

(по техническим причинам картинки в автореферате отсутствуют)

На правах рукописи

ЖУКОВСКАЯ Елена Анатольевна

**ГЕОХИМИЯ ПРОЦЕССОВ ВТОРИЧНОГО
МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ В ЮРСКИХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ
ОТЛОЖЕНИЯХ НЮРОЛЬСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА
(ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Специальность 25.00.09

**Геохимия, геохимические методы поисков
полезных ископаемых**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2002

Работа выполнена в Институте геологии нефти и газа СО РАН

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор,
лауреат Госпремии СССР **С.Л. Шварцев**

Официальные оппоненты: - доктор геолого-минералогических наук,
профессор, **Н.П. Запивалов**

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент **Н.Ф. Столбова**

Ведущая организация: Томский государственный университет

Защита диссертации состоится *4 декабря 2002 года в 12 часов 30 мин.* в 210 ауд.
1 корпуса ТПУ на заседании диссертационного совета Д 212.269.03 при Томском
политехническом университете.

Адрес: 634034, г. Томск, пр. Ленина, 30.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского
политехнического университета.

Автореферат разослан «___» _____ 2002г.

Ученый секретарь

диссертационного совета, доктор
геолого-минералогических наук

В.Н. Сальников

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Синтез наук и направлений, являясь в настоящее время одной из важнейших задач теоретической геологии, призван ликвидировать разобщенность литологических и гидрогеологических исследований в сфере познания процессов литогенеза, что уже частично компенсировано работами А.А. Карцева, В.Н. Холодова, А.А. Махнач, В.П. Зверева, Р.С. Сахибгареева и др.

Юрские отложения Нюрольского осадочного бассейна не случайно выбраны объектом для исследования. В них открыто 60 месторождений и проявлений нефти и газа и ввиду своей перспективности на углеводородное сырье эти отложения достаточно равномерно и полно изучены глубоким бурением, что позволяет корректно проводить усреднения количественных характеристик состава пород и вторичных минералов. Кроме того, имеющийся в наличии обширный фактический материал по подземным водам данных отложений и новое программное обеспечение дают возможность, используя термодинамические расчеты, получать достоверные результаты физико-химического моделирования.

Актуальность проводимых автором исследований связана с решением как фундаментальных (эволюция системы «вода-порода-газ-органическое вещество»), так и прикладных (влияние вторичного минералообразования на емкостно-фильтрационные свойства пород-коллекторов и экранирующие свойства глинистых флюидоупоров) задач.

Все выше изложенное делает важным изучение геохимии вторичного минералообразования нефтегазоносных отложений Нюрольского осадочного бассейна.

Цель работы. Исследовать геохимию процессов вторичного минералообразования, физико-химическое равновесие в системе «вода-порода» и основные стадии постседиментационного преобразования юрских нефтегазоносных отложений Нюрольского седиментационного бассейна.

Основные задачи:

- 1) изучить минералого-литологический состав осадочных пород юрского разреза посредством анализа шлифов и расшифровки диаграмм стандартного электрического каротажа;
- 2) охарактеризовать вторичное минералообразование и выявить литогенетическую зональность отложений;
- 3) оценить масштабы вторичного минералообразования для пород разных литологических типов и стадий литогенеза;
- 4) исследовать особенности химического состава подземных вод юрских нефтегазоносных отложений и степень насыщения их относительно различных алюмосиликатных и карбонатных минералов на основе термодинамических расчетов равновесия в системе «вода-порода»;
- 5) изучить геохимию процессов вторичного минералообразования на стадиях диа- и катагенеза.

Исходные материалы и методика исследования. В основу работы положены результаты исследований автора, проводившиеся с 1992 года в лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Томского филиала Института геологии нефти и газа (ИГНГ) СО РАН в плане госбюджетных и хоздоговорных тем.

Подсчет средних содержаний основных породообразующих компонентов и вторичных минеральных образований проводился по 32 нефтеразведочным площадям (более 300 анализов шлифов кернового материала); выполнена расшифровка данных

стандартного электрокаротажа 54-х скважин с целью литологического расчленения разреза и подсчета составляющих его основных литологических разностей пород; использованы термограммы 37 образцов; 21 снимок сканирующего микроскопа JSM-35; 8 спектрограмм спектрометра REVEX 5100; 37 результатов силикатного анализа; 40 микрозондовых определений карбонатов; 24 рентгеноструктурных определения тонкой фракции пород; 148 анализов проб пластовых вод; 90 точечных замеров температур и 33 замера пластовых давлений (из фондов Томского отделения СНИИГГиМСа). Для более полной реализации намеченных задач были привлечены фондовые материалы и данные компьютерного Банка литологической информации ОАО «Томскнефтегазгеология», ТО СНИИГГиМС и обширная литература по литологии, геохимии и гидрогеологии Западно-Сибирского осадочного бассейна.

Главным методологическим приемом исследования эволюции многокомпонентной системы вода-порода является системный подход с применением методологического аппарата целого ряда геологических дисциплин и направлений: геохимии, литологии, минералогии, гидрогеологии, термодинамики и др. При обработке фактических данных применяли стандартные методы математической статистики. Для изучения равновесия подземных вод с вмещающими породами использовали физико-химические методы равновесной термодинамики. Выделение парагенетических ассоциаций минералов осуществлялось посредством стадийного анализа (Япаскерт, 1998; Махнач, 2000).

Научная новизна. На большом фактическом материале выявлены более глубокие относительно известных различия в составе минеральных новообразований, формирующихся на различных стадиях литогенеза пород юрского разреза Нюрольского осадочного бассейна. Изучены парагенетические ассоциации диа- и катагенеза и постадийно оценены масштабы преобразования этих отложений. Установлена схема катагенетической зональности пород юрской толщи Нюрольского осадочного бассейна.

Впервые с использованием программы гидрогеохимического моделирования «HydrGeo» (автор М.Б. Букаты) выполнена качественная и количественная оценка равновесия подземных вод нефтегазоносных отложений с основными породообразующими алюмосиликатными и карбонатными минералами терригенных горных пород, что позволило, опираясь на результаты литологических исследований и учитывая катагенез рассеянного органического вещества (РОВ), впервые проследить геохимическую эволюцию системы вода-порода до стадии позднего катагенеза включительно и раскрыть механизм перераспределения химических элементов в ходе процессов литогенеза, что подтверждено балансовыми расчетами.

Защищаемые положения:

1) Пространственно-временные закономерности формирования постседиментационной минерализации песчано-алевритовых и глинистых пород (литогенетическая зональность) юрских отложений Нюрольского осадочного бассейна имеют ряд отличий, вызванных как составом их обломочной части, так и принципиально иными физическими свойствами пород. На стадии катагенеза процессы носят афациальный характер, в отличие от таковых при диагенезе.

2) Масштабы постседиментационного преобразования пород васюганской свиты весьма значительны и возрастают в литологическом ряду: песчаники – алевриты – аргиллиты от 21,1 об.% до 80,0 об.%. Они увеличиваются от 8,9 об.% объема пород при диагенезе до 44,6 об.% при катагенезе.

3) Геохимическая специфика процессов постседиментационного преобразования в системе вода-порода заключается в следующем: равновесно-неравновесное состояние системы вода-порода–газ-органическое вещество обеспечивает непрерывное и последовательное растворение первично обломочных минералов и поступление в жидкую фазу определенного количества химических элементов, часть которых выводится на последующих стадиях литогенеза из раствора и связывается во вторичных минеральных фазах, являющихся устойчивыми в новых термобарических условиях.

Практическая значимость. Резкое увеличение объемов добычи углеводородного сырья в последние годы ставит перед геологической наукой задачу разведки новых месторождений и прироста запасов уже эксплуатируемых, требует разработки принципиально новых подходов к поиску и разведке углеводородов, основанных на комплексе различных критериев: геофизических, геохимических, литологических, гидрогеологических и пр.

Изучение явлений наложенной эпигенетической минерализации и ее влияния на емкостно-фильтрационные свойства пород-коллекторов позволяет получить дополнительные данные для локального прогноза коллекторских свойств пород и залежей, определения времени и стадийности их формирования, что в совокупности с другими методами способствует повышению эффективности прямых поисков нефти и газа. На базе полученных автором теоретических разработок выполнен ряд хозяйственных работ по оценке перспектив нефтегазоносности юрских отложений и влияния вторичного минералообразования на емкостно-фильтрационные свойства пород-коллекторов, что использовано в ПГО «Томскнефтегазгеология».

Апробация работы. Основные положения и отдельные разделы выполненной работы обсуждались на научно-практических семинарах кафедры гидрогеологии и инженерной геологии ТПУ (1997-2002гг.); рассматривались на региональных и международных конференциях и совещаниях (Томск, 1998-2002гг.; Тюмень, 2002).

Кроме того, основные методические разработки и положения диссертации были использованы в учебном процессе при чтении курса «Синергетика водно-геологических систем». По теме диссертации опубликовано 12 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, насчитывающего 239 наименований отечественных и зарубежных изданий. Материал диссертации изложен на 194 страницах, иллюстрирован 49 рисунками и содержит 32 таблицы.

Работа выполнена в лаборатории гидрогеохимии и геоэкологии Томского филиала Института геологии нефти и газа СО РАН под руководством д.г.-м.н., профессора С.Л. Шварцева, которому автор выражает искреннюю признательность за постоянную поддержку и неоценимую помощь в работе.

Литологические исследования пород юрского разреза проводили в тесном сотрудничестве с Н.М. Недоливко и кандидатом г.-м.н. В.А. Баженовым с использованием материалов, любезно предоставленных доцентом ТПУ А.В. Ежовой; термодинамические расчеты в системе вода-порода – совместно с кандидатом г.-м.н. Т.Н. Силкиной. При работе над диссертацией автор пользовался советами и консультациями: доктора г.-м.н. М.Б. Букаты, кандидатов г.-м.н. В.Б. Белозерова, А.Д. Назарова, И.А. Иванова, сотрудников лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Томского филиала ИГНГ СО РАН Д.А. Новикова, О.В. Колоколовой, сотрудника ИГНГ СО РАН В.В. Казарбина, ассистента кафедры динамической геологии ТГУ Е.Н. Жилиной. Техническую помощь при оформлении работы автору оказали к.ф.-

м.н. В.В. Крючкова и Г.И. Резяпов. Всем этим лицам автор выражает свою искреннюю благодарность, а также всем сотрудникам ТФ ИГНГ СО РАН за поддержку в течение всех лет работы над диссертацией.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Состояние изученности вторичного минералообразования в нефтегазоносных отложениях осадочных бассейнов и некоторые вопросы терминологии

Известно, какие неоднозначные понятия вкладываются литологами в термины, обозначающие стадии литогенеза, факторы, положение межстадиальных границ и некоторые другие его характеристики. Уже в течение многих лет идет дискуссия по этим вопросам. Наиболее полно отражено состояние данного вопроса на настоящий момент в работах О.В. Япаскурта (1998) и А.А. Махнача (2000).

В главе рассмотрена терминология, применяемая при характеристике постседиментационных процессов, и принята такая трактовка понятий:

диагенез - физико-химическое уравнивание насыщенного водой осадка, завершающееся превращением его в осадочную породу;

катагенез - дальнейшее изменение породы по мере увеличения глубины ее захоронения под влиянием возрастающих температуры и давления, а в некоторых случаях и воздействия водных растворов и газов;

эпигенез - вторичные процессы, ведущие к любым последующим изменениям и новообразованиям минералов и горных пород. Термин свободного пользования и не применяется для обозначения какой-либо определенной стадии литогенеза;

вторичное минералообразование - процессы, приводящие к образованию отдельных минералов или минеральных парагенезисов на стадиях диагенеза и катагенеза, а также при эпигенезе.

В главе приводятся сведения о состоянии вопроса изученности вторичного минералообразования в терригенных отложениях вообще и нефтегазоносных бассейнов в частности. Для нефтегазоносных отложений Западно-Сибирского бассейна поистине хрестоматийными трудами по постседиментационным преобразованиям стали работы Г.Н. Перозии (1971), Р.С. Сахибгареева (1970, 1989), И.Н. Ушатинского и О.Г. Зарипова (1978). В последней из перечисленных работ, пожалуй, впервые для Западной Сибири, предпринята попытка увязать формирующиеся аутигенные минералы и обусловленную ими аутигенно-минералогическую зональность с зональностью гидрогеологической.

Обзор литературы показал, что вторичное минералообразование изучалось специалистами в основном с точки зрения его влияния на коллекторские свойства пород (З.Я. Сердюк, Т.И. Гурова, А.В. Ежова, Н.Ф. Столбова В.А. Баженов, Н.М. Недоливко и др.).

В последнее время выявление любых закономерностей вторичного минералообразования широко разрабатывается в рамках проблемы “вода-порода” и интерес к ней постоянно растет (Махнач, 1989; Шварцев, 1991, 1992; Зверев, 1993; Холодов, 1994; Холодов; Недумов, 2001). Для Западной Сибири одними из первых оценили роль взаимодействия подземных вод с горными породами в формировании состава водных растворов Б.Ф. Маврицкий, М.С. Гуревич, М.С. Галицин и др.

Изучением подземных вод нефтегазоносных отложений Томской области занимались А.Э. Конторович, Ю.Г. Зимин, Б.П. Ставицкий, П.А. Удодов, А.Д. Назаров, С.Л. Шварцев, Л.С. Манылова, А.Д. Фатеев, В.Г. Иванов, С.А. Юшков,

В.В. Быкова и многие другие, разработавшие различные вопросы гидрогеологии и гидрогеохимии применительно к условиям Западной Сибири. Наиболее детально и полно гидрогеологические и геохимические особенности Нюрольского осадочного бассейна отражены в ряде работ Т.Н. Силкиной.

С.А. Юшковым (1985) установлена зональность в характере насыщения вод нефтегазоносных комплексов юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна относительно ряда вторичных минералов (алюмосиликатных, карбонатных, сульфатных и хлоридных). Воды большей части гидрогеологического разреза неравновесны с первичными полевыми шпатами и недосыщены относительно кварца и аморфного кремнезема.

В последние годы физико-химическое направление исследование системы вода-порода набирает силу (Рыженко, 1999), но число публикаций такого рода для нефтегазоносных отложений Западно-Сибирского бассейна весьма незначительно.

В результате обобщения имеющейся информации по вторичному минералообразованию в нефтегазоносных отложениях Западно-Сибирского бассейна сделан вывод о недостаточной изученности геохимии данных процессов, что диктует необходимость глубоких научных исследований в этом направлении с позиций равновесно-неравновесного состояния системы вода-порода.

Глава 2. Стратиграфия и литология юрских отложений

К настоящему времени на юго-востоке Западной Сибири установлен непрерывный литологический ряд нижнесреднеюрских отложений, в составе которого выделяются *урманская свита* (геттанг – синемюр – плинсбах), состоящая из песчаных горизонтов Ю₁₇ и Ю₁₆ и разделяющей их алевроито-глинистой пачки; *тогурская свита* (низы нижнего тоара) и нижняя часть *салатской (пешковской) свиты* (по стратификации Объединенного института геологии, геофизики и минералогии (ОИГГиМ) СО РАН) в стратиграфическом диапазоне верхи нижнего тоара – верхний тоар; *тюменская* (поздний тоар, аален, байос, бат и ранний келловей) или по Ф.Г. Гулари и др. (1988) *тамбаевская свита*. В работе автор придерживался индексации маркирующих горизонтов и песчаных резервуаров ТО СНИИГГиМСа, согласно которой между двумя основными маркерами в ниже-среднеюрской толще - тогурской пачкой и глинами нижевасюганской подсвиты - выделены 14 песчаных пластов (Ю₂-Ю₁₅) (Белозеров и др., 1985 и др.). Суммарная мощность отложений J₁₋₂ достигает 600 м. Толща верхнеюрских отложений представлена породами *васюганской, георгиевской и баженовской свит*. Общая мощность этих отложений составляет 85-125 м. По данным глубокого бурения построены карты изопакит нижнесредне- и верхнеюрских отложений для территории бассейна.

Приводится литологическая характеристика пород разреза по результатам описания шлифов и исследований прецизионными методами. Выявлены отличия минералогического состава пород в пределах отдельных свит и по разрезу.

На примере некоторых площадей проведен анализ распределения ряда вторичных минералов с глубиной и по латерали. Установлено, что содержание сидерита в песчаных породах юрского разреза снизу вверх увеличивается, достигая максимума в пласте Ю₁⁴, а затем начинает снижаться. Пирит также концентрируется в породах оксфордского времени, и вверх по разрезу его содержание возрастает. Лейкоксен накапливается в нижней части среднеюрского разреза и по мере удаления от фундамента его содержание падает. В нижней части разреза для глинистой фракции пород установлен рост количества каолинита с глубиной.

Отмечена следующая закономерность в распределении глинистых минералов юрских отложений в зависимости от типа пород: в песчаниках разной зернистости и гравелитах преобладает каолинит (в низах разреза - диккит), в алевролитах – каолинит (иногда иллит), в аргиллитах – иллит (за редким исключением каолинит).

Для последующей оценки масштабов вторичного минералообразования были рассчитаны соотношения между литологическими разностями, составляющими юрский осадочный комплекс, и построены карты песчаности нижнесреднеюрских и верхнеюрских отложений. Установлено, что распределение песчаников в отложениях нижней-средней юры носит вполне закономерный характер: среднее их содержание увеличивается в юго-восточном направлении от 15-20 об.% до 46-47 об.%. Лишь на востоке впадины на границе с Калгачским выступом содержание песчаников вновь сокращается до 16-19 об.%. В породах васюганской свиты характер распределения песчаников в целом наследует основные черты такового в нижнесреднеюрских отложениях, максимум опесчанивания разреза наблюдается в районе сочленения трех структур первого порядка – Нюрольской впадины, Средневасюганского и Пудинского мегавалов. Полученные результаты хорошо согласуются с выводами В.А. Конторовича (1999) о распределении песчаников в юрском разрезе на территории Томской области.

Глава 3. Вторичное минералообразование в осадочных породах юрского возраста

При изучении системы "вода-порода" в ее эволюционном развитии основополагающим критерием, на наш взгляд, является стадильно-возрастной принцип. Большинство из исследователей, оценивавших степень преобразования изучаемых пород, пришло к выводу, что постдиагенетические преобразования пород юрского разреза не превышают стадии катагенеза и соответствуют стадиям МК₁- МК₂. Это подтверждается и рассчитанным для отложений васюганской свиты значением коэффициента, предложенного Л.В. Орловой (1974) для определения степени изменения осадочных пород. Значение последнего варьирует от 0,46 до 0,73, что отвечает стадии среднего и позднего катагенеза. Палеотемпература регионального прогрева юрских отложений достигает 80-120°С и не превышает современной.

Описание процессов вторичного минералообразования в породах юрского разреза в данной работе приводится по стадиям литогенеза с составлением парагенетических ассоциаций (табл.1) для каждой стадии и различных литологических типов пород, так как песчано-алевритовые и глинистые породы по-разному реагируют на изменения РТ-условий в ходе литогенеза и преобразование их также резко различно. Кроме того, следует отметить, что при изучении вторичного минералообразования фиксируются лишь те диагенетические минералы, которые в силу тех или иных причин сохранились на более поздних стадиях литогенеза.

Главенствующими минералами стадии диагенеза в терригенных отложениях средней и верхней юры являются сидерит и кальцит. Накопление диагенетических новообразований находится в прямой зависимости от фациальных условий. Континентальным осадкам присуща сидерит-кальцит-пиритовая ассоциация. В осадках морского генезиса наблюдается повышенная роль кальцита и пирита. Глауконит встречается только в породах оксфордского времени. Кроме выше названных минералов, развиты также каолинит и лейкоксен. Несмотря на отмеченные особенности распределения этих минералов, все они (за исключением глауконита) являются сквозными и характерны для зернистых пород всего юрского разреза. В

глинистых породах спектр вторичных минералов уже, в основном это карбонаты (сидерит) и сульфиды (пирит).

Таблица 1. Распределение парагенетических ассоциаций минералов в юрских отложениях Нюрольского осадочного бассейна

Стадии и этапы литогенеза		Парагенетические ассоциации	
		Песчано-алевритовые породы	Аргиллиты
Диагенез		Глауконит, пирит, каолинит несовершенной структуры, лейкоксен с рутилом и магнетитом, оолитовый и зернистый Mg-Fe-, Fe- и Mn-кальцит, пелитоморфный сидерит, сидеродот и сидероплезит (неполносферолитовой, ромбоздрической, яснозернистой модификации), микрозернистый, ромбоздрический, лучисто-агрегатный Fe- и Fe-Са-доломит	Пирит округлой формы, мелкие кубические кристаллики или псевдоморфозы по органическим остаткам; пелитоморфный сидерит и неполносферолитовая модификация сидероплезита
Катагенез	Начальный	Каолинит средней степени структурной упорядоченности, пелитоморфный и зернистый (овсяный) сидероплезит, гидрослюда, рутил, магнезиально-железистый хлорит, различной зернистости Mg-Fe-кальцит, Fe-доломит и пистомезит	Трансформация монтмориллонита в ряд ССО, Са-пистомезит по трещинам
	Средний	Регенерационный кварц, зернистые модификации Са-пистомезита, Mg-Fe-кальцита и Fe-доломита	Преобразование ССО в гидрослуду и хлорит
	Поздний	Образование по остаточным порам яснозернистого кальцита, регенерационных кварца и альбита	Преобразование ССО в гидрослуду и хлорит, рост магнезиальности хлоритов, трансформация каолинита в гидрослуду (1М)
Наложенный эпигенез		Регенерационный кварц, крупночешуйчатый каолинит (триклинный совершенный) и диккит, зернистые Mn-сидероплезит, Mn-пистомезит, Mn-доломит, Mn-кальцит	Кристаллический Mn-кальцит в породах, перекрывающих залежь

Как показали проведенные исследования, аутигенное минералообразование постдиагенеза носит, как правило, афациальный характер. В песчано-алевролитовых породах оно проявлено в раскристаллизации каолинита, появлении кристаллического сидерита, кальцита, реже доломита, регенерационного кварца, пирита и хлорита. В глинистых породах в катагенезе наиболее явно развиты процессы иллитизации (гидрослюдизации) и значительно менее – хлоритизации. При перекристаллизации в катагенезе карбонатов происходит повышение их магнезиальности, также несколько возрастает магнезиальность новообразованных хлоритов. Распределение вторичных минералов по основным типам пород васюганской свиты, без учета эпигенетических, представлено в таблице 2. Подсчет средних содержаний основных породообразующих компонентов проводился по 32 нефтеразведочным площадям (около 300 анализов). Поскольку эпигенетические процессы носят локальный характер и имеют крайне неравномерное распределение как по площади, так и по мощности осадков свиты, они не учитывались в расчетах.

При количественной оценке вторичного минералообразования использованы усредненные значения объемной доли минералов. Количество диагенетического глауконита для отдельных литотипов пород и для свиты в целом не определялось, т.к. встречается он спорадически.

Для пород характерно весьма значительное преобладание катагенетических минералов над диагенетическими за исключением карбонатов, количество новообразований которых в диагенезе больше почти в два раза. Лейкоксен и основная масса пирита также образованы в диагенезе. Глинистые и слюдистые минералы в подавляющем большинстве, а также регенерационный кварц и альбит являются продуктом катагенетических процессов.

Таблица 2. Средние содержания диа- и катагенетических минералов в породах васюганской свиты

Минералы	Песчаники с глинистым цементом	Песчаники с карбонатным цементом	Алевролиты	Аргиллиты	Породы свиты в целом	
Диагенетические карбонаты	$\frac{3,0}{0,4}$	$\frac{25,0}{3,2}$	$\frac{8,0}{3,0}$	$\frac{3,0}{0,8}$	7,4	11,2
Катагенетические карбонаты	$\frac{3,0}{0,4}$	$\frac{6,0}{0,8}$	$\frac{7,0}{2,6}$	-	3,8	
Катагенетические гидрослюды и ССО	$\frac{1,2}{0,2}$	$\frac{0,2}{0,03}$	$\frac{3,0}{1,1}$	$\frac{63,0}{17,6}$	19,0	
Катагенетический хлорит	$\frac{1,4}{0,25}$	$\frac{0,1}{0,01}$	$\frac{5,0}{1,85}$	$\frac{12,5}{3,5}$	5,7	
Диагенетический каолинит	Ед.-	Ед.	-	-	-	5,25
Катагенетический каолинит	$\frac{7,4}{1,35}$	$\frac{1,5}{0,2}$	$\frac{10}{3,7}$	-	5,25	
Диагенетический пирит	$\frac{1,0}{0,2}$	$\frac{1,0}{0,13}$	$\frac{1,2}{0,4}$	$\frac{1,5}{0,4}$	1,13	1,13
Диагенетический лейкоксен	$\frac{0,7}{0,15}$	$\frac{0,4}{0,06}$	$\frac{0,5}{0,2}$	-	0,41	0,41
Катагенетический альбит	Ед.	Ед.	-	-	Ед.	Ед.
Катагенетический кварц	$\frac{1,7}{0,3}$	$\frac{1,3}{0,17}$	$\frac{1,5}{0,6}$	-	1,7	1,7

Примечание: в числителе - в % от объема пород, в знаменателе - в % от объема свиты.

Содержания пирита, регенерационного кварца и лейкоксена сопоставимы с таковыми в песчаниках с карбонатным цементом, где основными аутигенными минералами являются карбонаты. При этом количество катагенетических карбонатов в 4 раза меньше диагенетических, т.к. процессам катагенетической перекристаллизации подверглась лишь небольшая их часть. В некоторых разрезах карбонатный цемент как бы подавляет образование других аутигенных минералов, но в целом для песчаников свиты такая закономерность не зафиксирована.

В алевролитовых породах распределение вторичных минералов наиболее близко к песчаникам с глинистым цементом, сохраняются основные закономерности, только количество слоистых минералов и карбонатов несколько выше.

Совсем иная картина наблюдается в аргиллитах: резко преобладают гидрослюда и ССО, на втором месте хлорит, значительно меньше карбонатов и других аутигенных минералов. До 80 % минералов аргиллитов преобразованы тем или иным образом. Именно за счет аргиллитов, которые занимают почти треть объема свиты, возрастает доля вторичных минералов в свите в целом.

Следует отметить также, что широкое развитие в песчано-алевролитовых породах юрского разреза получили пелитизация и серицитизация полевых шпатов. Количество пелитизированных полевых шпатов варьирует в довольно больших пределах – от 15 до 60% от общего числа обломочных полевых шпатов в породах васюганской свиты (в среднем 28,5%). Если принять, что на долю глинистых минералов приходится в среднем 10% от объема измененных полевых шпатов, то

Такое распределение вторичных минералов в объеме свиты складывается из количества вторичных минералов в различных литологических типах пород с учетом их доли в объеме свиты. В песчаных породах соотношение количества вторичных минералов определяется типом цемента: в песчаниках с глинистым цементом на аутигенные минералы приходится в среднем 19,4 %, а в песчаниках с карбонатным цементом – 35,5 %. Для песчаников с глинистым цементом характерно преобладание среди вторичных минералов слоистых силикатов, таких как каолинит, хлорит, иллит (гидрослюда) и смектит (ССО). Количество диа- и катагенетических карбонатов в этих песчаниках практически одинаково.

тогда общее количество вторичных глинистых минералов в песчаниках возрастет на 0,7%.

Таким образом, на стадии катагенеза новообразованными или преобразованными в ходе литогенеза (диа- и катагенеза) являются 44,6 % минералов от общего объема всех пород васюганской свиты, причем на стадии диагенеза доля новообразованных минералов составила 8,9 %, что меньше в 5 раз, чем при катагенезе. Эти данные служат косвенным подтверждением того, что породы васюганской свиты Нюрольского осадочного бассейна в основной своей массе достигли только ранней стадии катагенеза.

Опираясь на предложенную смену парагенетических ассоциаций аутигенных минералов юрского разреза и вышележащих отложений, а также на масштабы вторичного минералообразования различных стадий литогенеза, можно предложить следующую схему литогенетической зональности для юрских пород Нюрольского осадочного бассейна (рис.1). Зональность глинистых пород юрского разреза, отличная от таковой песчано-алевролитовых пород, заключается в следующем: вниз по разрезу возрастает количество иллита и хлорита, падает доля каолинита и смектита, а также число набухающих слоев в его составе от 40 до 15-20%. Практически отсутствует монтмориллонит. И хотя резкой смены в минеральном составе глин по разрезу нет, изменение количественных соотношений (по результатам рентгеноструктурного анализа) налицо. Это является следствием трансформации глинистых минералов аргиллитов в процессе постседиментационного преобразования, конечными продуктами которого на границе метаморфизма являются хлорит и гидрослюда модификации 1M (1Md).

Песчано-алевролитовые породы являются наиболее чувствительным индикатором интенсивности проявлений и зональности литогенеза, поэтому и зональность песчаных пород иная, нежели у глинистых. Сверху вниз увеличивается количество каолинита, хлорита, иллита в цементе, регенерационного кварца и аутигенного альбита. Карбонатные минералы, являясь сквозными для юрского разреза, меняют свой состав: возрастает их магнезиальность в ходе литогенеза. Преобразование глинистых минералов в зернистых породах идет иным путем, нежели в глинах – путем синтеза, т.е. осаждением из раствора, что не соответствует раннее принятой точке зрения (Казаринов и др., 1969; Перозио, 1971 и др.) о преобразовании глинистого цемента песчаников и алевролитов аналогично глинистым породам.

В заключение главы сделан вывод о различии литогенетической стадийальной зональности песчаных и глинистых пород юрского разреза Нюрольского осадочного бассейна.

Глава 4. Равновесие подземных вод с горными породами

Глава предваряется краткой характеристикой юрского гидрогеологического комплекса нижнего гидрогеологического этажа, включающего верхнеюрский и нижнесреднеюрский водоносные горизонты, на основе статистической обработки 84 химических анализов проб воды из 67 скважин, пробуренных на территории Нюрольского бассейна.

Соленость вод верхнеюрского горизонта колеблется от 9,2 до 43,8 г/л, нижнесреднеюрского – от 10,6 до 67,2 г/л. Солевой состав подземных вод повсеместно хлоридный натриевый с низким содержанием сульфатов.

Корреляционные связи компонентов вод показаны на диаграммах (рис. 2). Положительные значимые связи обозначены сплошной линией, отрицательные – пунктирной. Различия в корреляционных связях позволяют определить

направленность процессов взаимодействия в системе вода-порода.

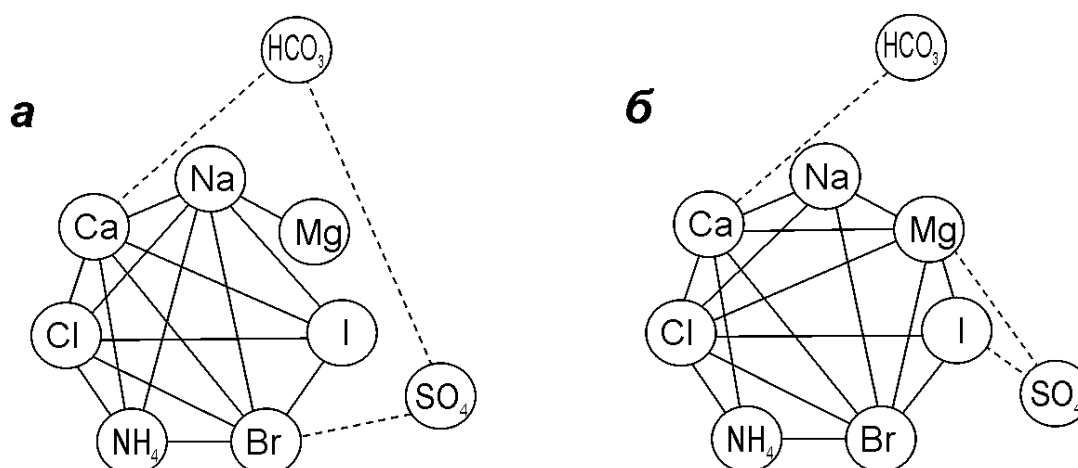


Рис. 2. Корреляционные диаграммы состава подземных вод:

а- верхнеюрского водоносного горизонта, б- нижнесреднеюрского водоносного горизонта.

Помимо этого оценена степень концентрирования порообразующих элементов в подземных водах в ходе литогенеза путем нормирования по хлору, согласно суждению М. Хорна (1972) об аналогии между составом первичного порового раствора и морской воды. Результаты проведенных расчетов свидетельствуют, что в водах верхнеюрского горизонта отмечается высокая степень концентрирования гидрокарбонат-иона - 7,72, кремнекислоты - 6,18, кальция - 2,47, несколько пониженная в водах нижнеюрского - 6,61, 4,58, 1,51 соответственно. Максимально высокой степенью концентрирования в водах характеризуются ионы железа и марганца. Такие компоненты как сульфат-ион, калий и магний не склонны к накоплению в водах данных горизонтов. В нижнесреднеюрском горизонте ощущается так же незначительный недостаток иона аммония, а в верхнеюрском - натрия.

Далее в главе рассмотрено равновесие подземных вод с порообразующими минералами на основе физико-химических расчетов для пластовых температур и давлений по методике, изложенной в работе Р.М. Гаррелса, Ч.Л. Крайста (1968).

Удаленность системы вода-порода от состояния термодинамического равновесия оценивалась через индекс неравновесности (L): $L = \lg \frac{K}{Q}$, где K - константа реакции при соответствующей температуре, Q - квантант реакции.

При отрицательном значении L вода насыщена относительно рассматриваемых минералов, нулевое значение характеризует состояние равновесия, а положительное - свидетельствует о недонасыщении воды данными компонентами.

Активные концентрации компонентов в растворе определялись с использованием программного комплекса HydrGeo (Букаты, 1999) для температур современного прогресса отложений 75-113°C и пластового давления 24-29 МПа. В основу гидрогеохимического моделирования положено понятие элементарных реакций, совокупность которых описывает анализируемые физико-химические природные процессы на основе методов равновесной термодинамики и химической кинетики.

Взаимодействие подземных вод с карбонатными минералами происходит на основе реакции растворения-осаждения: $MeCO_3 + H^+ \leftrightarrow Me^{2+} + HCO_3^-$.

Константа реакции имеет вид: $K = \frac{[Me^{2+}][HCO_3^-]}{[H^+]}$

и составляет для кальцита при 25°C $10^{1,99}$ и при 100°C $10^{0,77}$; для сидерита - $10^{-0,32}$ и $10^{-2,55}$; для доломита – $10^{1,83}$ и $10^{0,54}$ соответственно.

Анализ диаграмм степени насыщения вод карбонатами показал, что при температуре 25°C почти половина точек состава подземных вод располагается ниже линии насыщения на диаграммах кальцита и сидерита (на диаграммах доломита – лишь некоторые), что свидетельствует лишь о частичном насыщении раствора относительно этих минералов. При пластовых температурах, изменяющихся от 70°C до 100°C, все без исключения подземные воды юрских отложений пересыщены карбонатами кальция, магния и железа и склоны к их осаждению из раствора. В виду того, что с увеличением температуры растворимость карбоната кальция уменьшается, воды тюменской свиты оказываются в наибольшей степени насыщены относительно этого минерала (рис. 3.а).

Оценена величина индекса неравновесности подземных вод относительно карбонатных минералов. Так L(кальцита) варьирует от -0,016 до -2,67 в водах васюганской свиты и от -0,04 до -2,3 - тюменской, L(сидерита) - от -0,27 до -4,37 и от -0,91 до -4,71 соответственно.

Исследования зависимости степени насыщения вод относительно кальцита и сидерита от глубины залегания водоносных комплексов и основных параметров геохимической среды показали отсутствие какой-либо четкой связи параметра L с глубиной и минерализацией. Выявлено, что с ростом pH увеличивается L, причем у кальцита такая положительная связь более четкая, чем у сидерита. Влияние температуры, как одного из ведущих факторов литогенеза, на насыщенность вод относительно карбонатных минералов таково: прослеживается тенденция уменьшения параметра неравновесности вод относительно кальцита с ростом температуры, но не прямая, а скорее гиперболическая. Для сидерита такая зависимость может быть принята с большой долей условности.

В результате проведенных термодинамических расчетов установлено, что в юрских отложениях все подземные воды насыщены карбонатами, составляющими новообразованную вторичную твердую фазу, формирующуюся на протяжении всего времени взаимодействия системы вода-порода. При этом важно, что одним из ведущих факторов непрерывного вторичного карбонатообразования является неравновесное состояние вод с первичными алюмосиликатными минералами (Шварцев, 1996), что наглядно показано на серии диаграмм (рис. 4), рассчитанных и построенных по единой методике в различных координатах для температур 25°C и 100°C и давления 0,1 МПа. Поскольку влияние давления на протекание описываемых реакций ничтожно мало, им можно пренебречь. На полученных диаграммах семейство прямых ограничивает поля устойчивости породообразующих минералов, являющихся стабильными в определенных гидрогеохимических условиях. Путем совместного рассмотрения различных диаграмм возможно выделить минеральные ассоциации, наиболее устойчивые в вышеописанных гидрогеохимических условиях, т.е. те, которые должны либо формироваться из раствора, либо растворяться. В главе приведено краткое обсуждение построенных диаграмм на основе сравнения с

имеющимися в литературе физико-химическими расчетами и экспериментальными данными для различных геохимических сред.

Степень насыщения подземных вод натриевыми минералами в системе $SiO_2-Al_2O_3-Na_2O-CO_2-H_2O$ (рис. 4.а) устанавливается по фазовым соотношениям между альбитом, каолинитом, парагонитом, Na-монтмориллонитом. Разброс точек состава подземных вод является достаточно большим и захватывает главным образом поля устойчивости парагонита и монтмориллонита. Лишь очень ограниченное число точек попадает на границу с альбитом и каолинитом. И только по одной точке состава подземных вод верхнеюрских отложений находится в области устойчивости альбита и каолинита.

В системе $SiO_2-Al_2O_3-CaO-CO_2-H_2O$ (рис. 4.б) при анализе степени насыщенности подземных вод относительно кальциевых алюмосиликатов (анортита, маргарита (Са-слюда), каолинита, Са-монтмориллонита) отмечены следующие закономерности. Точки состава значительной части подземных вод васюганской и тюменской свит попадают в поле устойчивости глинистых минералов: достигается равновесие с каолинитом, монтмориллонитом и маргаритом. Все это свидетельствует о развитии системы вода – порода по пути формирования глинистых минералов и растворения первичных алюмосиликатов, в данном случае анортита.

Содержание кремнезема в водах не выходит за пределы концентраций, характеризующих растворимость кварца и аморфного кремнезема. В интервале значений $\lg([H_4SiO_4])=3,5-4,5$ процесс в большинстве случаев заканчивается образованием каолинита. Иногда при pH больше 6 может образоваться аутигенный кварц. Высвободившиеся в процессе растворения основных плагиоклазов ионы кальция связываются в карбонатных минералах и (или) занимают обменные позиции в кристаллической решетке глинистых минералов (иллиты и смектиты). Равновесие воды с калиевыми алюмосиликатами в системе $SiO_2-Al_2O_3-K_2O-CO_2-H_2O$ фиксируется по фазовым соотношениям между микроклином, мусковитом, K-монтмориллонитом и иллитом на диаграмме с осями координат $\lg([K^+]/[H^+])$ и $\lg([H_4SiO_4])$ (рис. 4.в). Все точки состава подземных вод, за исключением одной (в поле микроклина), практически равномерно располагаются в полях устойчивости мусковита и иллита.

Исследование равновесия подземных вод с магниевыми минералами в системах $HCl-SiO_2-Al_2O_3-MgO-Na_2O-CO_2-H_2O$ и $HCl-SiO_2-Al_2O_3-MgO-K_2O-CO_2-H_2O$ показало плотное, практически линейное расположение точек в направлении образования монтмориллонита различного состава и Mg-хлорита.

Во всех вышерассмотренных случаях подземные воды юрских находятся в состоянии неравновесия с первичными алюмосиликатами (полевыми шпатами), что определяет непрерывность разрушения водой вмещающих пород. При этом состав вновь образующихся продуктов является устойчивым к агрессивному воздействию подземных вод. В них накапливаются те химические элементы, которые не входят в состав новообразованной минеральной фазы. Чем дольше существует такая система и длительнее процессы взаимодействия в ней, тем большее количество первичных алюмосиликатов (особенно полевых шпатов) будет подвержено растворению и тем больше будет количество новообразованных минералов и значительнее дифференциация вещества, что непременно отразится на составе и пород, и подземных вод.

Таким образом, неравновесность системы вода–порода приводит к непрерывному геологически длительному процессу растворения алюмосиликатов обломочной матрицы с образованием при катагенезе таких вторичных минералов как монтмориллонит, каолинит, иллит, Mg-Fe-хлорит, кварц, мусковит и карбонаты

железисто-магнезиального ряда. В некоторых случаях достигается равновесие с альбитом и микроклином.

Глава 5. Геохимия процессов вторичного минералообразования в юрских отложениях

Результаты литолого-минералогических исследований, с одной стороны, и термодинамические расчеты взаимодействия подземных вод с вмещающими горными породами, с другой, позволяют с несколько иных позиций взглянуть на механизм постседиментационного преобразования в системе вода-порода.

На основании установленной автором насыщенности подземных вод юрских отложений относительно карбонатных, слоистых минералов (монтмориллонит, каолинит, иллит, Mg-Fe-хлорит, мусковит) и кварца, а также выводов В.П. Зверева (1993) о насыщенности морских и иловых вод относительно глинистых минералов и кальцита, весьма логично предположить, что на протяжении диа- и катагенеза сохраняется равновесие вод с карбонатными минералами. В то же время продолжается гидролиз полевых шпатов, что отчетливо фиксируется растровыми и сканирующими микроскопическими исследованиями песчано-алевролитовых пород. В результате гидролиза в воды поступают ионы калия, кальция, натрия, алюминия, кремнекислоты и др. Для песчаников васюганской свиты (скважина Нижнетабаганская-11) установлен факт возрастания количества вторичных карбонатных минералов (сидерита и кальцита) при снижении общего количества обломочных полевых шпатов. Учитывая единство источника сноса обломочного материала песчаников свиты и сходность фациальной обстановки осадкообразования, не лишено смысла предположение о зависимости количества новообразованных карбонатов от числа уже растворенных полевых шпатов.

Длительное развитие системы вода-порода вызывает некоторое снижение степени концентрирования кремнекислоты и кальция (гл.4.), а калий, магний и сульфат-ион вообще не накапливаются в водах рассматриваемых отложений, так как выводятся в качестве новообразованных минералов или газов, причем на каждом этапе взаимодействия в системе – вполне определенных. Поэтому геохимия процессов постседиментационного преобразования пород рассмотрена в главе постадийно.

В ходе диагенеза важнейшими литогенетическими процессами, происходящими вследствие неравновесия твердой фазы осадков с пропитывающими их водными растворами являются: продолжающаяся гидратация алюмосиликатных минералов, начатая в бассейне седиментации, и формирование за счет этого различных гидроалюмосиликатов; катионный обмен между раствором и твердым веществом, определяющий в значительной мере тип образующихся алюмосиликатов; сульфидизация (в основном пиритизация) за счет взаимодействия сероводорода, образованного в результате сульфатредукции, с гидрооксидами железа. Поэтому типичными минеральными новообразованиями в диагенезе являются монтмориллонит, смешанослойные образования (смектиты), пирит (изначально главным образом мельниковит), глауконит и карбонаты. Именно с этими минералами достигается равновесие вод.

Стадия диагенеза тесно связана с седиментацией и может рассматриваться как заключительный акт проявления внешних динамических факторов. Следовательно, на геохимию процессов диагенеза значительное влияние оказывает фациальная принадлежность пород, что наглядно показано на примере зависимости состава диагенетических карбонатов от фациальной принадлежности пород (гл.3.).

При катагенезе проявляются следующие особенности геохимии процессов вторичного минералообразования. Резкое падение пористости на предыдущей стадии и, как следствие, переход слабоуплотненных глин в уплотненные разности подавляет процессы аутигенеза в аргиллитах, но не препятствует преобразованию глинистых минералов. Наиболее масштабно, как уже указывалось выше, проявляется процесс гидрослюдизации ССО (или иными словами – иллитизации смектитов). В главе рассмотрено несколько возможных механизмов протекания данной реакции, предложенные В.А. Дрицом и А.Г. Коссовской (1990), В.П. Зверевым (1993), В.Н. Холодовым и Р.И. Недумовым (2001).

Поступающая в пласты песчаников и алевролитов возрожденная при иллитизации (петрогенная) вода разбавляет захороненные седиментационные воды, влияя на процессы в системе вода-порода на стадии катагенеза. Кроме того, в результате трансформации глинистых минералов продолжается химическое разложение воды, начатое при седиментагенезе, что было убедительно показано С.Л. Шварцевым (1982, 1996). Так, в процессе замещения монтмориллонита и смектита иллитом и хлоритом участвуют непосредственно молекулы воды, которые, разлагаясь на ионы, связываются впоследствии вновь возникающими твердыми (карбонаты) и газообразными (H_2S , CH_4 , CO_2 и др.) продуктами, устойчивыми в новых термобарических условиях. Например, исходя из минералогического состава глинистых пород юрского разреза (гл.2.) и предположения, что как минимум 50% гидрослюды и хлорита были получены при преобразовании монтмориллонита, для аргиллитов тюменской свиты путем несложных расчетов получим суммарное количество воды, которое должно было разложиться при формировании 1 м^3 аргиллитов с пористостью 5-7%, равное 309 кг.

Автором был рассчитан предложенный А.И. Перельманом (1972) коэффициент водной миграции, т.е. условная скорость выноса химических элементов относительно их среднего содержания в глинистых породах юрского разреза изучаемого бассейна. Из рассмотренных элементов сильной интенсивностью миграции характеризуются Na и Ca, средней – K и Mg, слабой – Fe и Si. Причем с возрастом пород миграционная способность калия уменьшается, а железа возрастает.

На стадии катагенеза количество остаточной органического вещества в породах уменьшается до 50-55% (Холодов, 1983) от исходного содержания вследствие термолиза и термокатализа, а гуминовые кислоты абиогенным путем преобразуется в кероген. Частично РОВ разлагается и за счет нее в поры глин поступают воды, битумоиды, газообразные углеводороды, CO_2 и H_2S (рис. 1).

Продукты разложения РОВ способствуют извлечению из глинистой матрицы и переводу в раствор одних химических элементов и осаждению других, усиливая тем самым их перераспределение между различными разностями пород в ходе литогенетических процессов.

Сформированные в песчано-алевролитовых породах, имеющих жесткий обломочный каркас, на стадии катагенеза аутигенные минералы по сути своей фиксируют элементы, с одной стороны, вынесенные при гидрослюдизации из глинистых пород, с другой – поступившие при растворении обломочной матрицы зернистых пород. Все выше изложенное позволяет проследить пути эволюции системы вода-порода до стадии катагенеза включительно. Они заключаются в непрерывном и последовательном взаимодействии между компонентами системы и проявляются в направленном (согласованном) изменении состава подземных вод, что, в свою очередь, влечет растворение одних и осаждение других минералов,

устойчивых в новых условиях, и выражается в смене парагенетических ассоциаций минералов осадочных пород.

Таким образом, на всем протяжении геологической истории развития Нюрольского осадочного бассейна сохраняется равновесно-неравновесное состояние системы вода-порода, что объясняет непрерывное преобразование как терригенной (обломочной), так и глинистой минеральной составляющей и стадийное образование вторичных минералов. Каждому этапу взаимодействия воды с горными породами соответствует строго определенная ассоциация вторичных минералов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации выполнено комплексное исследование геохимии основных процессов вторичного минералообразования в юрских нефтегазоносных отложениях на основе литологических, минералогических, геохимических, гидрогеохимических и термодинамических методов. Синтез этих подходов позволяет в определенной мере реконструировать эволюцию процессов в системе вода - горная порода и по результатам исследований сделать следующие выводы.

Установлены пространственно-временные закономерности формирования вторичных минералов юрских отложений, которые для песчано-алевролитовых пород и аргиллитов имеют ряд отличий, отраженных в составленных автором парагенетических таблицах и литогенетических схемах.

Так, каолинит, полевые шпаты и кварц в глинистых породах имеют аллотигенное происхождение, а в зернистых – встречаются как обломочные, так и аутигенные. В глинах новообразованные минералы формируются на стадии диагенеза, а на последующих стадиях происходит в основном их преобразование трансформационным путем (гидрослюдизация). Вторичное минералообразование в песчано-алевролитовых породах продолжается непрерывно в ходе литогенеза, о чем свидетельствует перекристаллизация ранних генераций минералов (карбонаты, пирит, каолинит и др.), а основным механизмом образования является синтез из растворов. Следует также отметить, что на стадии диагенеза процессы вторичного минералообразования как правило носят унаследованный характер, при катагенезе, напротив – афаціальный.

Проведенная автором количественная оценка постседиментационного преобразования пород юрского разреза по стадиям литогенеза для различных литологических типов пород, показала, что несмотря на практически одинаковый спектр вторичных минералов, количественные их соотношения меняются на разных стадиях и в породах различных типов. Масштабы преобразования весьма значительны и возрастают как в литологическом ряду (песчаники – алевролиты – аргиллиты), так и в ходе литогенеза.

На основании результатов термодинамического анализа состояния системы вода-порода установлено, что воды большей части юрского гидрогеологического разреза неравновесны с первичными алюмосиликатами минералами. Лишь изредка достигается равновесие относительно альбита и микроклина. В то же время устойчивыми в данных термобарических условиях являются слоистые (каолинит, иллит, гидрослюды, слюды, хлорит) минералы. Кроме того, подземные воды рассматриваемого разреза насыщены по отношению к карбонатным минералам (кальциту, доломиту, сидериту). Из этого следует, что равновесно-неравновесное состояние системы вода-порода-газ-органическое вещество обеспечивает непрерывное и последовательное растворение первично обломочных алюмосиликатных минералов и поступление в жидкую фазу некоторого количества

химических элементов, часть которых выводится из раствора и связывается во вторичных минеральных фазах, являющихся устойчивыми на данном этапе развития системы в определенных термобарических условиях. Тем самым ограничивается рост содержания строго определенных катионов в растворе и меняется их соотношение. Определенную роль в этом процессе играет рассеянное ОВ, при метаморфизме которого в подземные воды поступают продукты его разложения, растворы обогащаются CO_2 и органическими кислотами, выступающими нейтрализаторами щелочности, обусловленного гидролизом алюмосиликатов.

Охарактеризована и подтверждена балансовыми расчетами геохимическая специфика стадийальных процессов постседиментационного преобразования юрских нефтегазоносных отложений, заключающаяся в равновесно-неравновесном состоянии системы вода-порода.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Жуковская Е.А. Опыт количественной оценки литологического состава юрских отложений (на примере Нюрольской впадины) // Региональная практическая конф. молодежи «Проблемы региональной экологии». Томск: ТФ ИЛ СО РАН, 1998 С.66-67.
2. Баженов В.А., Жуковская Е.А., Недоливко Н.М. Масштабы вторичного карбонатообразования в породах васюганской свиты Нюрольской впадины // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Томск: ТГУ, 1998. С.16-18.
3. Жуковская Е.А. Количественная оценка вторичного минералообразования в породах васюганской свиты Нюрольской впадины.// Материалы II Междун. научная конф. студентов, аспирантов и молодых ученых им. акад. М.А Усова. Томск: ТПУ, 1998. Часть 1. С.121-122.
4. Жуковская Е.А., Недоливко Н.М., Баженов В.А. Состав вторичных карбонатов юрских нефтегазоносных отложений (Томская область) // Региональная конференция «Проблемы металлогении юга Западной Сибири». Томск: ТГУ, 1999. С.151-155.
5. Жуковская Е.А. Состав глинистых отложений Нюрольской впадины как индикатор геодинамических условий осадконакопления // Проблемы геодинамики и минерагении южной Сибири. Томск: ТГУ, 2000. С.260-265.
6. Жуковская Е.А., Недоливко Н.М., Ежова А.В. Глинистые минералы песчано-алевритовых пород юрских отложений юго-востока Нюрольской впадины // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. Томск: 2000. Том 1. С.214-216.
7. Недоливко Н.М., Жуковская Е.А., Баженов В.А. Карбонаты в юрских отложениях юго-восточной части Нюрольской впадины (Томская область) // Геология и геофизика. 2001. Т42. №3, С.491-502.
8. Жуковская Е.А., Силкина Т.Н. Равновесие подземных вод юрских нефтегазоносных отложений Нюрольского осадочного бассейна с кальцитом и сидеритом // Обской вестник. 2001. №1. С.70-74.
9. Жуковская Е.А. Масштабы постседиментационного преобразования зернистых пород на примере отложений васюганской свиты Нюрольской впадины (Томская область) // Материалы научно-практической конференции «Формационный анализ в геологических исследованиях». Томск: 2002. С.123-125.
10. Жуковская Е.А., Недоливко Н.М. Влияние аутигенного минералообразования на емкостно-фильтрационные свойства песчаных пород на примере Нижнетабаганского месторождения // Материалы второй Всероссийской научной конференции «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна». Тюмень: 2002.
11. Силкина Т.Н., Жуковская Е.А. Равновесие подземных вод юрских отложений с алюмосиликатными минералами // Материалы Второй Всероссийской научной конференции «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна». Тюмень: 2002.

12. Шварцев С.Л., Силкина Т.Н., Трушкин В.В., Жуковская Е.А. Подземные воды нефтегазоносных отложений Нюрольского осадочного бассейна (Томская область) // Геология и геофизика. 2003. №4.