна. Отсутствием перерывов в осадконакоплении в разрезах II типа можно объяснить и их повышенные мощности. Мощность изученных разрезов II типа в башкирском ярусе составляет более 50 м, тогда как мощности разрезов I типа не превышают 30 м.

Таким образом, изучение разрезов нижнего и среднего карбона позволило создать схемы седиментогенеза карбонатов в условиях открытого шельфа. *Карбонаты турнейского и визейского веков* формировали отложения мелководных шельфовых равнин, образуя широкие пояса, располагающиеся параллельно береговой линии. Поэтому при стратификации таких отложений можно использовать как структурно-генетическую типизацию известняков, так и данные ГИС. *Карбонаты серпуховского и башкирского веков*, слагающие разрезы I типа, накапливались выше базиса волнового воздействия и на значительном удалении от береговой линии. При этом вследствие высокой гидродинамической активности формировались баровые отложения, сложенные биокластово-зоогенными карбонатными осадками II типа, литификация которых осуществлялась при их выходе из-под уровня моря. Благодаря такой литификации в субаэральных условиях и гипергенезу шло образование продуктов их разрушения – литокластовых карбонатов. Поэтому область седиментогенеза представляла собой архипелаг. Между островами шло накопление пелитоморфных карбонатных илов. В более глубоководных условиях, ниже базиса волнового воздействия, формировались биокластово-зоогенные карбонатные осадки I типа и пелитоморфные карбонатные осадки, слагающие разрезы II типа.

В силу невыдержанности типов осадков по латерали стратификация отложений серпуховского и башкирского ярусов до горизонтов на практике по литологическим признакам и данным ГИС не делается.

Основными факторами, контролирующими седиментогенез карбонатов раннего и среднего карбона, следует считать: удаленность от береговой линии, привнос терригенного материала, палеоэкологию, глубину бассейна, расчлененность его дна, гидродинамику. Различное соотношение названных факторов и обуславливает формирование отложений в обстановках мелководных шельфовых равнин и баровых.

Аналогичные по структурно-текстурным особенностям отложения присутствуют в палеозойских карбонатных толщах и других районах востока Восточно-Европейской платформы, поэтому разработанные схемы седиментогенеза в условиях открытого шельфа применимы и к ним.

### 3. ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАРБОНАТОВ

Карбонатные отложения, сформированные в условиях развития открытого шельфа, испытали как «классический» фоновый литогенез, так и вторичные изменения наложенного характера.

Подверженность известняков вторичным изменениям наложенного характера в пределах востока Восточно-Европейской платформы установлена во многих регионах, на что указывается в ряде обобщающих работ (Атлас палеонтологических ..., 2007; Багринцева, 1999; Беляева, 2000; Жемчугова, 2002; Карбонатные породы ..., 2005; Карнюшина, 2000). Особенно интенсивно они проявляются в карбонатах на месторождениях нефти Тимано-Печорской провинции, Волго-Уральской области, Оренбургско-Актюбинском Приуралье, Прикаспийской впадине. Распространены они также и в других регионах, как России, так и зарубежья.

Между тем до сих пор не существует работ, в которых бы предлагалась историко-генетическая классификация постседиментационных изменений карбонатных пород с указанием возможных мест локализации вторичных изменений, относительного времени их реализации, что весьма важно не только с научных позиций, но и для практики выявления коллекторов нефти высокой промышленной значимости. Поэтому вторичным изменениям карбонатов в работе уделяется большее внимание, чем их диагенетическим и катагенетическим изменениям.

Некоторые вторичные изменения проявляются неоднократно. В этом случае для удобства изложения они названы изменениями первого (I) и второго (II) типов. Причем нумерация изменений, относимых к процессам фонового литогенеза и вторичным наложенного характера, производится отдельно.

**Фоновый литогенез.** Изучение карбонатных толщ показало, что их катагенетические изменения проявляются слабее по сравнению с аналогичными изменениями, например, терригенных пород и каустобиолитов (Диагенез и катагенез ..., 1971; Логвиненко, Орлова, 1987). Прежде всего, это касается измене-

ния минерального и химического состава известняков с возрастанием глубины их залегания.

Постседиментационные изменения карбонатов, связанные с фоновым литогенезом, заключаются в: уплотнении; оттоке седиментогенных вод; перекристаллизации; кальцитизации, включая заполнение кальцитом пустот; формировании зерен и агрегатов пирита; окремнении наиболее крупных органических остатков известняков, имеющих зоогенную природу; появлении стилолитов. Невысокая интенсивность этих изменений, обусловленная малой скоростью погружения, предопределяет отток захороненных вод преимущественно по напластованию пород и через более проницаемые их типы. Поэтому, вследствие миграции флюида по латерали, такие изменения пород слабы по сравнению с вторичными изменениями наложенного характера.

Критериями отнесения названных постседиментационных изменений к процессам фонового литогенеза следует считать: повсеместное распространение; отсутствие литологического контроля; отсутствие пространственной связи изменений с тектоническими структурами, зонами нефте- или водонасыщенных пород, зонами ВНК; местный источник привносимых веществ (т.е. небольшой по расстоянию их перенос), которые формируют новообразования (исключение составляет стилолитизация).

**Вторичные изменения известняков наложенного характера, их связь с флюидным режимом бассейна породообразования.** В работе (Осадочные бассейны ..., 2004) вторичные изменения пород носят название «литогенез зон динамотермальной активизации». Такие постседиментационные преобразования, обусловленные наложенными на фоновый литогенез вторичными изменениями, в целом проявляются значительно интенсивнее, хотя и локально, что является их особенностью. Нередко они носят унаследованный характер.

Вторичные изменения карбонатных пород хорошо известны (Атлас структурных ..., 2005; Атлас типовых ..., 1999; Багринцева, 1977, 1999; Бурлин, 1976; Гмид, Леви, 1972; Карбонатные породы-коллекторы ..., 2005; Киркинская, Смехов, 1981; Кузнецов, 1992; Сахибгареев, 1989; Смехов, Дорофеева, 1987 и др.). Однако их роль в формировании структуры пустотного пространства карбонатов, приуроченность тех или иных из них к различным типам пород, масштабы их проявлений, природа и источник флюидов, вызывающих изменения, полностью не раскрыты. Этим можно объяснить отсутствие в литературе генетической классификации вторичных изменений, последовательности их реализации, сведений об их связи с флюидным режимом бассейнов породообразования.

Особенностью вторичных изменений пород является то, что они не являются изохимическими, как при фоновом литогенезе. При их реализации происходят весьма существенные изменения, как минерального состава, так и структурно-текстурных особенностей пород, обусловленные миграцией флюидов. К



вторичным изменениям, изученным в работе, относятся: окремнение I и II типов, выщелачивание и связанная с ним перекристаллизация, доломитизация I и II типов, кальцитизация, сульфатизация. Пять первых из них, в соответствии с выявленными критериями, обусловлены элизионной стадией развития бассейнов породообразования, а сульфатизация – инфильтрационной. В основу отнесения тех или иных вторичных изменений к определенной геофлюидной стадии развития бассейнов породообразования положены морфология вторично измененных пород, пространственная литолого-стратиграфическая и тектоническая приуроченность, выдержанность в пространстве, источник привносимых веществ, вызывающих изменения.

**Вторичные изменения, связанные с элизионной стадией.** Реализуются в условиях динамотермальной активизации (Осадочные бассейны ..., 2004). Основным фактором таких изменений считается температурный режим. Последний, определяемый астеносферной конвекцией, способствует разогреву осадочных толщ и дополнительному отжиму флюидов из них (Артюшков, 1993). По сравнению с отжимом флюидов при фоновом литогенезе, его интенсивность такова, что миграция флюидов осуществляется и вкrest простирания пород. «Окнами» такой разгрузки служат антиклинальные поднятия (Файф, Прайс и др., 1981).

*Окремнение* в изученных объектах развито слабо, проявляется как метасоматическое замещение халцедоном исходных известняков. В отличие от окремнения, относимого к процессам фонового литогенеза, этот тип окремнения имеет иную пространственную приуроченность: локализуется в виде латерально протяженных зон, обнаруженных при смене одних структурно-генетических типов известняков другими (окремнение I типа) и в зонах ВНК (окремнение II типа).

Окремнение I типа изучено при анализе кернового материала на границе биокластово-фитогенных известняков и залегающих выше биокластово-зоогенных известняков I типа, охватывая лишь нижнюю часть мощного пласта последних. В случае обратной последовательности пород, также встречающейся в изученных отложениях, окремнение отсутствует. Природа осаждения кремнезема и при фоновом литогенезе, и в настоящем случае, видимо, одинакова. Осаждение кремнезема, вероятно, происходит на геохимических барьерах, которыми в разрезах служит смена по разрезу одних типов известняков другими. Время реализации этого типа окремнения – до нефтенакопления.

Рассматриваемый тип окремнения является практически важным. Окремненные известняки разбиты довольно густой сеткой трещин, тогда как во вмещающих известняках трещиноватость не обнаружена и они обладают весьма слабыми коллекторскими свойствами, т.к. имеют лишь пятнистую слабую нефтенасыщенность. Добыча нефти происходит из интервалов, где встречены тре-

щиноватые плотные кремни, образующие трещинный тип коллектора мощностью 0,5-1,0 м.

Появление трещиноватости лишь в зоне окремненных известняков можно объяснить их большей хрупкостью по сравнению с вмещающими известняками. Подобный тип образования трещиноватости описывается при изучении керн других регионов (Кузнецов, Скобелева и др., 2006).

Окремнение II типа наблюдается в зонах ВНК. Этот тип окремнения развит не повсеместно. Здесь халцедон либо нацело замещает известняки, либо при неполном окремнении наблюдается избирательное замещение. В последнем случае среди реликтов незамещенного халцедоном известняка присутствуют лишь зоогенные органические остатки. Отсюда следует, что при частичном замещении известняков халцедоном наиболее устойчивыми компонентами являются органические остатки, при полной реализации процесса окремнения замещаются все компоненты известняка. Распространенность окремнения II типа следует связывать с геохимическим барьером кислого типа (Алексеев, Алексеев, 2003), т.к. в зонах ВНК происходит генерация углекислоты и органических кислот (Сахибгареев, 1989; Тараненко, Безбородов и др., 2000, 2001).

Исходя из сказанного, можно уверенно полагать, что окремнение II типа реализуется при формировании зон ВНК, что соответствует, согласно ряду работ (Карцев, Вагин и др., 1992), этапу разрушения нефтяных залежей поступающими водными флюидами или времени окончания нефтенакпления.

*Выщелачивание* проявляется формированием в известняках вторичной пустотности – кавернозности. В изученных объектах кавернозность прослежена в нефтенасыщенных участках разреза – в нефтяных залежах, а также в зонах ВНК. За их пределами выщелачивание не наблюдалось. Этот факт свидетельствует о существовании определенной пространственно-временной связи между процессами формирования нефтяных залежей и зон ВНК, с одной стороны, и выщелачивания, с другой.

Среди изученных структурно-генетических типов известняков выщелачивание наиболее интенсивно проявляется лишь в биокластово-зоогенных известняках I типа. Их выщелачивание селективно и обусловлено выносом части микрита, цементирующего органические остатки, и одновременно его *перекристаллизацией* с укрупнением зерен. В результате выщелачивания и перекристаллизации, цементирующий органические остатки агрегат кальцита по структуре отвечает спариту, который не полностью заполняет пространство между соприкасающимися органическими остатками.

Важно отметить, что рассмотренный процесс формирования кавернозности имеет следующие особенности: реализуется в биокластово-зоогенных известняках I типа, которые имеют поровый тип цементации органических остатков; выщелачиванию в них подвергается лишь микрит, цементирующий орга-

нические остатки. Аналогичные изменения наблюдаются и в менее распространенных в изученных разрезах оолитовых известняках I типа.

*Доломитизация.* По пространственному положению в разрезах этого вида вторичного преобразования известняков, а также по морфологическим признакам ее продукта доломитизацию можно разделить на два типа.

Доломитизация I типа. Доломит спорадически встречается в виде дисперсной примеси лишь в кавернозных нефтенасыщенных биокластово-зоогенных известняках I типа, тогда как в известняках, не подверженных процессу выщелачивания и относящихся к тому же типу, доломит не обнаруживается. По масштабам проявления этот тип доломитизации сопоставим с процессом выщелачивания. Доломит не диагностируется в шлифах, однако однозначно определяется рентгенографически. Следовательно, размер его зерен весьма мал и не превышает сотых долей миллиметра. Его содержание в кавернозных известняках, по данным рентгенографического анализа, не превышает 3-5%. Присутствие примеси доломита лишь в кавернозных нефтенасыщенных известняках свидетельствует о парагенетической связи доломитизации I типа с выщелачиванием и нефтенакоплением. В противном случае примесь доломита присутствовала бы в известняках как подверженных, так и не подверженных выщелачиванию.

Доломитизация II типа обнаруживается как при микроскопическом изучении шлифов, так и рентгенографически. Нередки случаи его обнаружения и макроскопически. Может образовывать мономинеральные вторичные породы. Участки разрезов, сложенные мономинеральными вторичными доломитами, встречаются не повсеместно. Они обнаружены и изучены в отложениях тульского горизонта визейского яруса и башкирского яруса в пределах Южно-Татарского свода. Аналогичные доломиты встречаются также в зонах древних ВНК, где они формируют вторичные пятнистые и линзовидные образования небольшой мощности с латеральной пространственной ориентировкой.

Общим для вторичных доломитов этого типа является наличие в их зернах включений углеводородов, формирование которых, как считается, возможно при росте минералов в водно-углеводородной среде (Балицкий, Балицкая и др., 2005), видимо, близкой по составу углеводородным флюидам (микронефти). Присутствие доломитов II типа в зонах ВНК указывает на время их образования, отвечающее окончанию нефтенакопления.

*Кальцитизация* известняков по природе и характеру взаимодействия растворов и пород отличается от той кальцитизации карбонатов, которая связана с фоновым литогенезом. Она не захватывает большие объемы пород, т.к. реализация процесса чаще наблюдается в зонах ВНК, сложенных биокластово-зоогенными известняками I типа, реже – в перекрывающих их плотных известняках и еще реже – в кавернозных известняках, слагающих нефтяные залежи.

Кальцитизация приводит к формированию плотных выделений, обладающих конформной структурой. В биокластово-зоогенных известняках процесс начинается с перекристаллизации цементирующего биокласты кальцита, а в дальнейшем охватывает и последние.

Критериями отнесения рассмотренных процессов вторичного изменения известняков, связанных с элизионной стадией развития бассейнов породообразования в условиях динамотермальной активизации, являются: привнос веществ, вызывающих метасоматическое изменение пород; определенная пространственная локализация процессов, обусловленная литолого-стратиграфическим и тектоническим факторами; реализация процессов за исключением окремнения, доломитизации II типа и кальцитизации в условиях термодинамически закрытой или полужакрытой системы, что приводит к практически однородному преобразованию больших объемов пород, одинаковых по объему с нефтяными резервуарами.

***Вторичные изменения, связанные с инфильтрационной стадией.*** К ним относится лишь сульфатизация. Проявляется в метасоматическом замещении карбонатов гипсом и ангидритом. В керновом материале наблюдается прожилково-вкрапленный характер выделений сульфатов, имеющих резкие границы с вмещающими породами. Распространенность сульфатов малая и весьма неравномерная. На 10 погонных метров керна может встречаться от 1 до 15-20 выделений.

Сульфаты встречаются среди известняков вне связи с их структурно-генетическими типами, вышерассмотренными вторичными изменениями, характером флюидонасыщенности и структурой пустотного пространства пород. Их выделения в изученных объектах можно встретить практически повсеместно. Отсутствует зависимость мест локализации сульфатизации от литолого-стратиграфического и тектонического факторов.

В изученных разрезах максимальное развитие сульфатизации наблюдается в породах среднего карбона, в породах нижнего карбона она проявлена значительно слабее. Во франском ярусе девона и ниже по разрезу сульфатизация не обнаруживается. Это указывает на пространственную направленность сульфатизации «сверху вниз». Следовательно, согласно приведенным фактам, можно утверждать, что процессы сульфатизации реализуются вследствие миграции сульфат-содержащих вод сверху вниз по зонам трещиноватости (трещины разгрузки по Чернышеву, 1983).

Критериями отнесения вторичных изменений к инфильтрационной стадии считаются: привнос вещества, вызывающего метасоматическое изменение пород; прожилково-гнездовидная форма выделений; отсутствие какой-либо парагенетической связи с типами известняков и их вторичными изменениями,

связанными с элизионной стадией развития бассейнов породообразования; отсутствие парагенетической связи с нефтяными залежами и зонами ВНК; пространственная направленность процесса сверху вниз.

**Общая характеристика постседиментационных изменений.** Из изложенного следует, что известняки, сформировавшиеся при седиментогенезе как карбонатные осадки, испытали определенные постседиментационные изменения. К ним относятся процессы фонового литогенеза, которые также можно по аналогии с классификацией метаморфических процессов назвать процессами регионального литогенеза, и процессы локального литогенеза. Последние в работе названы, соблюдая существующие в литературе традиции, вторичными изменениями, имеющими наложенный характер. Их особенность заключается в миграции флюидов, вызывающих вторичные изменения, не по напластованию пород, как это преимущественно происходит при фоновом литогенезе.

Изменения, отнесенные к процессам фонового литогенеза, реализуются при погружении осадочных толщ – литогенез погружения. Тогда как вторичные изменения осадочных пород, имеющие «элизионный или инфильтрационный характер», реализуются позже – на этапе динамотермальной активизации.

Источник вещества для реализации процессов элизионной стадии в условиях динамотермальной активизации глубинный. Строго говорить о едином источнике не представляется возможным. Анализ литературы также не указывает на какой-либо единый источник поступления флюидов, обуславливающих те или иные вторичные изменения пород. Глубинная мобилизация вещества может быть из осадочных пород. Нельзя также исключать возможность миграции флюидов при инверсии тектонического режима вследствие разогрева осадочных толщ мантийным теплом, в том числе и из кристаллического фундамента (Плотникова, 2004; Христофорова, Непримеров и др., 2004).

Источником вещества для реализации процессов инфильтрационной стадии являются вышезалегающие породы пермской системы, среди которых развиты сульфаты.

Основываясь на пространственной приуроченности вторичных изменений, их связи с участками нефтенасыщенных пород и зонами ВНК, можно сделать определенные выводы об относительном времени их реализации (табл. 3). В таблице показано время реализации каждого из рассмотренных процессов относительно времени нефтенакопления и геофлюидной стадийности развития бассейнов породообразования. Время нефтенакопления определяется как время насыщения пород водонефтяным флюидом, формирующим природные резервуары и зоны ВНК.

Таблица 3

Соотношение по времени процессов вторичного изменения известняков с геофлюидными стадиями развития бассейнов породообразования и процессами нефтенакпления

Вторичные изменения	Геофлюидные стадии в условиях динамотермальной активизации		
	Элизионная		Инфильтрационная
	до нефтенакпления	во время нефтенакпления	
Окремнение I и II типов			
Выщелачивание			
Доломитизация I типа			
Доломитизация II типа			
Кальцитизация			
Сульфатизация			

#### 4. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ЛОКАЛИЗАЦИЮ ОСНОВНЫХ ВТОРИЧНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ИЗВЕСТНЯКОВ И СТРУКТУРУ ИХ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА

Присутствие среди карбонатных отложений, полностью или частично сформировавшихся за счет механического отложения материала, пород с высокими емкостно-фильтрационными свойствами не определяется наличием в них пустотности седиментогенной природы. Высокая пустотность матрицы изученных карбонатных пород определяется проявлением в них вторичных изменений, таких как выщелачивание и доломитизация. Однако развитие выщелачивания, также как и доломитизации, не повсеместно. Последнее определяется тектоно-флюидодинамическим и литолого-стратиграфическим факторами.

Для регионов, в которых нефтеносны известняки с высокими коллекторскими свойствами, нерешенными остаются вопросы о закономерностях развития в них выщелачивания и мест его пространственной локализации. Еще бóльшая неопределенность существует в отношении проявления доломитизации. Решение сформулированных проблем позволит осуществлять прогноз промышленной значимости залежей, их стратиграфического и тектонического положения, морфологии, структуры пустотного пространства матрицы карбонатных пород-коллекторов, характера их нефтенасыщенности.

В качестве примера влияния тектоно-флюидодинамического и литолого-стратиграфического факторов на вторичную измененность известняков в работе рассматривается центральная часть Волго-Уральской области. Изученный стратиграфический диапазон включает турнейский и серпуховско-верейский регионально нефтеносные карбонатные комплексы (Тектоническое и нефтегео-

логическое ..., 2006). В серпуховско-верейском комплексе среди карбонатных пород-коллекторов основное место принадлежит породам башкирского яруса.

**Тектоно-флюидодинамический фактор.** Анализ плотности расположения месторождений нефти показывает, что их размещение в значительной мере контролируется тектоническим фактором. Но не только этим определяется роль тектонического фактора. Он и связанный с ним флюидодинамический фактор (Соколов, 2001) оказывают влияние на генерацию водонефтяных флюидов, пути их миграции, аккумуляцию. Названные факторы «ответственны» также за формирование вторичных коллекторских свойств карбонатов. Характер тектонического развития региона влияет также на тепловой режим бассейна породообразования (Артюшков, 1993; Христофорова, Непримеров и др., 2004), который может меняться во времени. Современный тепловой режим региона, по видимому, унаследован от времени формирования месторождений нефти, поскольку на определенную его связь с плотностью их распространения указывают фактические данные.

Известно, что выщелачивание и доломитизация, связанные с миграцией флюидов, локализуются лишь в определенных тектонических структурах, какими обычно являются антиклинали (Каледа, 1985; Латеральная изменчивость ..., 1974). Из этого следует, что зонами повышенной проницаемости пород для восходящих токов флюида являются антиклинальные поднятия, т.к. в них в максимальной степени проявляются выщелачивание и доломитизация.

В соответствии со сказанным, разрезы, изученные на различных тектонических структурах и их частях – сводах, крыльях, прогибах, не отличались бы друг от друга, если бы отсутствовали вторичные изменения пород, связанные с наложенными процессами. Практически же разрезы даже близко расположенных друг к другу скважин часто значительно различаются по вторичным изменениям, структуре пустотного пространства пород, соответственно, коллекторским свойствам и характеру флюидонасыщенности.

Роль тектоно-флюидодинамического фактора в формировании вторичных изменений известняков, прежде всего, выщелачивания и доломитизации, и, соответственно, в формировании высоких коллекторских свойств карбонатных пород сводится к следующим положениям: тектонический фактор обуславливает формирование положительных структур, к которым приурочены месторождения и залежи нефти; в пределах положительных структур наиболее интенсивно реализуются вторичные изменения пород; наибольший ток флюидов, приводящий к существенным вторичным изменениям пород на элизионной стадии развития бассейнов породообразования, осуществляется через более высокоамплитудные структуры.

Известно, что тектоническое развитие региона является стадийным. На каждой стадии происходят определенные изменения карбонатов. На основании анализа фациальной изменчивости отложений, их литологического состава, со-

отношений структурных планов, перерывов в осадконакоплении в истории региона можно выделить: палеоплатформенный резонансный (PR<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>) и неоплатформенный автономный (T-Q) этапы (Фанерозойские осадочные ..., 2000; Чайкин, 2005). С первым связаны формирование осадочных формаций и реализация процессов фонового литогенеза, со вторым – процессы нефтенакопления и рассматриваемые вторичные изменения известняков. Считается, что реализация процессов нефтенакопления и вторичных изменений пород, обусловленных элизионной стадией в условиях динамотермальной активизации, определяется подъемом уровня астеносферы вследствие прихода плюма из нижней мантии и кондуктивного тепломассопереноса (Изотов, 2001; Трофимов, 2006).

**Литолого-стратиграфический фактор** в формировании вторичной структуры пустотного пространства карбонатных пород и участков ее пространственной локализации проявляется в том, что: карбонатные породы перекрываются породами-флюидоупорами; в разрезе карбонатных пород присутствуют известняки различных структурно-генетических типов; среди карбонатных пород наиболее высокими коллекторскими свойствами обладают биокластово-зоогенные известняки I типа, которые подвержены процессам выщелачивания, крайне редко вторичные доломиты; нефтяные залежи в карбонатных породах образуют либо массивные литологически неоднородные, либо пластовые тела в зависимости от последовательности напластования тех или иных структурно-генетических типов известняков и других пород.

Литолого-стратиграфический фактор в формировании пород с высокой вторичной пустотностью проявляется также в том, что кавернозность и, соответственно, промышленная нефтенасыщенность приурочены к тем уровням в разрезах, где встречаются биокластово-зоогенные известняки I типа.

По нашим данным, вертикальная неоднородность залежей нефти в известняках обусловлена не столько неоднородностью строения осадочной толщи, поскольку коллекторские свойства неизмененных вторичными процессами известняков любых структурно-генетических типов довольно близки и характеризуются малыми величинами, сколько реализацией в определенных структурно-генетических типах известняков процессов выщелачивания. Поэтому развитие процессов выщелачивания в большей мере определяет неоднородность разреза по коллекторским свойствам, чем неоднородное сложение толщи различными типами известняков.

Следует также отметить, что тектонический и литолого-стратиграфический факторы являются необходимыми, но недостаточными условиями формирования карбонатных пород с высокими значениями вторичной пустотности.

**Выщелачивание известняков как причина их кавернозности.** Выщелачивание известняков – наиболее существенный из вторичных процессов наложенного характера, формирующий высокую пустотность матрицы известня-



ков. Имеющийся фактический материал показывает, что в формировании высоких коллекторских свойств известняков главная роль принадлежит не столько процессам седиментогенеза и фонового литогенеза, сколько вторичному процессу выщелачивания (табл. 4).

Анализ таблицы показывает: известняки изученных структурно-генетических типов, в которых нет следов выщелачивания, по своим коллекторским свойствам весьма близки и могут быть отнесены лишь к непромышленным коллекторам порового типа; вторичному процессу выщелачивания, который существенно повышает коллекторские свойства пород, подвергаются лишь биокластово-зоогенные известняки I типа. Их выщелачивание существенно повышает коллекторские свойства – вместо коллекторов порового типа формируются кавернозные коллекторы, что обеспечивает и изменение флюидонасыщенности пород.

Подверженность биокластово-зоогенных известняков I типа процессу выщелачивания обусловлена тремя основными причинами: определенным количественным соотношением в породе органических остатков и цементирующего их микрита; различной устойчивостью компонентов известняка к процессу растворения, который, как указывалось, селективен; их несколько повышенной пористостью относительно фоновых значений. Количественное соотношение в биокластово-зоогенных известняках I типа органических компонентов и цементирующего их микрита обуславливает сохранение породами объема даже при растворении последнего. Этому способствует то обстоятельство, что биокласты, как устойчивые к выщелачиванию компоненты известняков, опираются друг на друга. Более высокая устойчивость органических остатков к выщелачиванию связана с их органоминеральным составом. А более высокая пористость таких известняков по сравнению с другими определяет бóльшую возможность их насыщения водонефтяным флюидом, вызывающим выщелачивание.

Таким образом, при вторичных изменениях известняков, приводящих к выщелачиванию, в первую очередь будет мобилизован микрит, играющий роль цемента для биокластов, тогда как кальцит, слагающий органические остатки, остается устойчивым, будучи защищенным органическим веществом.

Таблица 4

Коллекторские свойства известняков и их нефтенасыщенность

Типы известняков	Выщелачивание	Коллекторские свойства		Нефтенасыщенность
		Пористость, %	Проницаемость, $n \cdot 10^{-3}$ мкм <sup>2</sup>	
Пелитоморфные	Отсутствует	<u>1,11 – 9,90</u> 3,74	<u>0 – 2,34</u> 0,78	Обычно отсутствует, редко

				пятнистая	
Биокластово-фитогенные	Отсутствует	$\frac{0,38 - 14,06}{4,01}$	$\frac{0 - 10,90}{1,36}$	Отсутствует или пятнистая, полосчатая	
Биокластово-фитозоогенные	Отсутствует	$\frac{0,57 - 13,14}{4,54}$	$\frac{0 - 12,56}{2,36}$	Отсутствует или пятнистая, полосчатая	
Литокластовые	Отсутствует или слабое	$\frac{0,92 - 11,03}{3,73}$	$\frac{0 - 4,34}{0,74}$	Обычно отсутствует, редко пятнистая, полосчатая	
Биокластово-зоогенные	I тип (поровый тип цементации биокластов)	Отсутствует	$\frac{1,63 - 12,73}{5,43}$	$\frac{0 - 55,83}{2,92}$	Пятнистая, полосчатая
		Равномерное	$\frac{8,42 - 30,81}{16,1}$	$\frac{12,4 - 2675,4}{194,6}$	Равномерная
	II тип (базальный тип цементации биокластов)	Отсутствует	$\frac{1,57 - 5,26}{3,28}$	$\frac{0 - 12,73}{0,62}$	Отсутствует или пятнистая

Примечание: 1) в ячейках даны значения  $\frac{\min - \max}{\text{среднее}}$ ; 2) использовано более 2000 анализов.

**Доломитизация известняков и ее роль.** Доломитизация II типа, часто приводящая к полному метасоматическому замещению исходных известняков вторичным доломитом, формирует либо плотные породы, либо пористые, обладающие довольно высокими емкостно-фильтрационными свойствами. Причины формирования плотных или пористых вторичных доломитов до сих пор остаются невыясненными.

Полученные в работе данные и многочисленные публикации свидетельствуют о том, что степень доломитизации известняков не влияет на коллекторские свойства пород. Однако заслуживающим весьма пристального внимания следует считать высказанное предположение о роли баланса привноса-выноса компонентов при реализации процесса доломитизации (Бурлин, 1976). Действительно, при реализации реакции  $2\text{CaCO}_3 + \text{Mg}^{2+} = \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + \text{Ca}^{2+}$  при большем выносе компонентов, чем привносе возможно увеличение пористости не на 13%, как при одинаковом привносе-выносе компонентов, а более.

Подобный процесс доломитизации известняков наблюдался в зонах ВНК и в продуктивных коллекторах тульского горизонта визейского яруса Онбийского месторождения (западный склон Южно-Татарского свода). Здесь формирование в пределах небольшого объема как плотных, так и пористых пород

прямо указывает на неравновесность процесса и существенную смену во времени баланса привноса-выноса компонентов при доломитизации.

**Формирование структуры пустотного пространства карбонатных пород.** Анализ опубликованной литературы, где рассматриваются карбонатные породы-коллекторы различных районов восточной части Восточно-Европейской платформы, показывает, что среди них наблюдается довольно ограниченное и практически постоянно присутствующее число структурно-генетических типов известняков; вторичные изменения известняков также одинаковы. Лишь выщелачивание и иногда доломитизация приводят к формированию карбонатных пород, обладающих высокими значениями пустотности матрицы. Проведенный анализ также показывает, что восточный борт Мелекесской впадины (МВ) и Южно-Татарский свод (ЮТС), отвечающие центральной части Волго-Уральской области, можно рассматривать в качестве модельного объекта.

**Известняки турнейского яруса, их вторичные изменения.** Нефтяные залежи, локализованные в известняках турнейского яруса, являются массивными, литологически неоднородными, сводовыми и приурочены к поднятиям III-IV порядка (Тектоническое и нефтегеологическое ..., 2006; Нефтегазоносность ..., 2007). Площадь таких поднятий на структурных картах составляет несколько квадратных километров, а амплитуда – до первых десятков метров.

Вторичная кавернозность и, соответственно, промышленная нефтенасыщенность известняков яруса обусловлены рядом факторов, главными среди которых следует считать: наличие в разрезе биокластово-зоогенных известняков I типа, реализацию в них процессов выщелачивания, тектонический контроль (табл. 5).

**Известняки визейского яруса, их вторичные изменения.** В карбонатах визейского яруса обнаружены известняки, которые по их структурно-генетической принадлежности аналогичны известнякам турнейского яруса. Однако их вторичные изменения отличны. Среди основных вторичных изменений известняков, существенно меняющих структуру пустотного пространства пород, обнаружена лишь доломитизация II типа, которая не пользуется широким распространением.

Вторичные доломиты тульского горизонта представлены как высокопористыми образованиями, так и плотными. Пористые вторичные доломиты известны лишь в пределах высокоамплитудных поднятий III-IV порядка Онбийского месторождения. Однако они распространены более широко в аналогичных структурах на месторождениях Южно-Татарского свода. За пределами Южно-Татарского свода вторичные доломиты в тульском горизонте не обнаружены (табл. 6).

Обобщенная характеристика природных резервуаров нефти  
в биокластовых известняках турнейского яруса

Характеристика залежей	Месторождения			
	Восточный борт МВ		ЮТС	
	мало- и среднеамплитудные поднятия	высокоамплитудные поднятия	малоамплитудные поднятия	средне- и высокоамплитудные поднятия
Промышленная значимость	непромышленные	промышленные	непромышленные или промышленные невысокой продуктивности	промышленные
Вторичные изменения	практически отсутствуют	выщелачивание	практически отсутствуют или выщелачивание	выщелачивание
Структура пустотного пространства	поровая	кавернозная	поровая или кавернозная	кавернозная
Характер нефтенасыщенности	неоднородный	однородный	неоднородный и однородный	однородный

Рассматриваемые вторичные доломиты образуют метасоматические тела, замещающие биокластовые известняки тульского горизонта. Доломиты залегают в виде пластообразных тел мощностью 3-4 м и более, протяженностью в первые сотни метров, реже более. Образуют тела, залегающие согласно напластованию пород или близко к этому, границы вторичных доломитов не выходят за границы известняков, слагающих верхнюю часть тульского горизонта.

Постепенное метасоматическое замещение прослеживается в увеличивающейся снизу вверх доломитизации известняков и укрупнении зерен вторичного доломита. В этом же направлении наблюдается следующая последовательность пород: «плотные известняки – плотные доломитизированные известняки – плотные доломиты – пористые доломиты – плотные доломиты». Мощность пористых разностей доломитов, как правило, составляет не более одного метра. Пористость плотных доломитов, конформных по структуре, может достигать 3-6%, а проницаемость всегда оказывалась равной нулю. Тогда как пористость доломитов с неконформной структурой достигает величин в 30-35%, а проницаемость –  $n \cdot 100 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ , где  $n$  – первые единицы.

Таблица 6

Обобщенная характеристика природных резервуаров нефти,

сложенных вторичными доломитами тульского горизонта визейского яруса

Характеристика залежей	Месторождения			
	Восточный борт МВ		ЮТС	
	мало- и среднеамплитудные поднятия	высокоамплитудные поднятия	малоамплитудные поднятия	средне и высокоамплитудные поднятия
Тип залежей	коллекторы, связанные с доломитизацией известняков, не обнаружены			пластово-линзовидные промышленные
Вторичные изменения				доломитизация
Структура пустотного пространства матрицы пород				плотные и пористые породы
Характер нефтенасыщенности				однородный

Возможность формирования метасоматических вторичных доломитов по исходным известнякам автор связывает с более активным флюидодинамическим режимом Южно-Татарского свода по сравнению с восточным бортом Мелекесской впадины.

Особенностью доломитизации известняков тульского возраста является литолого-стратиграфическое и тектоническое положения мест распространения рассматриваемого процесса, отличающееся от мест локализации процессов выщелачивания. Пористые вторичные доломиты обнаруживаются на крыльях антиклинальных структур III-IV порядка.

**Известняки башкирского яруса, их вторичные изменения.** Нефтяные залежи, как и в породах турнейского яруса, приурочены к антиклинальным поднятиям III-IV порядка, что также указывает на высокую роль в формировании коллекторских свойств тектоно-флюидодинамического фактора.

Однако, в отличие от ранее рассмотренных отложений турнейского и визейского ярусов, характер нефтеносности пород башкирского яруса является более сложным. С одной стороны, как уже указывалось, это обусловлено существенной неоднородностью сложения яруса известняками различных типов, как по вертикали, так и по горизонтали, а с другой, различной вторичной измененностью известняков – выщелачиванием и доломитизацией, что определяется тектоническим положением изученных разрезов (табл. 7).

Обобщенная характеристика природных резервуаров нефти  
в карбонатах башкирского яруса

Характеристика залежей	Месторождения			
	Восточный борт МВ		ЮТС	
	мало- и среднеамплитудные поднятия	высокоамплитудные поднятия	малоамплитудные поднятия	средне и высокоамплитудные поднятия
Промышленная значимость	непромышленные	промышленные	промышленные	промышленные и непромышленные
Вторичные изменения	отсутствуют или выщелачивание	выщелачивание	выщелачивание	выщелачивание, доломитизация
Структура пустотного пространства	плотные породы	кавернозная	кавернозная	кавернозная, плотные породы
Характер нефтенасыщенности	практически отсутствует	однородный	однородный	однородный

Данные таблиц 5, 6 и 7 указывают на определяющую роль флюидодинамического фактора в реализации процессов выщелачивания и доломитизации, место пространственной локализации которых контролируется тектоническим фактором.

Проведенный сравнительный анализ литологического строения разрезов нижнего и среднего карбона в пределах восточного борта Мелекесской впадины и Южно-Татарского свода показал их существенные различия. Они заключаются как в сложении тех или иных стратиграфических подразделений различными структурно-генетическими типами известняков, сформировавшимися при седиментогенезе, диагенезе и катагенезе, так и в характере и интенсивности их вторичных изменений, связанных с наложенными процессами. Среди последних наиболее значимыми и определяющими пустотность матрицы карбонатных пород являются выщелачивание и доломитизация.

Изложенный фактический материал показывает, что вторичные изменения известняков интенсивнее проявляются в пределах Южно-Татарского свода, чем на восточном борту Мелекесской впадины. Тектонический контроль вторичных изменений известняков осуществляется как структурами I и II, так и III-IV порядков. Наблюдаемая вертикальная зональность вторичных изменений

как в пределах крупных структур I порядка – Мелекесская впадина и Южно-Татарский свод, так и структур II и III-IV порядков указывает на определенную вертикальную миграцию флюидов, отвечающих за формирование коллекторских свойств пород, обусловленных их вторичными изменениями.

В соответствии с интенсивностью и характером проявления вторичных изменений известняков при их одинаковой исходной природе, формирование вторичной пустотности и локализация таких изменений на определенных гипсометрических уровнях в конкретных тектонических структурах контролируются тектоно-флюидодинамическим и литолого-стратиграфическим факторами.

Выявленные закономерности применимы и к другим аналогичным районам востока Восточно-Европейской платформы.

## 5. МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА МАТРИЦЫ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД И ИХ НЕФТЕНАСЫЩЕННОСТИ

Изложенное в предыдущих главах можно рассматривать как фактический материал, необходимый для написания настоящего раздела работы, так как без выявления особенностей седиментогенеза карбонатов, их литогенеза, включая вторичные изменения, литолого-стратиграфического и тектонического положения вторично измененных пород в разрезах и факторов, их определяющих, написание настоящего раздела было бы невозможным.

**Общие представления о формировании пустотного пространства карбонатных пород-коллекторов и их нефтенасыщенности.** Согласно ставшими классическими осадочно-миграционной теории и флюидодинамической модели нефтегазообразования (Брод, Еременко, 1953; Вассоевич, 1967, 1986; Геология и геохимия ..., 2004; Неручев, 1969; Перродон, 1991; Соколов, 2001 и др.), необходимыми условиями формирования нефтяных залежей являются: наличие нефтегазоматеринских пород, в которых осуществляются процессы нефтегазогенерации; наличие нефтегазоносных комплексов, состоящих из пород-коллекторов и пород-флюидоупоров; наличие ловушек; первичная миграция водонефтяных флюидов из очага нефтегенерации в природные резервуары, сложенные породами-коллекторами; вторичная миграция флюида в резервуаре, приводящая к пространственному разделению углеводородов и воды и, соответственно, нефтенакоплению.

Существенным элементом современной теории формирования месторождений нефти и газа считается восходящий ток флюидов, что связывается с элизионной стадией гидрогеологического развития бассейнов породообразования (Карцев, 1982; Карцев, Вагин и др., 1986; Основы гидрогеологии ..., 1982; Холодов, 1983). Данное положение теории получило свое развитие в трудах

Б.А.Соколова (1980, 1996, 2001), В.Е.Хаина (1998) и других, создавших флюидодинамическую модель нефтегазообразования.

Однако в рамках осадочно-миграционной теории и флюидодинамической модели нефтегазообразования невыясненным или весьма слабо изученным следует признать вопрос о способах формирования вторичной пустотности в карбонатных породах. Поэтому решению этого вопроса, связанного с выщелачиванием известняков и их доломитизацией, а также распределением в коллекторах флюида, и посвящен настоящий раздел работы. Важность решения этой задачи носит не только научный характер, поскольку понимание механизмов формирования карбонатных пород-коллекторов и факторов, их определяющих, позволяет делать и практические выводы, связанные как с региональным, так и локальным прогнозами локализации вторичных изменений пород, приводящих к формированию в них вторичной пустотности матрицы.

Необходимо отметить, что в последнее время в литологии активно используется системный анализ (Дмитриевский, 1998; Осадочные бассейны ..., 2004). В рамках этой концепции предлагается не только всесторонне рассматривать осадочные бассейны и слагающие их осадочные породы как состоящие из нефтематеринских пород, пород-коллекторов, плотных пород, пород-флюидоупоров, но и анализировать их совокупность в развитии. Подобный подход, несомненно, заслуживает весьма пристального внимания и использован для решения цели и задач, поставленных в настоящей работе.

**Особенности карбонатных пород-коллекторов, отличающие их от терригенных коллекторов.** Известно, что в пределах восточной части Восточно-Европейской платформы, которая включает Тимано-Печорский, Волго-Уральский, Прикаспийский нефтегазоносные бассейны (Геология и геохимия ..., 2004), относимых к числу окраинно-платформенных (перикратонных), коллекторами нефти могут быть как карбонатные, так и терригенные породы.

Во многих работах показано, что фациальная принадлежность или структурно-генетические типы карбонатных пород, прежде всего, известняков, не являются определяющими в формировании их коллекторских свойств (Бурлин, 1976; Гмид, Леви, 1973; Карбонатные породы-коллекторы ..., 2005; Кузнецов, 1992; Смехов, Дорофеева, 1987; Страхов, 2005 и др.). Это справедливо, если не учитывать их вторичные изменения.

Особенностью рассматриваемых в работе карбонатных пород-коллекторов является то, что, в отличие от терригенных коллекторов, емкостно-фильтрационные свойства которых формируются преимущественно на стадиях седиментогенеза-катагенеза, пустотное пространство карбонатов, по данным тех же авторов, имеет «значительно более полигенный характер». Признается, что многие карбонаты, рассматриваемые в качестве коллекторов, обладают вторичной пустотностью, обусловленной выщелачиванием и доломитизацией.



Следует сказать, что выявление тех или иных вторичных изменений, определяющих коллекторские свойства карбонатных пород, не вызывает серьезных затруднений. Самым сложным, на наш взгляд, является оценка роли и места таких процессов как выщелачивание и доломитизация в формировании пустотного пространства матрицы карбонатных пород-коллекторов. Последнее без выявления механизмов формирования структуры пустотного пространства пород и факторов, их определяющих, следует признать невозможным.

**Модель формирования кавернозности известняков и их нефтенасыщенности.** Изучение кернового материала нефтяных залежей различной степени продуктивности показало: наличие довольно широкого «спектра» структурно-генетических типов известняков; реализация процессов выщелачивания осуществляется лишь в биокластово-зоогенных известняках I типа с поровым типом цементации форменных компонентов; одинаковый механизм выщелачивания известняков в нефтяных залежах и зонах ВНК; процесс выщелачивания известняков, слагающих породы-коллекторы, нередко сопровождается их слабой доломитизацией; равномерно развитую кавернозность известняков, образующих промышленные коллекторы нефтяных залежей; кавернозные известняки всегда являются равномерно нефтенасыщенными породами; в кавернозных известняках нефтяных залежей не обнаруживаются ВНК; приуроченность мест максимальной реализации процессов выщелачивания известняков к наиболее высокоамплитудным поднятиям III-IV порядка; реализацию процессов выщелачивания в сводовых частях и крыльях поднятий III-IV порядка; в значительных объемах выщелачивание известняков наблюдается лишь в том случае, если они перекрыты менее проницаемыми породами, в том числе породами-флюидоупорами, которые в тоже время играют роль «литологических окон».

Анализ каждого из вышеприведенных фактов позволяет сформулировать ряд положений, на основе которых и была создана модель формирования кавернозности известняков промышленных залежей нефти. Основные ее положения сводятся к следующим: 1) существование антиклинальных ловушек, которыми являются поднятия III-IV порядка, и наличие над известняками толщи пород-флюидоупоров; 2) наличие поликомпонентных по составу известняков, какими являются биокластово-зоогенные известняки I типа; 3) заполнение ловушки водонефтяным флюидом, вторичная миграция которого приводит к его фазовому разделению и нефтенакоплению, генерирует углекислоту и органические кислоты; 4) выщелачивание части микрита, цементирующего органические остатки биокластово-зоогенных известняков I типа, и вынос растворенных компонент за пределы залежей; 5) местом преимущественной реализации процессов выщелачивания известняков являются наиболее высокоамплитудные поднятия – их сводовые части, меньше – крылья.

Названные положения реализуются вследствие благоприятного сочетания тектонического и литолого-стратиграфического факторов, а также выщелачи-

вания. Следует признать то, что сочетание двух первых из названных положений является достаточным лишь для формирования непромышленных залежей, коллекторы которых относятся к поровым. Такой тип структуры пустотного пространства известняков сформирован в результате седиментогенеза-катагенеза пород и не затронут процессами выщелачивания.

Третье-пятое положения, показывающие возможность формирования вторичной пустотности (кавернозности) в известняках, являются основными, объясняющими формирование промышленно значимых коллекторских свойств известняков. В их основу положен фактический материал, полученный при проведении собственных исследований. Модель формирования кавернозности биокластово-зоогенных известняков I типа на примере одного из разрезов отложений турнейского яруса представлена на рисунке 4.

**Модель формирования структуры пустотного пространства вторичных доломитов.** Доломитизация II типа, как указывалось, в отличие от выщелачивания не является избирательным процессом, т.к. изменению могут быть подвергнуты любые структурно-генетические типы известняков и, соответственно, все их компоненты.

Решению задачи формирования вторичных доломитов с конформной и неконформной структурами посвящен ряд работ. В одних работах (Карбонатные породы-коллекторы ..., 2005) указывается, что пористые доломиты формируются в том случае, когда содержание вторичного доломита в известняках превышает 70%. Однако имеющийся у автора фактический материал не подтверждает эту точку зрения. В изученных объектах в ряде случаев удавалось проследить постепенный переход от исходных известняков до вторичных доломитов. Однако какой-либо корреляции зависимости «степень доломитизации – пористость» обнаружить не удалось.

Другая точка зрения, о чем было сказано выше, основана на том, что пористость вторичных доломитов обусловлена балансом привноса-выноса компонентов, что находит подтверждение в формировании как плотных, так и пористых их разновидностей. И все же, лишь балансом привноса-выноса компонентов при доломитизации известняков объяснить формирование их плотных и пористых образований не удастся. Это положение не является достаточным для объяснения способа формирования пористых вторичных доломитов. Так как процесс доломитизации известняков не является избирательным как выщелачивание, то не следует исключать и возможность уплотнения пород при таком типе метасоматоза по схеме «растворение – кристаллизация» за счет литостатического давления при реализации этого процесса.

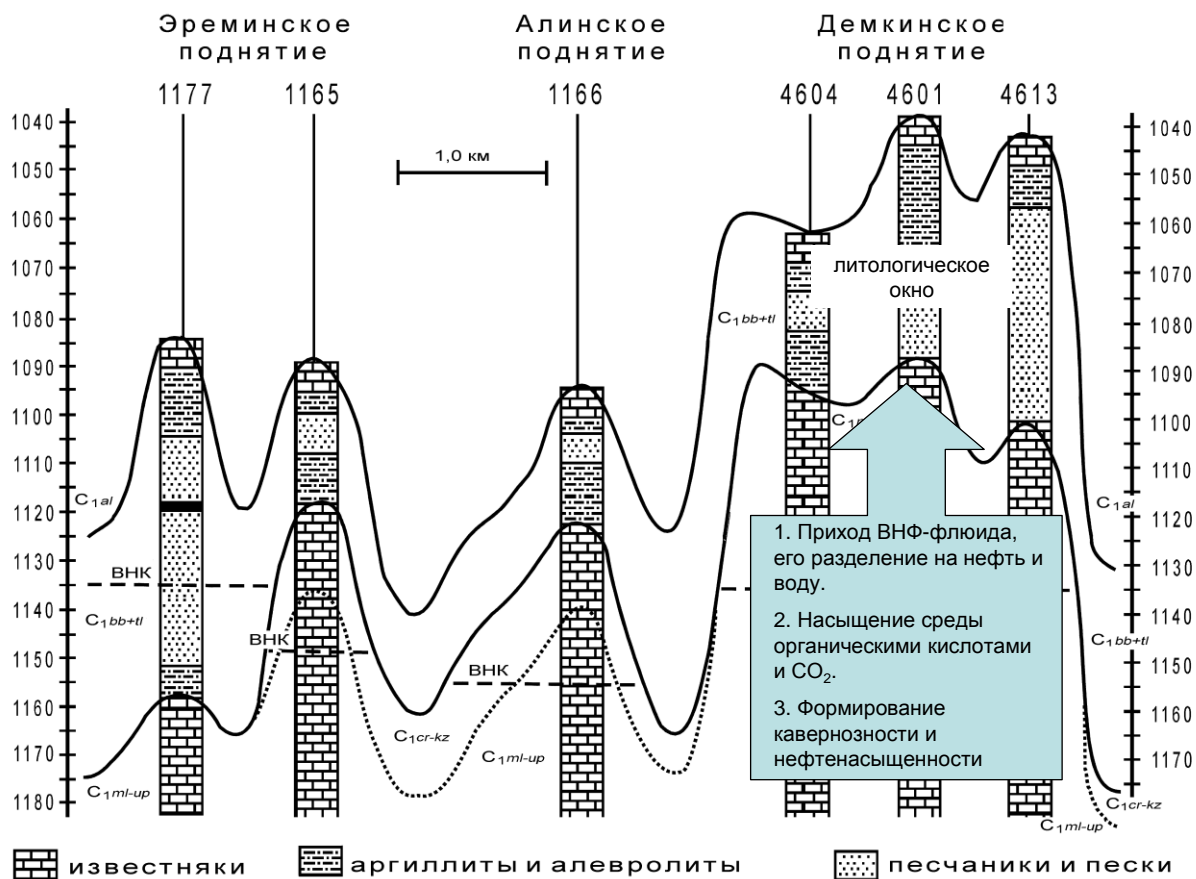


Рис. 4. Модель формирования кавернозности и нефтенасыщенности в известняках турнейского яруса Демкинского месторождения

Заслуживающим внимания фактом следует считать наличие в изученных объектах тульского горизонта визейского яруса и плотных, и пористых доломитов, которые постепенно переходят друг в друга. При этом пористые разности распространены среди плотных, а не наоборот. Отсюда можно сделать вывод о кинетике процесса доломитизации. По крайней мере, можно говорить о том, что на заключительных стадиях доломитизации в большей степени реализуется процесс растворения кальцита, чем кристаллизация доломита.

Однако отсутствие пористых доломитов в породах башкирского яруса не позволяет сказать, что баланс привноса-выноса компонентов и кинетика процесса являются единственными причинами формирования либо плотных, либо пористых вторичных пород. Тогда бы в башкирском ярусе, как и в тульском горизонте визейского яруса, формировались и те и другие.

Поэтому при метасоматическом замещении известняков вторичными доломитами следует учитывать возможность уплотнения пород. В случае, когда мощность пород при метасоматическом преобразовании не меняется, баланс привноса-выноса может определять формирование плотных и пористых вторичных доломитов. Однако при метасоматическом замещении по типу «растворение-кристаллизация» уплотнение пород вполне возможно. Следовательно,

необходимо признать, что уплотнение пород под действием литостатического давления при доломитизации не может привести к формированию пористых пород, тогда как при возможности породами сохранять свой объем формирование пористых образований возможно.

Из сказанного следует, что формирование доломитов с высокой пористостью в тульском горизонте обусловлено двумя основными факторами: неодинаковым балансом привноса-выноса компонентов во время доломитизации и «способностью» пород при метасоматическом изменении препятствовать уплотнению.

Условием, обеспечивающим «способность» известняков тульского горизонта при доломитизации препятствовать уплотнению, является то, что процесс доломитизации не захватывает полностью пласт известняков, как это происходит с известняками башкирского яруса. Об этом свидетельствуют малая мощность вторичных доломитов по сравнению с вмещающими их известняками, а также линзовидно-пластовая форма залегания вторичных доломитов среди известняков и ограничивающих их снизу и сверху аргиллитов в крыльях антиклинальных поднятий III-IV порядка (рис. 5). Последнее доказывается положением залежей на структурных картах и их неповсеместным обнаружением: часто даже в соседних скважинах, расстояние между которыми составляет 400 м, проследить залежь не удается.

Таким образом, в основу модели формирования плотных или пористых вторичных доломитов могут быть положены следующие условия: процесс формирования вторичных доломитов не является селективным; образование плотных и пористых вторичных доломитов обусловлено балансом привноса-выноса компонентов; формирование пористых доломитов возможно при условии, когда не происходит уплотнения пород, что, по нашим данным, реализуется на крыльях антиклинальных поднятий.

Созданные модели формирования вторичной пустотности матрицы карбонатных пород, на взгляд автора, являются верными применительно к рассматриваемым в работе карбонатным отложениям любых регионов. В дальнейшем с привлечением нового материала они могут уточняться. Однако их основы должны сохраниться.

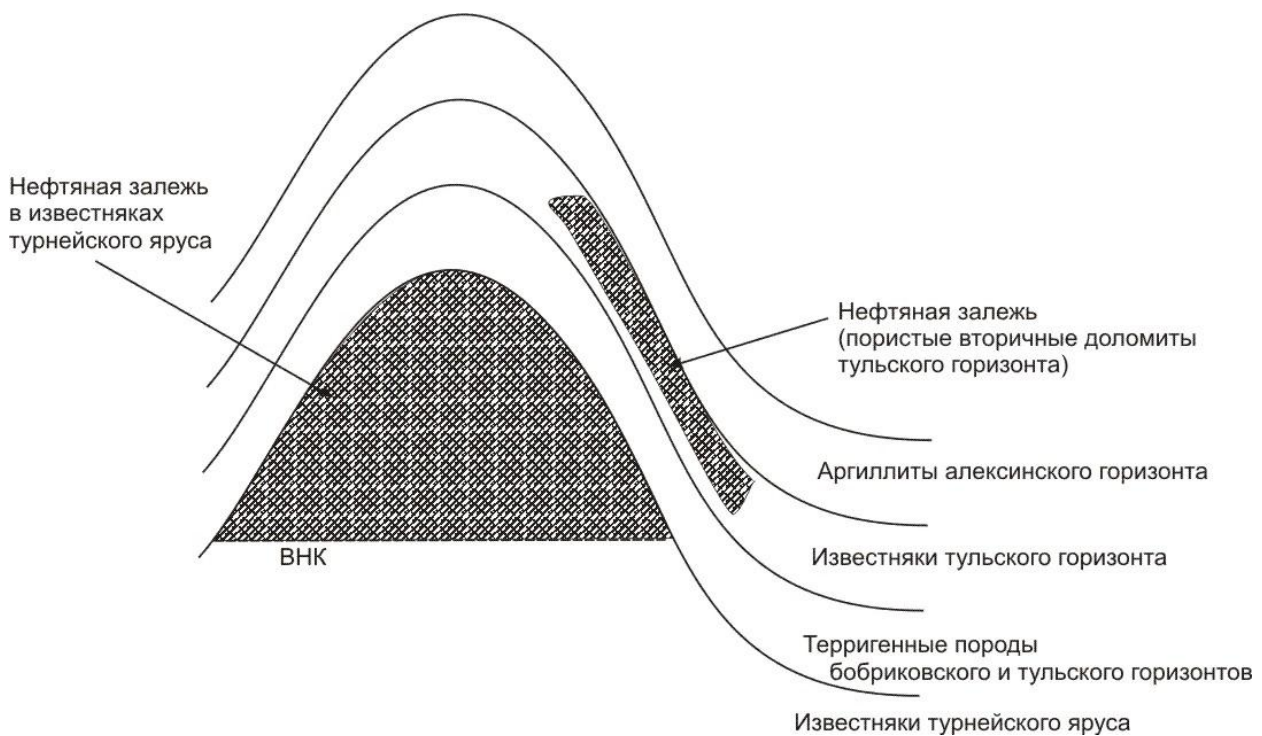


Рис. 5. Схема положения промышленной нефтяной залежи во вторичных доломитах тульского горизонта

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный историко-геологический анализ палеозойских карбонатных отложений востока Восточно-Европейской платформы позволил осуществить реконструкцию процессов их формирования, включающих седиментогенез, фоновый литогенез и вторичные изменения наложенного характера, обусловленные меняющимся во времени и пространстве геофлюидным режимом осадочного бассейна. Это потребовало «постепенного (поэтапного) снятия с карбонатов той нагрузки», которая обусловлена их постседиментационными изменениями.

Выполнение работы проведено с использованием седиментологического и литогенетического анализов, что позволило в совокупности с изучением компонентного состава карбонатов решить поставленные цель и задачи. Их достижение потребовало также провести анализ существующих классификаций карбонатов, однако целиком ни одна из них не могла быть использована. Поэтому в работе в названии карбонатов применена обобщенная терминология, показывающая основные их признаки. Используемая терминология не претендует на новизну, но оказалась целесообразна в применении.

Основные результаты получены благодаря использованию системного подхода к изучаемым объектам, который рассматривает их как развивающиеся во времени и пространстве. Поэтому в работе для проведения историко-геологических исследований использованы также основные положения смеж-

ных и родственных дисциплин – литологии нефтегазоносных толщ, геофлюидодинамики, геодинамики, гидрогеологии, теории формирования нефтяных месторождений, теории метасоматических процессов. В результате такого подхода предложены модели формирования кавернозных известняков и пористых доломитов, в основу которых положены внешние и внутренние факторы, определяющие возможность реализации вторичных изменений.

Полученные данные имеют не только теоретическое значение. Практическая значимость работы заключается в разработке основ прогнозирования карбонатных пород с теми или иными вторичными метасоматическими изменениями наложенного характера. Такие изменения могут приводить к формированию месторождений полезных ископаемых, образование которых обусловлено геофлюидным режимом бассейнов породообразования.

Основные выводы, полученные при проведении исследований, сформулированы и включены в п. «Научная новизна», «Практическая значимость», «Защищаемые положения».

### **Список основных работ, опубликованных по теме диссертации**

1. Биогенный аутигенез – индикатор флюидодинамики углеводородов // Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров. Материалы IV Международного семинара. – Сыктывкар: Геопринт. – 2007. – С. 52-53 (соавторы: Г.А.Кринари Г.А., А.Н.Кольчугин, Э.А.Королев, И.А.Шайдуллин).

2. Биогенные механизмы формирования вторичных доломитов с аномально высокой пористостью // Литосфера. – 2004. – № 1. – С. 31-40 (соавторы: Г.А.Кринари, Э.А.Королев, С.Н.Пикалев).

3. Возможности предварительной оценки продуктивности карбонатных коллекторов по литолого-минералогическим данным // Георесурсы. – 2001. – № 2 [6]. – С. 8-15 (соавторы: Н.З.Ахметов, А.И.Бахтин, Т.Л.Васильева, Э.А.Королев, Г.А.Кринари, С.Н.Пикалев, А.Х.Сафин).

4. Вторичные доломиты нефтяных месторождений: условия и механизмы формирования, нефтеносность // – Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и природных битумов. Проблемы их освоения: Материалы научной конференции. – Казань: Изд-во Казанского ун-та. – 2005. – С. 181-184 (соавторы: Г.А.Кринари, Э.А.Королев, С.Н.Пикалев).

5. Вторичные изменения карбонатных нефтеносных известняков Волго-Уральской антеклизы // Литосфера. – 2006. – № 3. – С. 141-148.

6. Геология и особенности применения технологий кислотного воздействия на карбонатный нефтяной пласт // Нефтепромысловое дело. – 2008. – № 10. – С. 35-39 (соавторы: Г.И.Васясин, И.М.Насибуллин, Р.Р.Харитонов).

7. Карбонатные породы турнейского яруса нижнего карбона. – Казань: ПФ Гарт. – 2007. – 201 с. (соавтор: Е.А.Козина).

8. Карбонатные породы визейского, серпуховского и башкирского ярусов нижнего и среднего карбона. – Казань: ПФ Гарт. – 2008. – 182 с. (соавторы: Э.А.Королев, А.Н.Кольчугин).

9. Краткая характеристика литологического строения и коллекторских свойств основных нефтеносных горизонтов палеозойских отложений Республики Татарстан. – Казань: Изд-во «Плутон». – 2007 – 151 с. (соавторы: Т.Е.Данилова, Е.А.Козина, Э.А.Королев, С.Н.Пикалев).

10. Литологические аспекты модели формирования залежей нефти в карбонатных коллекторах Волго-Уральской антеклизы // XIII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Доклады. S-II. – М. – 2007. – С. 194-199 (соавторы: Э.А.Королев, А.Н.Кольчугин).

11. Литологические аспекты модели формирования структуры пустотного пространства матрицы карбонатных пород-коллекторов // Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов: Материалы Международной конференции. – Казань: Изд-во КГУ. – 2007. – С. 383-387 (соавторы: Г.А.Кринари, Э.А.Королев, А.Н.Кольчугин).

12. Литогенетические критерии сформированности-разрушенности нефтяных залежей в карбонатных породах-коллекторах // Нефтепромысловое дело. – 2009. – № 6. – С. 11-16 (соавторы: Г.И.Васясин, Г.А.Кринари, Э.А.Королев, А.Н.Кольчугин, И.М.Насибуллин).

13. Литогенетические типы известняков нижнего и среднего карбона восточной части Мелекесской впадины, вторичные процессы их преобразования, связь с нефтеносностью // Ученые записки КГУ. Сер. Естественные науки. Т. 148. Кн. 1. – Казань: Изд-во КГУ. – 2006. – С. 13-21 (соавтор: Э.А.Королев).

14. Литогенетические типы известняков нижнего и среднего карбона юго-востока Республики Татарстан и реконструкция палеообстановок их седиментогенеза // Осадочные процессы: седиментогенез, литогенез, рудогенез (эволюция, типизация, диагностика, моделирование). Материалы 4-го Всероссийского литологического совещания. Т. 1. – М.: ГЕОС. – 2006. – С. 132-134 (соавторы: Э.А.Королев, А.Н.Кольчугин).

15. Минералого-литологические критерии выделения зон современных и древних водонефтяных контактов в связи с формированием нефтяных залежей в известняках турнейского яруса Волго-Уральской антеклизы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2006. – № 9. – С. 31-38 (соавторы: Э.А.Королев, А.Н.Кольчугин).

16. Модель формирования промышленно значимых нефтяных залежей в известняках нижнего и среднего карбона Волго-Уральской антеклизы // Геоло-

гия нефти и газа. – 2006. – № 6. – С. 10-20 (соавторы: С.Н.Пикалев, Э.А.Королев).

17. Нефтеносность известняков нижнего и среднего карбона юго-востока Республики Татарстан и реконструкция палеообстановок их формирования // Литология и полезные ископаемые. – 2007. – № 1. – С. 1-8.

18. Основные типы карбонатных коллекторов нефти турнейского яруса Республики Татарстан // Нефтегазовое дело. – 2005. – Т. 3. – С. 9-16 (соавторы: Е.А.Козина, Э.А.Королев, С.Н.Пикалев).

19. Постседиментационные изменения карбонатных пород и критерии выявления различных типов литогенеза – фонового и наложенного // Типы седиментогенеза и их эволюция в истории Земли. Мат. 5-го Всероссийского литологического совещания. Т. II. Екатеринбург: ИГГ УРО РАН. – 2008. – С. 93-96 (соавторы: Э.А.Королев, А.Н.Кольчугин, Г.А.Кринари).

20. Роль вторичных процессов в формировании месторождений нефти Волго-Уральской антеклизы // Литологические аспекты геологии слоистых сред. Материалы 7 Уральского литологического совещания. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. – 2006. – С. 193-194 (соавторы: Г.А.Кринари, Э.А.Королев, А.Н.Кольчугин).

21. Стратификация карбонатных отложений нижнего-среднего карбона по литологическим признакам // Верхний палеозой России: стратиграфия и палеогеография: Материалы Всероссийской научной конференции. – Казань: Изд-во КГУ. – 2007. – С. 222-223 (соавторы: Э.А.Королев, А.Н.Кольчугин).

22. Тектоническая приуроченность залежей нефти в известняках турнейского яруса РТ и структура пустотного пространства // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». Сер. Разведка, геология и геофизика. – [http://www.ogbus.ru/authors/MorozovVP/MorozovVP\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/MorozovVP/MorozovVP_1.pdf) (соавторы: Э.А.Королев, С.Н.Пикалев).

23. Флюидодинамический фактор формирования залежей нефти нижнего и среднего карбона юго-востока Татарстана // Георесурсы. – 2006. – № 4 (21). – С. 19-22 (соавторы: С.Н.Пикалев, Э.А.Королев, Г.А.Кринари).

24. Характер нефтенасыщенности карбонатов в зависимости от их коллекторских свойств // Нефть и газ. – 2006. – № 5. – С. 16-20.

25. Oil Accumulation in Carbonate Deposits: Lithological and Mineralogical Criteria // Georesurses – 2001. – № 2(5). – P. 2-7 (соавторы: N.Z.Akhmetov, A.I.Bakhtin, E.A.Korolev, G.A.Krinari, S.N.Picalev, A.Kh.Safin, T.L.Vasilieva).

26. Ways of metasomatic crystallogenesis: criteria of distinction // Mineralogy for the New Millenium. 18<sup>th</sup> general meeting of the international mineralogical association. 1-6 September 2002. – Edinburg, Scotland. – 2002. – P. 159 (соавторы: A.I.Bakhtin, G.A.Krinari).