

На правах рукописи

Силкина Татьяна Николаевна

**ГИДРОГЕОХИМИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
НЮРОЛЬСКОГО ОСАДОЧНОГО БАСЕЙНА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Специальность 25.00.07 – Гидрогеология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2001

Работа выполнена в Институте геологии нефти и газа СО РАН

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
профессор С.Л. Шварцев

Официальные оппоненты: доктор геолого – минералогических наук

В.И. Вожов

кандидат геолого – минералогических наук

А.Д. Назаров

Ведущая организация: Томское отделение СНИИГГиМС (Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья)

Защита диссертации состоится 19 декабря 2001г. в 10 часов 30 мин. на заседании диссертационного совета Д212.269.03 в Томском политехническом университете.

Адрес: 634004, г. Томск, пр. Ленина, 30

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

Автореферат разослан «16» ноября 2001 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета д.г.-м.н.

В.Н. Сальников

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Как признается большинством исследователей, на современном этапе остается важной и своевременной проблема изучения гидрогеологических условий отдельных геологических структур Западно-Сибирской плиты, содержащих скопления нефти и газа. Одним из важнейших направлений гидрогеологических исследований остается изучение химического состава подземных вод, особенностей миграции в них химических элементов с учетом эволюционного развития системы вода-порода, формирования их зональности, выявления генетических типов (А.А. Карцев, А.Э. Конторович, Л.М. Зорькин, С.Л. Шварцев и др.). При этом, число проблем, связанных с решением вопросов, касающихся путей формирования геохимических типов подземных вод и применения их для выявления условий и механизмов образования нефтяных и газовых месторождений не уменьшается, а напротив возрастает. Отсутствие однозначности и значительная схематичность в исследовании генезиса подземных вод, их состава, направлений миграции и метаморфизации, делает эту проблему особенно актуальной.

Кроме того, актуальность проводимых исследований связана с изучением подземных вод как наиболее динамичного компонента системы, состоящей из пород, подземных вод и углеводородов, что определяет разнообразие формирующихся вторичных минеральных фаз и геохимических сред, а значит и форм переноса многих химических элементов и соединений, используемых в поисковых целях.

Нюрольская впадина в этом отношении представляется важным объектом для решения указанных проблем, так как она расположена на юго-западе Томской области (юго-восток Западно-Сибирской плиты) в пределах переходных инфильтрационных и элизионных гидрогеологических режимов, которые одновременно тесно связаны с Колтогорско-Уренгойским и Усть-Тымским грабен-рифтами, что накладывает определенный отпечаток на гидрогеологию этого региона. Все это делает важным изучение подземных вод этого региона, гидрогеологические особенности которого ранее в литературе рассматривались лишь в рамках работ, посвященных Томской области.

Цель работы. Исследование гидрогеологии и гидрогеохимии Нюрольского осадочного бассейна, зональности и генетических особенностей подземных вод, степени их метаморфизации и использование гидрогеохимических показателей в поисковых целях.

Основные задачи: 1) исследовать химический состав подземных вод нефтегазонос-

ных отложений Нюрольского седиментационного бассейна и выявить закономерности его изменения с глубиной и по латерали; 2) дать анализ распространения Br, I, B в подземных водах исследуемого региона; 3) установить гидрогеологический тип режима и генетические типы подземных вод бассейна; 4) провести расчет равновесия в системе вода-порода для решение проблемы формирования химического состава подземных вод нефтегазоносных отложений; 5) дать оценку перспектив нефтегазоносности Нюрольского осадочного бассейна по гидрогеохимическим показателям.

Исходные данные и методика исследования. В работе использованы гидрогелогические и геохимические данные по 202 исследованным скважинам на 56 площадях Нюрольского осадочного бассейна. Проанализированы материалы гидродинамического исследования скважин (66 объектов), данные замеров 147 температур по 64 поисково-разведочным скважинам, данные по составу воды (202 пробы), растворенного газа (47 проб) и активные концентрации компонентов в растворе (112 определений).

Исследование химического и газового состава подземных вод и их типизация проводились по гидрогеологическим наборам признаков (количественные и качественные показатели макро- и микрокомпонентного состава вод, термобарические и геологические признаки их распространения) и осуществлялось с помощью методов математической статистики. Для изучения равновесия подземных вод с вмещающими породами применялись физико-химические методы равновесной термодинамики на основе реакций гидролиза, которые описывают анализируемые природные процессы. Для решения других задач в работе применяются сравнительные, комплексные и регионально-гидрогеологические подходы.

Автором выполнена интерпретация данных химического состава вод, необходимая для их геохимической типизации, сравнения и группирования, в процессе которой были построены карты изоминер и изоконцентраций Br, I, B и водорастворенных газов для каждого водоносного комплекса, графики и гistogramмы распределения макро- и микрокомпонентов в подземных водах, схемы выявленной геохимической зональности. Проведены расчеты равновесия подземных вод с карбонатными и с алюмосиликатными минералами терригенных пород.

Научная новизна. На большом фактическом материале впервые показано, что гидрогеологические условия Нюрольского бассейна определяются широким развитием седиментационных вод, которые только частично разбавлены древними инфильтрационными. Для этого бассейна характерна нормальная вертикальная

этого бассейна характерна нормальная вертикальная гидродинамическая и гидрогеохимическая зональность и элизионный тип режима. Установлено, что наряду с собственными солеными водами ниже-среднеюрские отложения частично питаются водами палеозойских и верхнеюрских комплексов на участках развития проницаемых образований и зон, что способствует смешению разных генетических их типов. Тем самым, впервые для бассейна установлено наличие вертикальных перетоков воды из одного водоносного комплекса в другой, что, в целом, однако, не нарушает общей гидродинамической их изолированности.

Впервые оценена степень равновесия подземных вод нефтегазоносных отложений Нюрольского осадочного бассейна с карбонатными и алюмосиликатными минералами горных пород. Для исследования взаимоотношения карбонатов и алюмосиликатов с подземными водами активные концентрации компонентов в растворе и термодинамические свойства породообразующих минералов при сложившихся термобарических условиях (температура 100°C и давление 27 МПа) определялись с использованием программы гидрогеохимического моделирования «HydrGeo» (Букаты, 1999).

Защищаемые положения:

1) На основе анализа гидродинамических и гидрогеохимических особенностей Нюрольского бассейна показано, что впадина представляет собой артезианский бассейн, заполненный преимущественно седиментационными водами, частично разбавленными древними инфильтрационными, формирующими элизионный тип режима.

2) Исследованиями гидрогеологических и гидрогеохимических условий Нюрольской впадины установлено, что для бассейна характерна нормальная вертикальная гидродинамическая и гидрогеохимическая зональность, которая местами нарушается вследствие наличия вертикальных перетоков воды из одного водоносного комплекса в другой, что способствует смешению разных генетических ее типов вод, что в целом, однако, не нарушает общей гидродинамической изолированности водоносных комплексов.

3) Термодинамический анализ системы вода-порода при температуре 100°C показал, что система вода - горная порода является равновесно-неравновесной и обеспечивает химическое взаимодействие седиментационных вод с горными породами в течение всего геологического времени, что приводит к растворению первичных (эндогенных) алюмосиликатных минералов и осаждению глинистых и карбонатных минералов, обеспечивая поступление в подземные воды одних ионов и вывода из раствора других.

Практическая значимость и реализация работы. По гидрогеохимическим показателям в меловых и юрских отложениях Нюрольского бассейна выявлены перспективные участки благоприятные для нефте- и газонакопления.

Разработанные гидрогеохимические критерии оценки перспектив нефтегазоносности для Нюрольского бассейна целесообразно использовать при поисково-разведочных работах на нефть и газ в Западной Сибири.

К настоящему времени материалы диссертации использовались в отчетах : разработка гидрогеохимических критериев поиска месторождений нефти и газа в Томской области (1996-1997), термодинамический анализ минеральных равновесий в водо-, и нефте-насыщенных средах осадочных пород Томской области в связи с их нефтегазоносностью (на примере Нюрольского бассейна) (1997-2000), оценка гидрогеохимических условий и перспектив формирования залежей нефти в ниже-среднеюрских отложениях Томской области (1999-2001).

Апробация работы. Результаты работы докладывались на научно-практических семинарах кафедры гидрогеологии и инженерной геологии ТПИ (1996-2000), на конференции «Актуальные вопросы геологии и географии Сибири», (ТГУ, 1998г), на конференции «Молодежь и проблемы геологии», (ТПУ, 1998г), на третьем международном научном симпозиуме имени академика М. А. Усова "Проблемы геологии и освоения недр", (ТПУ, 1999г), на региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и севера Востока России в посвященной 300-летию горногеологической службы России (Томск, 2000г).

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения общим объемом 160 страниц, включая 52 рисунка, 21 таблицу и список литературы (более ста наименований).

Выполняя работу, автор пользовался советами и поддержкой: докторов г.-м.н. Н.М. Рассказова, М.Б. Букаты, кандидатов г.-м.н. А.Д. Назарова, В.Г. Иванова, В.Б. Белозерова, сотрудников лаборатории гидрогеологии ТФ ИГНГ СО РАН и кафедры гидрогеологии и инженерной геологии. Всем этим лицам автор выражает свою искреннюю благодарность. Автор благодарит мнс Е.А. Жуковскую за сотрудничество при выполнении термодинамического анализа и использовании совместного неопубликованного материала.

Особую признательность хочется выразить научному руководителю д.г.-м.н. профессору С.Л. Шварцеву за постоянное внимание, советы и существенные замечания при написании данной работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор гидрогеологической и гидрогеохимической изученности региона

В главе рассматриваются вопросы изученности гидрогеологии и гидрогеохимии нефтегазоносных отложений Западной Сибири. Гидрогеологические исследования в этом регионе в разные годы проводили М.С. Гуревич, О.В. Равдоникас, Н.М. Кругликов, Г.П. Маврицкий, В.Б. Торгованова, Н.Н. Ростовцев, Б.П. Ставицкий, И.И. Нестеров, В.В. Нелюбин, Н.М. Богомяков, В.А. Нуднер, Г.А. Толстиков, Л.Г. Учителева, А.Э. Конторович, А.А. Розин, С.Б. Вагин, А.А. Карцев, Л.М. Зорькин, Ю.Г. Зимин, В.М. Матусевич, Ю.К. Смоленцев, А.Д. Назаров, О.В. Шиганова и др.

Изучением подземных вод нефтегазоносных отложений Томской области занимались П.А. Удодов, С.Л. Шварцев, А.Д. Фатеев, В.Г. Иванов, С.А. Юшков, Л.С. Манылова, В.В. Быкова, В.Г. Янковский, В.В. Трушкин, Т.А. Жукова, М.П. Кропанина и многие другие разрабатывая различные вопросы гидрогеологии и гидрогеохимии применительно к условиям Западной Сибири. Работами этих и других исследователей установлены основные черты гидрогеологического строения территории, разработаны основы региональной гидрогеохимии, сформулированы принципы геохимической зональности подземных вод в разных геологических структурах, получены материалы о распространении большого числа химических элементов и органических веществ в подземных водах. Изучены палеогидрогеологические условия на основе расчета кратности смен объемов подземных вод на инфильтрационных и седиментационных циклах водообмена. Установлено, что глубоко залегающие подземные воды внутренних закрытых районов бассейна являются преобразованными седиментационными. И только некоторые исследователи (А.А. Розин, С.И. Смирнов и др. допускают участие глубинных вод и газов из фундамента плиты в формировании рассолов осадочного чехла. Большое внимание уделялось отжатию воды из глин при уплотнении последних под действием увеличивающегося геостатического давления. С этим процессом, во многих случаях, связывают понижение минерализации подземных вод с глубиной, гидрогеохимические инверсии, образование аномальных пластовых давлений и т.д.

Изучение подземных вод Томской области напрямую связано с нефтепоисковыми работами. В связи с этим основной гидрогеологический материал характеризует геологические структуры разного уровня. Результаты исследований показали наличие нормального гидрогеохимического разреза, мозаично осложненного в нижнесреднеюрских отложе-

ниях аномальными по составу и содержанию солей пластовыми водами (Шиганова, 1997). Формирование последних в большей степени связывается с процессами, происходящими в системе вода-порода-ОВ при активном участии углекислого газа вблизи скоплений нефти.

Внимание исследователей, привлекают также проблемы, касающиеся формирования химического состава подземных вод, факторы и причины его определяющие, роль минерального комплекса пород. С выделением в разрезе нижнесреднеюрских отложений пронизаемых алеврито-песчанистых горизонтов (Сурков, Казаков, Девятков, 1997): малышевского (ml), вымского (vm), надояхского (nd), шараповского (shr) и зимнего (zm) и морских глинистых региональных экранов (тогурская свита) встал остро вопрос о генезисе соленых подземных вод в этих отложениях, их источнике, направлении движения, зональности, степени метаморфизации и т.д. Все эти проблемы имеют место и в Нюрольском бассейне.

Глава 2. Геологическое строение региона

В главе охарактеризованы основные черты геологического, тектонического строения и нефтегазоносность территории. В общей структуре Западно-Сибирского артезианского бассейна Нюрольский прогиб расположен в юго-восточной, более приподнятой его части, образован за счет опущенного блока Межовского срединного массива фундамента (Конторович и др., 1975; Сурков, Жеро, 1981) и представляет собой огромную асимметричную впадину. В геологическом строении района принимают участие образования двух структурных этажей.

Нижний этаж на территории Нюрольского прогиба представлен отложениями палеозоя и раннего мезозоя, сложен эффузивно-осадочным комплексом пород доюрского фундамента, залегающим несогласно на геосинклинально-складчатом основании. Породы повсеместно дислоцированы и имеют развитую сеть трещин в зоне выветривания. В фундаменте имеется серия грабен-рифтов, осложненных разломами северо-восточного простирания.

Отложения **осадочного чехла** залегают с угловым несогласием и перерывом в осадконакоплении на доюрском фундаменте, мощность которых достигает в центральных районах 3-3,5 км. Осадочный чехол слагают юрские и меловые отложения. В разрезе юры выделяются *урманская свита* (геттанг-синемюр-плинсбах), состоящая из песчаных горизонтов Ю₁₇ и Ю₁₆, разделяющая их алевритоглинистая пачка *тогурской свиты* (низы нижнего тара) и *салатская свита* (ранний тоар – поздний аален). Салатской свите соответствует

группа песчаных пластов Ю₁₅. Нижнеюрские отложения являются континентальными с заметными прослоями морских фаций (тогурская свита) опресненных шельфовых зон, заливов и эстуарий и т.д. (Конторович и др., 1998). Отложения позднего тоара, аалена, байоса, бата и раннего келловея, развитые на территории Нюрольской впадины повсеместно, объединены в *тюменскую* свиту. В ней выделено 9 литолого-стратиграфических пачек и 14 песчаных пластов, индексируемых Ю₂–Ю₁₅. Здесь выявлены гравийно-галечниковые, песчаные, алевроитовые, глинистые фации мелкого шельфа и прибрежной зоны, заливов и эстуариев, речных русел и т.д. (Конторович и др., 1995). Отложения среднего келловея-оксфорда развиты на территории повсеместно и представлены осадками *васюганской свиты*. В восточной части впадины васюганская свита замещается *наунакской*, ее аналогом. Палеогеографически породы свиты представляют собой отложения морского водоема с нормальной и пониженной соленостью вод. В составе горизонта Ю₁ выделяются песчаные пласты Ю₁¹, Ю₁², Ю₁³, Ю₁⁴. Отложения меловой системы согласно и без перерыва залегают на осадках верхнеюрского возраста (Конторович и др., 1975) и представлены морскими, лагунными и континентальными фациями, среди которых выделены *алымская, киялинская, тарская и куломзинская свиты*.

В пределах Нюрольской впадины получены промышленные и полупромышленные притоки нефти и газа, а также выявлены нефте- и газопроявления связанные с палеозойскими образованиями, юрскими, и в меньшей степени с меловыми отложениями.

Глава 3. Гидрогеологические условия нефтегазоносных отложений

В главе рассмотрены гидрогеологические условия нефтегазоносных отложений и выявлена гидродинамическая зональность бассейна. Согласно принятой гидрогеологической стратификации (Нелюбин и др., 1970) в разрезе нижнего гидрогеологического этажа Нюрольского осадочного бассейна выделяется: апт-альб-сеноманский, неокомский, верхнеюрский, ниже-среднеюрский и доюрский водоносные комплексы.

Водоносный комплекс апт-альб-сеноманских отложений характеризуется невысокими дебитами скважин (1,9 - 5,4 м³/сут). Уровни приведенных напоров подземных вод снижаются от 200 м на юго-востоке впадины до 120 м на северо-западе. Температура подземных вод составляет 45-82,7°C. Воды комплекса слабосоленые с минерализацией от 4 до 22 г/л. Водообильность *неокомского водоносного комплекса* высокая (30-110 м³/сут). Пьезометрические уровни фиксируются на отметках 124 - 157 м на периферии бассейна и 84 - 90

м в центральной части. Максимумы отмечаются на юго-западе и юге впадины, минимумы в восточной ее части. Пластовая температура вод составляет 70 - 95°С. Подземные воды слабосоленые, 15 - 22 г/л (рис.1,а).

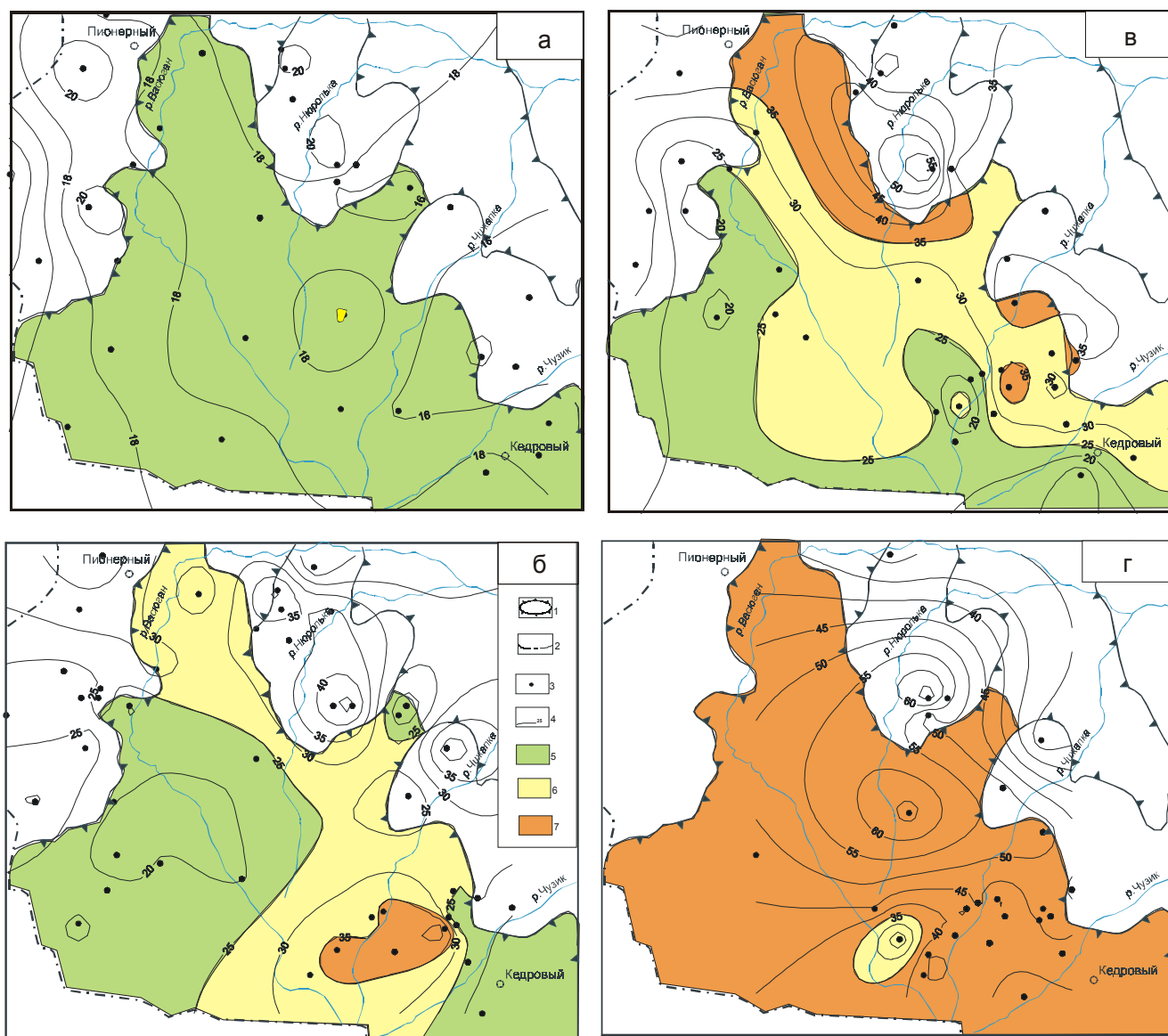


Рис. 1. Изоминеры подземных вод неокомских (а), верхнеюрских (б), нижнесреднеюрских (в)отложений и доюрских образований (г) Нюрольской впадины. 1-структуры первого порядка; 2-административная граница Томской области; 3-точки опробования; 4- изоминеры, г/л; участки с минерализацией подземных вод: 5-до 25 г/л, 6-от 25 до 35 г/л, 7- более 35 г/л

В верхнеюрском водоносном комплексе дебиты скважин составляют 5 - 13 м³/сут, по отдельным скважинам до 24 м³/сут. Воды напорные, уровни приведенных напоров располагается на отметках от 90 м до 259 м и на территории бассейна распределены неравномерно, образуя как пьезомаксимумы (площади Игольская, Нижнетабаганская), так и пьезоминимумы (площади Кыкинская, Майская, Олимпийская). Температура вод 75-116°С. Установлено, что общая минерализация подземных вод зависит от принадлежности их к тому или иному водоносному горизонту и увеличивается от 12 - 18 г/л в пласте Ю₁⁰ и 20 -

27 г/л в пласте Ю₁¹ до 23 - 36 г/л и 33 - 37 г/л в пластах Ю₁² и Ю₁³⁻⁴. На фоне общего закономерного увеличения солености подземных вод с глубиной выявляются аномальные зоны. Так, максимальные значения общей минерализации (42 - 47 г/л) по группе пластов Ю₁² установлены в юго-восточной части Нюрольской впадины (скв. Нижнетабаганская 1, Калиновая 1, Западно-Останинская 440). В пластах Ю₁³⁻⁴ наибольшее значение солености составляет 44 г/л (скв. Северо-Калиновая 1). Выявлены отрицательные аномалии с соленостью 11 - 19 г/л в пластах Ю₁³⁻⁴ (скв. Игольская 6, Таловая 2 и 5, Герасимовская 1, Западно-Останинская 442, Калиновая 3, Нижнетабаганская 18). Повышенные значения общей минерализации, более 25 г/л, отмечаются в восточной части бассейна, за исключением крайних участков структуры и центральной части впадины, где воды менее соленые (рис.1,б).

В *нижнесреднеюрском* комплексе водоносность пород различна. Часто дебиты скважин 0,3-3,5 м³/сут при понижениях уровня более 1000 м, в продуктивных горизонтах на нефть и газ составляют 16-19 м³/сут. Рассчитанные гидравлические напоры подземных вод по горизонтам Ю₂-Ю₇ снижаются с северо-запада на юго-восток от 190 до 90 м. Как и в *верхнеюрском* водоносном комплексе пьезомаксимумы в центральной части и крайнем юго-востоке бассейна сохраняются, а пьезоминимумы оказываются смещенными к юго-западному борту бассейна. В целом гидравлические напоры имеют тенденцию к росту с глубиной. Температура подземных вод 82-113°С. С глубиной отмечается общая направленность увеличения минерализации подземных вод этого комплекса (табл.1). На общем геохимическом фоне 25 - 30 г/л выявлены участки в юго-восточной и в северной части

Таблица 1. Общая минерализация подземных вод ниже-среднеюрских отложений

Водоносные горизонты	Пределы общей минерализации подземных вод, г/л	Кол-во определенных
Малышевский (Ю ₂₋₇)	18-36	25
Вымский (Ю ₈₋₁₂)	25-38	5
Надояхский (Ю ₁₃₋₁₅)	32-67	3
Зимний (Ю ₁₇)	53,9	1

бассейна, где общая минерализация подземных вод максимальна и достигает 35 г/л и более (рис.1,в). В пределах палеовыступов она не превышает 25 г/л (Айзаский, Зимний и Лавровский, Самлатско-Кыкинский палеовыступы).

В *доюрском* водоносном комплексе водообильность карбонатных пород высокая (34-110 м³/сут), кор выветривания (М) более низкая (0,9-2м³/сут). Комплекс характеризуется локальной гидрогеологической закрытостью. Гидродинамическая обстановка определяется наличием резко выраженного пьезомаксимума, с величиной напора 550 м (площадь Фестивальная). Направление падения напоров восточное и юго-восточное. В преде-

лах горизонта М происходит как увеличение, так и снижение гидравлических напоров. Вместе с тем, очевидно, что в палеозойских отложениях нет единого гидравлически связанного водоносного комплекса. Скорее всего, имеют место обводненные зоны, часто гидравлически не связанные между собой, о чем свидетельствуют разные напоры в пределах даже одной площади. Воды комплекса значительно прогреты ($88 - 120^{\circ}\text{C}$) и минерализованы (29 - 73 г/л). В юго-восточной и центральной частях бассейна соленость вод максимальна, более 50 г/л (пл. Герасимовская, Калиновая, Тамратская) (рис.1,г).

Исследование гидрогеологии, гидродинамики глубокозалегающих водоносных комплексов Нюрольского бассейна позволило установить *нормальную вертикальную гидродинамическую зональность*. С глубиной отмечается увеличение пьезометрических напоров подземных вод от 89 м в неокомском до 550 м в доюрском комплексе. На фоне общего увеличения в каждом водоносном комплексе выделяются резкие пьезомаксимумы и пьезоминимумы, которые оказываются, смещены относительно друг друга, либо добавляются новые. Отмечается уменьшение водообильности пород с глубиной от $120 \text{ м}^3/\text{сут}$ в горизонтах неокомского комплекса до $3,5 \text{ м}^3/\text{сут}$ и практически “сухих” в нижнесреднеюрских отложениях. Однако вблизи нефтяных месторождений водообильность пород повышается зачастую в два-три раза. Различный характер приведенных напоров позволяет сделать вывод о достаточно высокой гидродинамической изолированности всех водоносных комплексов Нюрольского осадочного бассейна.

Глава 4. Гидрогеохимия нефтегазоносных отложений

В главе рассмотрены химический и газовый состав, зональность и генезис подземных вод Нюрольского осадочного бассейна.

Солевой состав подземных вод нижнего гидрогеологического этажа повсеместно хлоридный натриевый с низким содержанием сульфатов табл. 2. Хлор в воде встречен в количествах 2 - 13,5 г/л в меловых отложениях от 5-26,1 до 40 г/л в юрских. Максимальное его содержание отмечено в водах доюрских образований (44 г/л). Концентрации Na в водах также увеличиваются от 1,3 - 7,5 г/л в меловых отложениях до 12-25,4 г/л в юрских. Накопление ионов Ca^{2+} в водном растворе меловых и юрских отложениях слабое (0,4 - 2,5 г/л). Максимальные его концентрации установлены в водах доюрских образований (3,5 г/л). На юго-востоке бассейна (площадь Арчинская) встречены воды хлоридные натриево-кальциевые, где доля Ca достигает 40 %-экв. Содержания Mg в подземных водах незначи-

**Таблица 2. Средний химический состав подземных вод
Нюрольского бассейна**

Показатели	Ед. измерения	Гидрогеологические комплексы			
		Неокомский	верхне-юрский	нижне-средне-юрский	доюрский
Мощность	м	800-1000м	50-110	200-390	более 1000
Приведенные напоры	"	89-157	90-261	40-224	40-330
Водообильность	м ³ /сут	30-120	5-20	0,1-5	34-110
Температура	°С	70-98	71-116	82-113	83-122
Солевой состав (по Щукареву)	-	Cl-Na-Ca, Cl-Na, Cl-Na-Mg	Cl-Na, Cl-Na-Ca		Cl-Na, Cl-Na-Ca
pH	-	6,7	6,9	7,1	6,9
M	г/л	17,8	24,2	31,0	44,1
Cl	"	10,8	14,1	18,3	26,5
HCO ³⁻	"	0,23	0,9	1,0	0,61
SO ₄	"	0,016	0,04	0,05	0,13
Na	"	4,8	7,6	10,8	14,59
Ca	"	1,5	0,72	0,57	1,48
Mg	"	0,08	0,23	0,15	0,21
K	"	0,1	0,25	0,29	0,275
SiO ₂	"	0,019	0,027	0,026	0,031
NH ₄	мг/л	16,6	42,3	43,6	83,9
Fe ²⁺	"	2,0	12,5	37,4	40,6
Br	"	50,7	58,7	32,3	115,3
B	"	35,9	42,8	22,2	40,6
I	"	8,3	4,2	5,1	14,9
Sr	"	150,7	254,2	126,1	214,3
Li	"	1,9	4,4	6	4,6
Rb	"	0,15	0,50	1,23	0,6
Cl/Br	-	219	234	239	218
Кол-во определений	-	42	50	34	69

тельно увеличиваются с глубиной от 20 - 400 мг/л в меловых и юрских отложениях и до 550 мг/л в доюрских образованиях. В неокомском водоносном комплексе в западных окраинах бассейна на площади Восточно-Моисеевской встречены воды хлоридно-натриевые-магниевые, где содержания Mg в воде 700 мг/л. Это единичный случай подобного состава воды. Концентрации калия в подземных водах составляют от 0,07 - 0,4 г/л в меловых отложениях и 0,1 - 0,7 г/л в верхнеюрских и до 0,12-1,1 г/л в

нижнесреюнеюрских отложениях и 1,3 г/л в доюрских образованиях. Содержание гидрокарбонат-иона в водах континентальных фаций меловых отложений более высокое (4,5 %-экв), в сравнение с в водами морских фаций (0,4 %-экв), но, однако, не превышает 0,1-0,4 г/л. В верхнеюрских отложениях его накопление происходит пропорционально росту солей, а в нижне-среднеюрских его концентрации максимальны (1,0 - 2,1 г/л) при достаточно большом разбросе значений. Количество HCO₃⁻ в воде доюрских образований низкое от десятых долей до 1,5 г/л (табл.2.) Содержание ионов аммония закономерно нарастает с глубиной от первых десятков в меловых отложениях и 10 - 150 мг/л в юрских и до 244 мг/л в доюрских образованиях.

В нижнесреднеюрских отложениях весьма значительная пестрота солёности вод сказывается и на химическом составе подземных вод. Слабосоленые воды характеризуют-

ся низким содержанием Cl (5,9-17 г/л), Na (3,8-10 г/л), Ca (0,02-0,45 г/л), Mg (20-210 мг/л), и гидрокарбонат-ионов (0,1-1,7 г/л). Для рассольных вод характерны высокие концентрации ионов Cl в водном растворе (14,7 - 40 г/л), Na (9,2 - 24 г/л), Ca (0,14-2,4 г/л), и низкое содержание гидрокарбонат-ионов (0,9-2,1 мг/л). Такие воды преимущественно распространены на юго-востоке бассейна. Воды доюрского комплекса, оказываются, в значительной степени обогащены Br, I, Li, Sr, Rb, максимальные содержания которых составляют соответственно 217; 38,2; 12,9; 624 и 1,7 мг/л.

Подземные воды рассматриваемых комплексов по величине Cl/Br коэффициента как метаморфизованные, так и слабометаморфизованные. Значения Cl/Br коэффициента составляют от 153,5 до 300, лишь по отдельным скважинам на юге, юго-западе и юго востоке бассейна величина Cl/Br коэффициента достигает 309 в неокомских отложениях (скв. Майская 391), 303 и 322 в верхнеюрских (скв. Игольская 8 и 9, Тамратская 1), 303-317 в нижне-среднеюрских (скв. Калиновая 3 и 5, Нижнетабаганская 1 и 5) и 329 в доюрских образованиях в горизонте М в скв. Нижнетабаганской 2. Большой степенью метаморфизации характеризуются воды меловых отложений. Из общего числа проб 90 % составляют воды, где Cl/Br коэффициент менее 250 и в половине случаев менее 200, а значения rNa/rCl коэффициента варьируют в пределах 0,68-0,86. В верхнеюрских отложениях только 55% вод значительно метаморфизованны (менее 250), а в нижнесреднеюрских только 35%, при этом rNa/rCl коэффициент составляет 0,77-0,99. В доюрских образованиях метаморфизация вод высокая (Cl/Br коэффициент составляет чаще 200-250,), в горизонте М как очень высокая (154), так и более низкая (298). Значения rNa/rCl составляют в этом комплексе 0,68-0,99.

В результате корреляционного анализа между основными компонентами солевого состава установлено, что в подземных водах накопление Na^+ , Cl^- и Br^- происходит пропорционально росту минерализации. В юрских отложений дополнительно к перечисленным компонентами идет накопление Mg^{2+} . В водах ниже-среднеюрских отложений происходят изменения в соотношениях Na^+ и Ca^{2+} . Положительные связи между I^- , Br^- и NH_4^+ определяют общность источника их накопления, в качестве которого выступает преобразованное органическое вещество (ОВ). В большей мере этот процесс имеет место в неокомском водоносном комплексе и менее в водах юрских отложений и доюрских образований. Связь NH_4^+ с Br^- с глубиной усиливается, в то время как с I^- ослабевает.

Br, I и В и ОВ представляют научно-практический интерес с точки зрения приме-

ния их как косвенных критериев нефтегазоносности, особенностью которых является связь с органическим веществом. Максимальные их концентрации в подземных водах тяготеют к нефтегазовым месторождениям. Исследования показали, что в поведении Вг намечается нарастание его концентраций с глубиной от 15-60 до 22-159 мг/л в меловых и юрских отложениях и резкий скачок до 217 мг/л в доюрских образованиях. Йод в подземных водах исследуемого бассейна распространен повсеместно и встречен в количествах от 0,2 до 38 мг/л. С глубиной его содержание увеличивается неравномерно и при этом сохраняется большой разброс величин по всему разрезу. Высокими концентрациями I отличаются воды меловых отложений (11,8-22 мг/л) и доюрских образований (ср. значение 14,9 мг/л, макс. 38 мг/л). Бор в подземных водах встречается в количествах от 0,2 до 273,8 мг/л. С глубиной его содержания увеличиваются от 5,7-116 мг/л в меловом до 1,5-273,8 мг/л в верхнеюрском водоносных комплексах. Отмечается некоторое снижение бора в водах нижне-среднеюрских отложений (2,1 - 65 мг/л) и увеличение до 217 мг/л. в водах доюрских образований.

Газонасыщенность подземных вод высокая, увеличивается с глубиной от 0,1-2,2 м³/м³ в меловых отложениях до 0,5 - 3,2 м³/м³ в доюрских образованиях. В составе водорастворенных газов доминирует метан. Концентрации его составляют 82-92 об.% и 60,1-93,2 об.% в отложениях осадочного чехла и возрастают до 95,6 об.% в водах доюрских образований. Суммы тяжелых углеводородов (ТУ) обычно составляют от 1,3-2,9 об.%. В водах верхнеюрских отложений увеличиваются до 4,9 об.%. В некоторых случаях в приконтурных и контурных водах верхнеюрских, ниже-среднеюрских отложений и доюрских образований их содержание достигает 26, 38 и 9-11,5 об.% соответственно. С глубиной в подземных водах накапливается СО₂ от 0,1-1,7 об.% в меловых до 3-3,5 об.% в юрских отложениях. Доюрской водоносный комплекс обогащен им в наибольшей степени (0,2 - 20 об.%).

Гидрогеохимическая зональность. По данным детального изучения химического состава подземных вод выявлена прямая вертикальная и определенная латеральная геохимическая зональность. С глубиной отмечается увеличение общей минерализации от 15,4 - 17,7 г/л (среднее значение) в меловых отложениях до 27,9-31 г/л в юрских. В доюрских образованиях минерализация вод максимальна (73 г/л, при среднем значении 44,1 г/л). Для водоносных комплексов характерно увеличение с глубиной участков с распространением все более соленых вод. Так, в верхнеюрских отложениях появляется локальный участок с

минерализацией подземных вод более 35 г/л, а в ниже-среднеюрских - область распространения рассольных вод увеличивается. Тогда как в доюрских образованиях подземные воды имеют максимальную соленость (более 35 г/л). Наряду с ростом минерализации подземных вод увеличиваются содержания микрокомпонентов. Воды наиболее глубоких горизонтов содержат химические элементы в более высоких концентрациях (табл. 2.). Однако некоторые из них накапливаются избирательно, а некоторые совсем не концентрируются, например, SO_4^{2-} . Степень концентрирования многих химических элементов, особенно летучих, таких как йод, бор, бром и др. увеличивается по мере приближения к нефтегазопроявлениям и залежам углеводородного сырья. С глубиной растет газонасыщенность водорастворенных газов.

Детальное рассмотрение подземных вод нефтегазоносных отложений Нюрольского осадочного бассейна подтверждает сделанный вывод о достаточно высокой гидродинамической изолированности всех водоносных комплексов Нюрольского бассейна, что *однако не исключает возможности перетока воды из одного в другой*. Скорее, наоборот, имеющаяся разность напоров обеспечивает такие перетоки на участках, где имеют место проницаемые отложения, зоны тектонических нарушений, опесчаненный литологический состав пород, наличие зон выклинивания глин и т.д. Такой участок выявлен на Нижнетабаганской и соседних с нею площадях, где соленость воды растет с глубиной по сложной зависимости (рис. 2.) и можно выделить, как минимум, три интервала, в которых ее поведение различно. Первый охватывает пласты Ю₁-Ю₃, в которых с глубиной соленость воды практически не растет, а колеблется примерно в одном диапазоне 30-45 г/л. Второй интервал охватывает пласты Ю₄-Ю₅, где отмечается уменьшение общей минерализации до 20 г/л. И, третий интервал охватывает пласты Ю₇-Ю₁₀, кору выветривания (М) и отложения палеозоя, где отмечается ее неуклонный рост.

Гидрогеологическая модель региона и генезис подземных вод. Выше изложенное позволило разработать палеогидрогеологическую модель бассейна и определить генезис подземных вод всех комплексов. При этом особое место занимает проблема генезиса соленых вод ниже-среднеюрских отложений, которые по происхождению являются преимущественно континентальными с незначительными прослоями морских отложений (тогурская свита) в нижних частях разреза. Учитывая длительный перерыв в осадконакоплении в геттанг-синемюрское время (Сурков В.С., 1986), естественно, что верхняя часть палеозой-

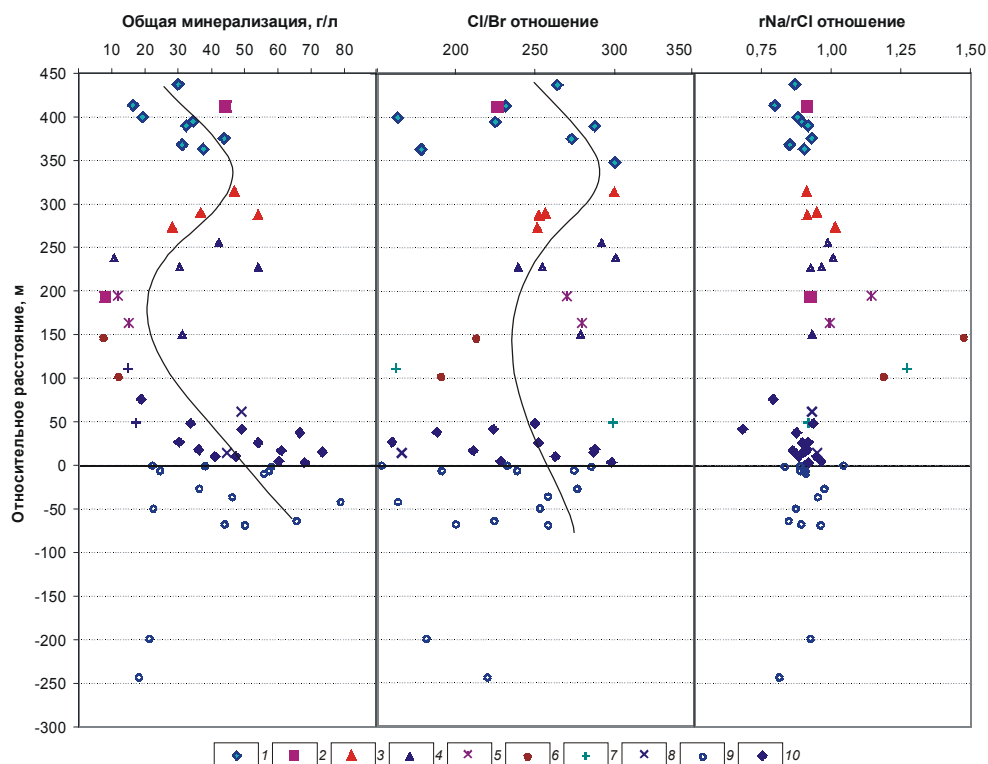


Рис. 2. Вертикальное распределение общей минерализации, Cl/Br и rNa/rCl отношений подземных вод площадей Нижнетабаганской, Герасимовской, Калиновой, Северо-Калиновой и Широтной.

1-верхнеюрский водоносный комплекс, 2-горизонт Ю₂, 3-горизонт Ю₃, 4-горизонт Ю₄, 5-горизонт Ю₅, 6-горизонт Ю₇, 7-горизонт Ю₈, 8-горизонт Ю₉₋₁₀, 9-горизонт М, 10-водоносный комплекс палеозойских образований.

растала, что приводило к медленному и неравномерному уменьшению их пористости и отжатию избыточного количества воды в вышележащие горизонты. Эта вода в первую очередь попадала в отложения горизонта М и распространялась по проницаемым пластам на значительные расстояния. Именно по этой причине общая минерализация и степень метаморфизации вод слоя М и верхней части палеозойских образований близки по своим значениям.

В случае наличия проницаемых отложений (литологические окна, зоны выклинивания глинистых слоев и т.д.) в ниже-среднеюрских отложениях поступающие из палеозойских образований рассолы могли проникать, вплоть до горизонта Ю₅. Признаком вертикального перетока флюидов является наличие локальных зон распространения рассолов в пределах водоносных комплексов, залегающих на доюрском фундаменте. Следует учитывать и то, что в нижнеюрское время в отдельные периоды здесь существовал морской бассейн, в котором происходило захоронение седиментационных вод.

Таким образом, в современное время меловые и верхнеюрские отложения Нюроль-

ских образований и формирующиеся континентальные отложения промывались пресными инфильтрационными водами, хотя в настоящее время они заполнены солеными. Отмеченное противоречие можно снять, если принять во внимание следующую гидрогеологическую модель региона. В процессе формирования мезозойских отложений и проявления неотектонических сил нагрузка на палеозойские отложения воз-

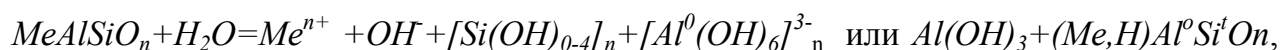
ской впадины заполнены солеными седиментационными водами, которые частично разбавлены древними инфильтрационными. В ниже-среднеюрском водоносном комплексе отмечается более сложная картина, которая в полной мере обусловлена континентальными условиями осадконакопления в аален-батское время, ингрессией моря в раннем тоаре и внедрением в них седиментационных вод из выше- и нижележащих отложений. Процессы внедрения последних наиболее интенсивно происходили в верхних горизонтах из отложений баженовской свиты, а в нижних – из палеозойских образований в местах наличия проницаемых образований. В доюрском водоносном комплексе сохраняются практически неразбавленные соленые воды, которые при отжати и подъеме вверх частично разбавляются древними инфильтрационными. Все это позволяет отнести этот регион к элизионному типу, имеющему внутреннюю область питания (Шварцев, 1996).

Глава 5. Равновесие подземных вод с горными породами

В работе рассматривается равновесие подземных вод с карбонатными и алюмосиликатными минералами терригенных пород, наиболее широко распространенными в разрезе юрских отложений Нюрольского осадочного бассейна.

Взаимодействие подземных вод с карбонатными минералами происходит по реакции растворения и описывается уравнением: $MeCO_3 + H^+ = Me^{2+} + HCO_3^-$

Инконгруэнтное растворение алюмосиликатов протекает, главным образом, по механизму гидролиза, которое можно записать в виде уравнения (по У.Д. Келлеру):



где n относится к неопределенным атомным соотношениям, o и t – соответственно к октаэдрическим координатам; Me – металлические катионы. Равновесное состояние системы вода- порода оценивается через параметр насыщения (L): $L = \lg \frac{K}{Q}$, где Q - квантант реакции, K - константа реакции. При отрицательном значении L вода насыщена относительно какого-либо минерала, при положительном – недонасыщена, нулевое значение характеризует состояние равновесия воды с минералом. Параметр L позволяет количественно оценить степень удаленности состава изучаемых растворов от состояния равновесия, что не связано с количеством выпадающего в осадок минерала.

Расчет равновесия воды с горными породами проводился с учетом ТР условий среды, при температурах 25 и 100°C и соответственно давлении 0,1 и 27МПа. Активные кон-

центрации компонентов в растворе и термодинамические параметры породообразующих минералов при оговоренных ТР условиях определялись по программе гидрогеохимического моделирования «HydrGeo» (Букаты, 1999). Решение вопроса о направлениях преобразования минерального вещества пород в сложившихся гидрогеохимических условиях проводилось с использованием диаграмм полей устойчивости минералов, построенных в различных координатах.

При равновесии вод с кальцитом константа реакции составляет для 25°C $10^{1,99}$, для 100°C - $10^{0,77}$. Константа равновесия реакции, при которой раствор находится в равновесии с сидеритом, равна для 25°C $10^{-0,32}$, для 100°C $10^{-2,55}$. Анализ диаграмм степени насыщения вод кальцитом и сидеритом показывает, что при температуре 25°C почти половина точек состава вод располагается ниже линии насыщения и характеризует условия нахождения компонентов в растворе. Это объясняется тем, что исследование химического состава подземных вод проводится в лабораториях при комнатной температуре и атмосферном давлении без сохранения термо-барических условий пласта, и понижение температуры увеличивает растворимость карбонатов. Тем не менее, при пластовых температурах (70°C - 100°C) все без исключения подземные воды юрских отложений пересыщены относительно кальцита и сидерита и непрерывно формируют эти минералы, что хорошо подтверждается данными литологических исследований (Пероziо, 1971, 1976; Гурова, 1976; Баженов 1994, Баженов, Жуковская, 1998).

Установлена степень насыщения кальцитом подземных вод васюганской (от 0,016 до -2,67) и тюменской (от -0,04 до -2,3) свит, и соответственно сидеритом (от -0,27 до -4,37 и от -0,91 до -4,71). Степень насыщения подземных вод кальцитом и сидеритом возрастает по мере увеличения pH раствора, а с ростом температуры уменьшается, что и приводит к еще большему выпадению в природных водах карбонатных минералов. Влияние минерализации подземных вод и их глубины на степень насыщения относительно карбонатных минералов очень слабое.

Исследование взаимодействия алюмосиликатов с подземными водами проводилось на основе термодинамических расчетов с построением диаграмм равновесия, которые отражают последовательность отложения минералов. Выбор минералов и целесообразность их рассмотрения определен наличием их в составе пород васюганской и тюменской свит. Для наиболее характерных реакций преобразования породообразующих минералов: полевых шпатов (микроклин, альбит, анортит), слюд (мусковит, парагонит), глиен (иллит, мон-

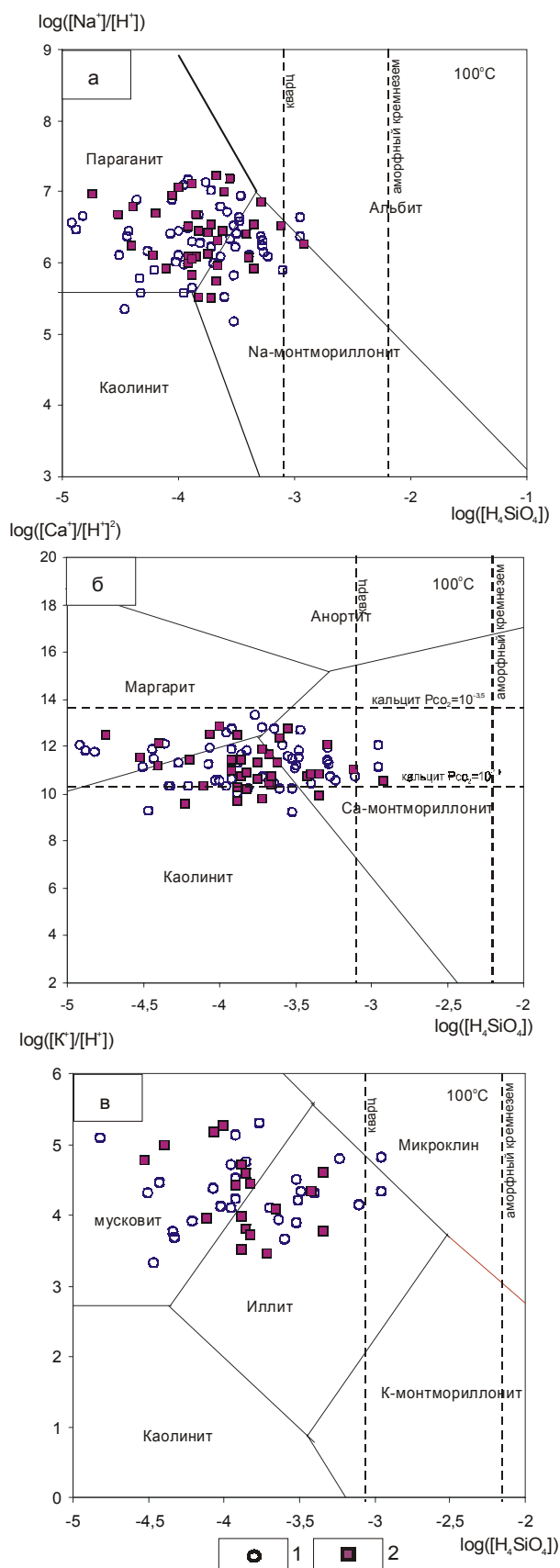


Рис. 3. Диаграмма стабильности минералов в системах Si-Al-Na (а), Si-Al-Ca (б), Si-Al-K (в) (Силкина Т.Н., Жуковская Е.А.). 1-подземные воды васюганской свиты, 2-подземные воды тюменской свиты.

тмориллонит, каолинит) использованы термодинамические параметры минералов и ионов в водных растворах при оговоренных термобарических условиях и рассчитаны константы равновесия. Полученные зависимости являются уравнением прямых, которые разграничивают поля устойчивости минералов (рис. 3). Положение линий на диаграммах устойчивости, построенных автором, имеет сходство с таковым на диаграммах Mohamed Ben Baccar, Bertrand Fritz и R.M. Garrels, построенных для температур 100°C. Причем для калийсодержащих минералов построено поле иллита, которое приближается к таковому на диаграммах Н.С. Helgeson (1982), С.Л. Шварцева и В.А. Баженова (1978) для 25°C. Причем, границы устойчивости иллита определяются как термобарическими условиями, так и химическим составом минерала. Разброс точек состава подземных вод на диаграммах равновесия является достаточно большим и захватывает поля устойчивости слюдястых минералов, иллита, монтмориллонитов и каолинита.

Термодинамический анализ показал, что система алюмосиликаты - подземные воды является равновесно - неравновесной, что определяет непрерывность разрушения водой вмещающих пород. С одной стороны, состав вновь образующихся продуктов является устойчивым к агрессивному воздействию подземных вод. Наибольшее влияние на уста-

новление равновесного состояния с первичными алюмосиликатами оказывают рН среды. Пониженные концентрации иона OH^- в подземных водах ($\text{pH} < 7$) обуславливают интенсивное развитие процессов гидролитической диссоциации, с образованием слюд и гидрослюды и иллита. С повышением температуры подземных вод направление протекания реакции сдвигается в сторону образования слюдястых минералов и хлорита. Подобная тенденция сохраняется с глубиной и с увеличением общей минерализации подземных вод. С другой стороны, причиной неравновесного состояния подземных вод с алюмосиликатами является формирование вторичных минералов, которые на данном этапе развития системы находятся в равновесном состоянии с подземными водами, и тем самым, ограничивают рост катионов в растворе. Другой причиной служит наличие в юрских отложениях продуктов разложения органического вещества и обогащение вод CO_2 и органическими кислотами, которые выступают нейтрализатором щелочности, образующейся в процессе гидролиза. Таким образом, несмотря на элизионный тип режима с замедленным движением подземных вод, который затрудняет вынос подземными водами продуктов реакции, на пути установления равновесия с первичными алюмосиликатами встает как карбонатный барьер, так и непрерывное образование глинистых минералов.

Результаты проведенных расчетов равновесного состояния в системе вода-порода позволяют сделать вывод о том, что в юрских отложениях Нюрольского осадочного бассейна все подземные воды при той температуре, которая имеет место в пласте, насыщены карбонатами и глинистыми минералами. Степень насыщения относительно карбонатных минералов носит закономерный характер, который определяется такими параметрами как рН среды, температура, в меньшей степени минерализация подземных вод. При этом важно, что вторичные минералы формируются на протяжении всего времени взаимодействия системы вода-порода и в седиментационных водах достигается полное насыщение ими. Причем, одним из ведущих факторов вторичного минералообразования является неравновесное состояние вод с алюмосиликатными минералами которые служат источником поступления в раствор необходимых для этого ионов.

Полученные результаты равновесия подземных вод седиментационного генезиса с вмещающими породами подтверждают вывод С.Л. Шварцева (1975, 1992, 1998) о равновесно- неравновесном состоянии системы вода – порода, в которой вода в течение долгого геологического времени растворяет одни минералы и одновременно формирует новые минеральные образования. Такой подход четко позволяет объяснить многообразие вторич-

ных минеральных образований и состава подземных вод применительно к более глубоким горизонтам. Велика роль при этом процессов разложения воды, масштабы которых, по мнению С.Л. Шварцева, сказываются на геохимическом облике подземных вод.

Формирование состава подземных вод. Состав подземных вод региона формировался в осадочном бассейне, заполненном седиментационными водами, частично разбавленными древними инфильтрационными, источниками которых являлись морские бассейны нормальной или пониженной солености (неоком, верхняя и нижняя юра (тогурская свита) и пресноводные отложения нижне-средней юры (Геология..., 2000). Как показали гидрогеохимические исследования в регионе подземные воды достаточно часто более соленые, чем исходные морские. Принимая во внимание то, что основным источником хлора является солевой комплекс морского происхождения, нами рассчитана степень изменения (по хлору) современных подземных вод относительно исходных морских. Сравнительный анализ показал, что подземные воды Нюрольского бассейна содержат химические элементы в более высоких концентрациях. У Na, Ca, K, Br и SiO₂ степень концентрирования достигает 10, у NH₄, B, Sr и Li колеблется от 10 до 100. Особенно высока она у I, Fe и Mn (100 и более). А такие компоненты как SO₄²⁻, HCO₃⁻ и Mg в водах не накапливаются.

Это обстоятельство указывает на то, что постседиментационные преобразования состава подземных вод тесно связаны с эволюцией минеральной и органической составляющей горных пород. Основными процессами при этом являются: отжатие из глин физически связанных вод; гидролиз терригенных алюмосиликатов и карбонатов; растворение осадочных минералов и ионно-обменные процессы в системе вода-порода; минеральная трансформация глинистых продуктов; метаморфизм рассеянного органического вещества; восстановление сульфатов до сероводорода; (Шварцев, 1996). Итогом всех процессов является разложение ОВ, обогащение вод биогенными компонентами Г, В⁻, NH₄⁻, выделение в водорастворенную и свободную фазу значительных количеств метана, азота, СО₂ и различных ТУ, формирование восстановительной обстановки поступление в жидкую фазу определенного количества химических элементов.

Результаты проведенного анализа позволили выявить источники компонентов солевого состава исследуемых вод и определить механизмы их перехода в водный раствор. На всем протяжении осадконакопления водный раствор взаимодействуя с горной породой, формирует вторичные минералы. Наиболее длительное их взаимодействие обеспечивает поступление элементов в подземные воды, что, в конечном итоге, влияет на характер гео-

химической среды и перераспределение элементов между жидкой и твердой фазами. В итоге формирование химического состава подземных вод происходит в результате обмена веществом с твердой фазой, что приводит к поступлению в водный раствор катионов металлов Na^+ , Ca^{2+} , K , Mg^{2+} , Fe^{2+} , а также SiO_2 , Al_2O_3 и HCO_3^- ; наиболее подвижные катионы остаются в растворе – Na^+ ; насыщение подземных вод окислами Si и Al приводит к равновесию с каолинитом и выпадением его из раствора; подземные воды насыщенные катионами Ca^{2+} и HCO_3^- формируют и осаждают кальцит; ионы K^+ связываются в кристаллической решетке мусковита, иллита и ССМ; часть катионов Na^+ , Ca^{2+} , K и входит в состав смектитов, Mg в состав хлоритов; в единичных случаях насыщение подземных вод Na^+ приводит к установлению равновесного состояния с альбитом и его регенерации. Тем самым его накопление в растворе замедляется и происходит накопление в нем Ca^{2+} .

Глава 6. Поисковые гидрогеохимические критерии нефтегазоносности

В главе рассмотрены основные группы гидрогеологических показателей нефтегазоносности, дана оценка гидрогеологических условий определяющих формирование, накопление и сохранение залежей нефти и газа.

В результате многолетних исследований проводимых сотрудниками ТО СНИИГИМС, ТФ ИГНГ и ТПУ В.Г. Ивановым, А.Д. Назаровым, А.Т. Жуковой, М.П. Кропаниной, В.В. Трушкиным и др. с учетом особенностей геологического строения Томской области определен следующий набор гидрогеологических показателей: общегидрогеологические, гидродинамические, гидрогеохимические, органические, газовые, геотермические и палеогидрогеологические.

Гидрогеохимические показатели нефтегазоносности. Анализ всех этих критериев показал, что наиболее важными нефтегазопроисковыми признаками являются газонасыщенность подземных вод, состав водорастворенных газов, присутствие NH_4^+ , I, B, Br и органических веществ, а также гидрогеохимическая среда подземных вод, степень гидрогеологической закрытости недр и возможность протекания тех или иных химических и биохимических процессов.

Приконтурные и законтурные воды месторождений в наибольшей степени обогащены водорастворенными газами (до 2,2-3,5 $\text{м}^3/\text{м}^3$) с высоким содержанием метана (87-95об.%) и суммы тяжелых углеводородов (2 – 4,9об.%, в единичных случаях до 38 об.%). А такие компоненты как NH_4^+ , I, B, Br и органические вещества формируют ореолы рас-

сеяния как в результате их фильтрационно-диффузионного перемещения из залежи в пластовые воды, так и за счет концентрирования захороняющихся седиментационных вод. Поэтому достаточно часто подземные воды нефтегазовых месторождений имеют повышенную соленость и всегда низкое содержание сульфатов. Однако гидрогеохимический фон зон локализации углеводородных залежей может сопровождаться снижением минерализации подземных вод (Шиганова, 1997).

Оценка перспектив нефтегазоносности осадочного чехла региона дана на основании гидрогеохимических критериев нефтегазоносности. В неокомском водоносном комплексе ($K_{1kl}-K_{1-vr}$) по гидрогеохимическим данным наиболее перспективными районами являются впадины и области сочленения с мегавалами и сводами в восточной части бассейна. Примером могут служить участки ограниченные площадями Фестивальной и Южно-Черемшанская, где распространены соленые высоко метаморфизованные воды с общей минерализацией 19-21 г/л, обогащенные йодом (9,2-11,9 мг/л), бромом (53,3-64,3 мг/л), бором (16,2-27,5 мг/л) с высокой газонасыщенностью ($2,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$) и содержаниями суммы ТУ (до 2,9 об.%).

В верхнеюрских отложениях наиболее перспективными являются северо-восточные, восточные и юго-западные районы бассейна, отличающиеся высокой степенью метаморфизации подземных вод, где соленость вод изменяется от 22 до 42,8 г/л. Отмечается насыщенность пластовых вод биогенными компонентами, I (5,5-11,3 мг/л), Br (45-125 мг/л), B (35-104 мг/л) и водорастворенными газами ($1,6-3,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$) с высокими содержаниями сумм ТУ (до 4,9 об.%, а по скв. Южно-Черемшанской, 336 – 26 об.%). Очаги их максимального содержания тяготеют к восточному борту впадины.

Интерес для поиска, несомненно, представляют ниже-среднеюрские отложения с весьма сложной, многоярусной системой коллекторов и экранов. Перспективные участки, связанные с отложениями нижней юры ($Ю_{16-17}$, $Ю_{14-15}$), где генератором УВ выступает тогурская свита, территориально расположены в северо-восточной, восточной и юго-западной частях Нюрольского бассейна. Подземные воды здесь высокометаморфизованные, с содержанием солей от 30 до 38 г/л, высокими концентрациями NH_4^+ (34 - 75 мг/л), Br (52 до 110,7 мг/л) и I (5,4 до 14,9 мг/л). В среднеюрских отложениях перспективными можно считать группы пластов $Ю_{2-5}$ в восточной части бассейна, где установлено внедрение седиментационных вод из отложений баженовской свиты, которая является нефтематеринской с высокой генерационной способностью.

Заключение

Основные результаты проделанной работы сводятся к следующему.

1. В гидрогеологическом отношении Нюрольская впадина представляет собой артезианский бассейн, заполненный преимущественно седиментационными водами, формирующими элизионный тип режима.

2. Для бассейна характерна нормальная вертикальная гидродинамическая и гидрогеохимическая зональность, которая местами нарушается вследствие внедрения вод из одного комплекса в другой. Внедрения современных инфильтрационных вод в юрские отложения не установлено.

3. Подземные воды меловых отложений, сформировавшиеся, в основном, в прибрежно-морских и континентальных условиях существенно не изменены, и значительно метаморфизированы.

4. Воды верхнеюрского комплекса, сформировавшиеся в морских отложениях, являются типичными седиментационными с умеренной степенью метаморфизации.

5. В ниже-среднеюрском водоносном комплексе отмечается более сложная картина, которая в полной мере обусловлена континентальными условиями осадконакопления в аален-батское время, ингрессией моря в раннем тоаре и внедрением в них седиментационных вод из выше- и нижележащих отложений. Процессы внедрения седиментационных вод наиболее интенсивно происходили в верхних горизонтах из отложений баженовской свиты, а в нижних – из палеозойских образований в местах наличия проницаемых образований.

6. В доюрском водоносном комплексе сохраняются практически не разбавленные соленые воды, которые при отжати и подъеме вверх частично разбавляются древними инфильтрационными.

7. Впервые для юго-восточной части Нюрольского бассейна установлена возможность перетока вод палеозойских и верхнеюрских отложений в ниже-среднеюрские.

8. Показано, что неравновесность системы вода – алюмосиликаты приводит к непрерывному процессу растворения алюмосиликатов с образованием новых карбонатных (кальцит, сидерит) и глинистых минералов (каолинит, иллит, гидрослюда, хлорит) и концентрированию в подземных водах химических элементов (Na, Ca, K, Mg).

9. Проведена оценка перспектив нефтегазоносности осадочного чехла Нюрольского бассейна по гидрогеохимическим показателям. Перспективными являются участки в севе-

ро-восточной (Ю₁,) восточной (K_{1kl}-K_{1-vr}, Ю₁, Ю₂₋₅, Ю₁₄₋₁₅, Ю₁₆₋₁₇) и юго-западной (Ю₁, Ю₁₄₋₁₅, Ю₁₆₋₁₇) частях бассейна.

Список опубликованных работ

1. Силкина Т.Н., Шварцев С.Л. Бром как критерий нефтегазоносности в условиях Томской области. - В сб. «Актуальные вопросы геологии и географии Сибири, ТГУ, 1998.- с.131
2. Силкина Т.Н. Распределение брома и йода в подземных водах нефтегазоносных районов Томской области. - В сб. «Молодежь и проблемы геологии», ТПУ, 1998.- с. 138.
3. Силкина Т.Н. Подземные воды нефтегазоносных отложений Нюрольской впадины. - В сб. Матер. третьего межд. науч. симп. им. академика М. А. Усова "Проблемы геологии и освоения недр", ТПУ, 1999.- с. 114.
4. Силкина Т.Н. Гидрогеологические условия нефтегазоносных отложений Нюрольского седиментационного бассейна (Томская область). -В сб. "Матер. регион. конф. 300 лет геол. службы России", Томск, 2000.-с. 412-415
5. Иванов В.Г., Силкина Т.Н., Янковский В.В. Распространение йода в подземных водах нефтегазоносных отложений Томской области // Обской вестник», 2001, № 1-2.-с.30-35
6. Жуковская Е.А., Силкина Т.Н. Равновесие подземных вод юрских нефтегазоносных отложений Нюрольского осадочного бассейна с кальцитом и сидеритом // Обской вестник», 2001, № 1-2.-с.71-75.
7. Шварцев С.Л., Силкина Т.Н., Жуковская Е.А., Трушкин В.В. Подземные воды нефтегазоносных отложений Нюрольского осадочного бассейна (Томская область) //Геология и геофизика, 2002, принята к печати.