

На правах рукописи



Турышев Вячеслав Валерьевич

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕТРОФИЗИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МАТЕРИАЛОВ
СТАЦИОНАРНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ МЕТОДОВ ГИС (НА ПРИМЕРЕ
НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Специальность 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков
полезных ископаемых

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2006

Работа выполнена в Томском политехническом университете и Федеральном государственном унитарном предприятии “Западно-Сибирский научно-исследовательский институт геологии и геофизики” (ФГУП ЗапСибНИИГГ)

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
профессор Ерофеев Л.Я.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Резванов Р.А.

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент Меркулов В.П.

Ведущая организация: ОАО НПП “Научно-исследовательский
и проектно-конструкторский институт
геофизических исследований скважин”

Защита состоится 8 декабря 2006 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета К212.269.01 в Томском политехническом университете по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, корпус 1, ауд. 210.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ТПУ.

Автореферат разослан 2 ноября 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного
совета,
к.г.-м.н., доцент



Потелуев А.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Повышение эффективности геофизических исследований скважин при поисках и разведке месторождений углеводородов в условиях сложнопостроенных терригенных разрезов предопределяет внедрение новых и усовершенствование традиционных методов ГИС, в том числе радиоактивных.

В состав обязательных комплексов геофизических исследований глубоких разведочных и эксплуатационных скважин месторождений Западно-Сибирской низменности (ЗСН) входят следующие радиоактивные методы: естественной гамма-активности (ГМ), нейтрон-нейтронный по тепловым нейтронам (ННМ-Т) и гамма-гамма-плотностной (ГГМ-П). Все перечисленные методы нуждаются в надежном петрофизическом обеспечении на представительном каменном материале.

Данные гамма-метода могут привлекаться к решению качественных и количественных геологических задач. Для обоснования скважинных замеров в интегральном и дифференциальном вариантах метода необходимы сведения как об общей удельной радиоактивности горных пород, так и раздельном массовом содержании в них радионуклидов урана, тория и калия, требующие специального лабораторного оборудования и целенаправленного изучения образцов керна.

Вопрос петрофизического и методического обеспечения интерпретации материалов нейтронометрии также представляется весьма актуальным. Предыдущими исследованиями показано, что значительная доля химически связанной воды полимиктовых коллекторов находится в их алевритовой и частично псаммитовой фракции. Таким образом, необходима методика определения пористости, учитывающая поправку за влияние водосодержания полного объема минеральной части исследуемых пород.

Повышение точности и информативности скважинных измерений требует лабораторной разработки опорных петрофизических моделей ядерно-физических параметров, в первую очередь гамма-спектрометрических, и методического обеспечения интерпретации радиоактивных свойств, ориентированного на конкретный изучаемый геологический объект.

Целью диссертационной работы явилось повышение эффективности комплексной интерпретации материалов ГИС при поисках, разведке и разработке месторождений нефти и газа путем усовершенствования петрофизического обеспечения методов ГМ (ГМ-С), ННМ-Т и ГГМ-П в условиях сложного поликомпонентного разреза.

При этом решались следующие задачи.

1. Выяснение закономерностей изменения содержаний естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ) в физико-литологических типах горных пород основных продуктивных комплексов мелового и юрского возраста Западной Сибири.

2. Исследование распределения ЕРЭ по минеральному и гранулометрическому составу терригенных пород.

3. Изучение возможностей радиоактивных методов при стратиграфическом и литологическом расчленении разрезов, выделении пород-коллекторов.

4. Обоснование определения массовой глинистости, содержания мелкоалевритовой фракции, водородосодержания твердой фазы, водоудерживающей способности и фильтрационно-емкостных свойств коллекторов (абсолютной проницаемости, открытой пористости) по данным ГМ и ННМ-Т.

Объекты исследования.

Непосредственным объектом исследования явились более 4400 образцов осадочных и магматических пород мелового, юрского и доюрского возраста, слагающих разрезы 92 месторождений углеводородов Западно-Сибирской провинции.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- предложен способ литологического расчленения разрезов скважин и прогнозирования пород-коллекторов с использованием материалов гамма-метода и гамма-гамма-плотностного метода для продуктивных пластов тюменской свиты и ачимовской пачки Широкого Приобья;

- выполнено обоснование количественного определения гранулометрического состава и фильтрационно-емкостных свойств юрских отложений Красноленинского, Сургутского, Нижневартовского и Вэнгапуровского нефтегазоносных районов Западной Сибири по материалам гамма- и нейтронметрии скважин;

- даны рекомендации по применению интегральной и спектральной модификаций метода естественной радиоактивности и использованию соответствующих каналов аппаратуры ГК-С в продуктивных отложениях различных нефтегазоносных районов ЗСН.

Практическая ценность работы состоит в повышении эффективности геологической интерпретации материалов ГИС при обосновании подсчетных параметров продуктивных пластов Западно-Сибирской провинции.

Основные защищаемые положения:

1. В большинстве нефтегазоносных пластов ЗСН наблюдаются широкие интервалы варьирования содержаний естественных радиоактивных элементов с одновременным возрастанием их в ряду песчаники – алевролиты – аргиллиты; радиоактивность пород обусловлена преимущественно калием и торием. В отложениях пород пластов АВ и БВ, испытывавших влияние северных источников сноса обломочного материала, возрастает роль уран-ториевого компонента радиоактивности.

2. Гамма-активность пород юрского продуктивного комплекса сформирована присутствием глинозема, мелкоалевритовой фракции, гидрослюдисто-хлоритового минерального компонента глин, органического углерода – в аргиллитах баженовской свиты. Выявленный дисперсионный тип накопления радиоэлементов служит петрофизической предпосылкой

количественной оценки адсорбционных и фильтрационно-емкостных свойств коллекторов юрского возраста по результатам интегральной гамма-метрии.

3. При решении задачи стратиграфической корреляции разрезов скважин наиболее надежно производится выделение регионального репера – баженовской свиты по аномальным содержаниям урана и высоким значениям общей радиоактивности; геохимический показатель Th/U в условиях Западной Сибири не может быть признан достаточно информативным. Литологическая типизация и выделение проницаемых пород осуществляются комплексным использованием радиоактивных методов.

4. Количественное определение глинистости, пористости, проницаемости, остаточной водонасыщенности, водородосодержания твердой фазы производится отдельными радиоактивными методами или их комплексированием с учетом геологических особенностей изучаемых отложений и предварительным установлением промежуточных петрофизических зависимостей между радиоактивными, коллекторскими и адсорбционными свойствами, при этом в зависимости от специфических условий геосреды может быть востребована либо интегральная, либо дифференциальная модификация гамма-метода.

5. Для отложений Западной Сибири в целом при проведении гамма-спектрометрических исследований рекомендуется наряду с общепринятыми измерительными каналами использование уран-ториевого канала в песчано-глинистом разрезе неокомского и юрского возраста и калий-ториевого – при изучении интервалов залегания пород баженовской свиты.

Апробация работы.

Основные результаты работы докладывались на семинаре-совещании “Пути повышения эффективности геологической интерпретации геофизических исследований скважин при разведке, эксплуатации и подсчете запасов месторождений нефти и газа Западной Сибири” (Тюмень, 1997), Международной конференции “Ядерная геофизика” (Краков, 1997), Международной конференции и Выставке по геофизическим исследованиям скважин “МОСКВА-98” (Москва, 1998), Всероссийской научной конференции “Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна” (Тюмень, 2000), научно-практической конференции “Современная ядерная геофизика при поисках, разведке и разработке нефтегазовых месторождений” (Бугульма, 2001), Международной научно-технической конференции “Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства” (Томск, 2001), Всероссийской научно-технической конференции “Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях” (Томск, 2003), Научно-практической конференции “Комплексные ядерно-геофизические технологии исследования нефтегазовых и рудных скважин в России и СНГ” (Санкт-Петербург, 2004), Всероссийском научно-практическом семинаре “Состояние петрофизического обеспечения ядерно-геофизических, акустических и других методов ГИС” (Тверь, 2005).

По результатам проведенных исследований опубликовано 14 печатных работ, в том числе одна работа в журнале, рекомендованном ВАК.

Структура работы.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, библиографического списка из 110 наименований и 3-х текстовых приложений. Общий объем работы включает 133 страницы машинописного текста, 67 иллюстраций, 38 таблиц.

Научным руководителем работы является заведующий кафедрой геофизики Томского политехнического университета, профессор, д.г.-м.н. Л.Я.Ерофеев, которому автор выражает глубокую благодарность.

Автор пользуется возможностью выразить признательность к.г.-м.н. В.В.Хабарову, к.г.-м.н. Е.Н.Волкову, к.г.-м.н. Г.С.Кузнецову, к.г.-м.н. Н.А.Ирбэ, к.г.-м.н. В.Г.Мамяшеву, к.г.-м.н. В.М.Теплоухову, к.г.-м.н. Г.Г.Номоконовой, к.г.-м.н. В.А.Ефимову, к.г.-м.н. А.В.Мальшакову, к.г.-м.н. Л.М.Дорогиницкой за практические советы, консультации и обсуждение результатов работы; д.ф.-м.н., профессору Г.М.Голошубину, д.г.-м.н., профессору А.А.Дорошенко, А.Р.Малыку, д.т.н., профессору В.В.Ждановичу, к.г.-м.н. В.А.Филатову, к.г.-м.н. Ю.В.Ознобихину, к.г.-м.н. Е.А.Романову, к.г.-м.н. В.М.Ильину, к.г.-м.н. Т.А.Коровиной, Е.П.Кропотовой, С.А.Чухланцеву, Б.Я.Глушакову, А.В.Барановской, В.В.Бутенко, С.Ф.Панову, В.К.Кружиновой, Г.А.Фомину, Е.П.Селезневой, А.Н.Глебовой за предоставленную организационную и методическую помощь; А.А.Костылеву, С.Л.Сторожевой, А.К.Дружинину, Г.А.Журавлеву, М.М.Куприной, Л.А.Кореневой за плодотворное творческое и техническое сотрудничество с автором в решении поставленных научно-исследовательских задач.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приводится геолого-геофизическая и ядерно-физическая характеристика изучаемых групп продуктивных пластов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (рис.1).

Сложными в геологическом отношении считаются глубокозалегающие породы отложений юрского возраста – тюменской, васюганской (абалакской) и баженовской свиты, обладающие неоднородной структурой, уплотненностью, повышенным содержанием цемента и низкими фильтрационно-емкостными свойствами. Традиционно рассматриваются как сложнопостроенные породы ачимовского продуктивного комплекса и пластов АВ₁₋₅.

Особенности строения вышеназванных геологических объектов существенно ограничивают использование данных стандартной электрометрии скважин. Так, породы тюменской свиты (пласты Ю₂₋₁₂) характеризуются чередованием низкоомных (5-10 Ом) и высокоомных (более 20 Ом) пропластков. Частое переслаивание отложений, экранирующие свойства тонких высокоомных пластов, уплотненность пород, достаточно высокая пиритизация, искажения диаграмм СП окислительно-восстановительными потенциалами затрудняют выделение и индексацию продуктивных горизонтов в тюменской свите. При интерпретации ГИС не исключена возможность ошибок I и II рода, когда пласты, обладающие качественными признаками коллектора, не дают

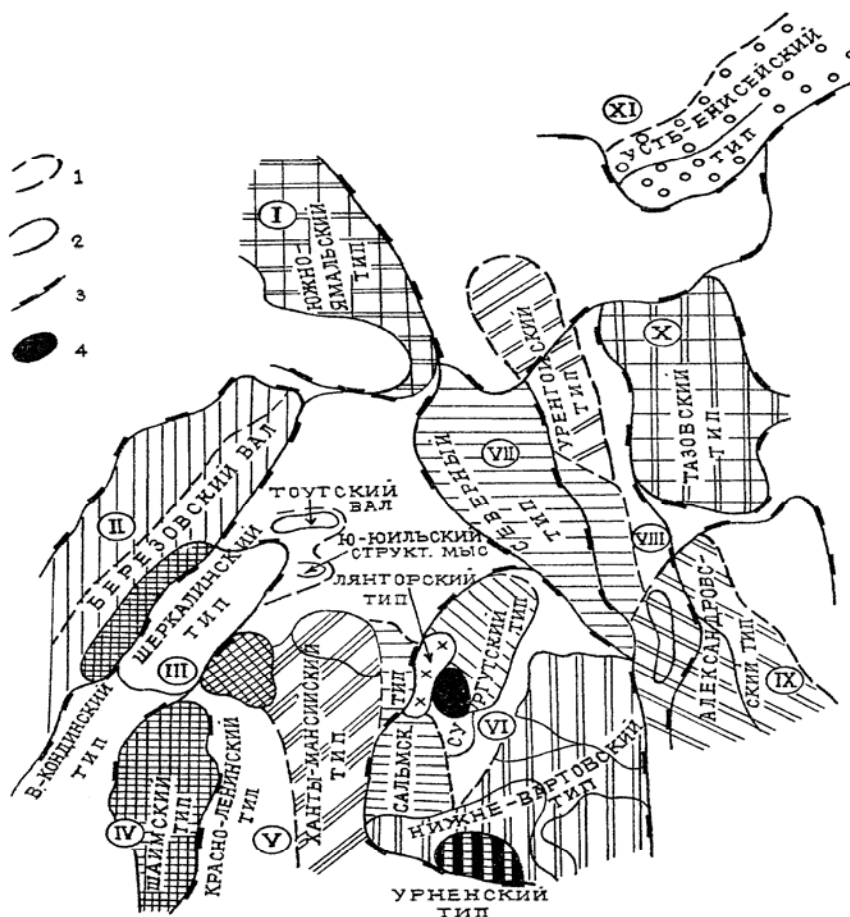


Рис.1. Схема распространения однотипных геолого-геофизических разрезов нефтегазоносных областей Западно-Сибирской низменности (по Н.А.Ирбэ)

1 – границы распространения геофизически однотипных разрезов;
 2 – границы структур II порядка; 3 – границы надпорядковых региональных структур и зон плиты. Надпорядковые региональные структуры: I – Пайхойская гемиянтеклиза; II – Северо-Сосвинская гряда; III – Конда-Лыхминский желоб; IV – Шанм-Туринская гемиянтеклиза; V – Мансийская синеклиза; VI – Хантейская антеклиза; VII – Центральная зона поднятий; VIII – Колтогорско-Пуровский желоб; IX – Вахская антеклиза; X – Тазовская зона поднятий; XI – Енисейско-Хатангский региональный прогиб.
 4 – Усть-Балыкский тип разреза

притока или оказываются продуктивными без соответствующей геофизической характеристики.

В связи с этим особое внимание привлекают радиоактивные методы изучения скважин, показания которых в незначительной степени зависят от текстурно-структурного строения пород. Появление в последние годы отечественной термобароустойчивой аппаратуры и современных технологий обработки и интерпретации данных ГМ-С (В.В.Миллер, Е.М.Кадисов, Г.А.Калмыков, Д.А.Кожевников, Р.Т.Хаматдинов, Ф.Х.Еникеева, Э.Г.Урманов и др.), ИНГКС и ЯМК-ИП создает перспективы повышения геологической информативности комплекса ГИС в сложнопостроенных разрезах.

Во второй главе рассматриваются особенности содержания естественных радиоактивных элементов в физико-литологических типах осадочных пород основных нефтегазоносных комплексов Западной Сибири.

В отложениях пластов группы ПК, АС₄₋₁₂, БС₁₋₁₄, ЮК₁₋₆, ЮС₁₋₆, ЮВ₁₋₁₂ содержание калия приближается либо превышает кларковое для песчано-алевролитовых разностей и понижено в аргиллитах, содержания урана и тория понижены во всех видах пород. Породы пластов АВ₁₋₈, БВ₆₋₁₀ отмечаются повышенными концентрациями урана и тория во всех рассматриваемых литотипах.

В горизонтах пластов АС₄₋₁₂, БС₁₋₁₄, БС₁₇₋₂₂, ачимовской толщи Уренгойского района, ЮК₁₋₆, ЮС₁₋₆, ЮВ₁₋₁₂ и тюменской свиты Южно-Ямального района наблюдается упорядоченный тип распределения ЕРЭ и общей радиоактивности (Q_{γ}) по степени дисперсности с возрастанием в ряду песчаники – алевролиты – аргиллиты. Алевролитовые породы пластов ПК₂₁, АВ₁₋₈ и БВ₆₋₁₀ характеризуются повышенной гамма-активностью, имеющей уран-ториевое происхождение.

Повышенные значения ЕРЭ в алевролитах пластов индексации В объясняются минералогическими особенностями пород Нижневартовского свода. В этом районе отмечается увеличение содержания полевых шпатов и тяжелых минералов - эпидота, сфена, титанистых и апатита относительно пород пластов С, связанное с активностью северных региональных источников сноса. Общее увеличение радиоактивности пласта АВ₁, кроме отмеченных факторов, обусловлено его повышенной глинизацией сравнительно с осадками пластов АС.

Радиоактивность пород пластов ПК₁, АС₄₋₁₂, БС₁₋₁₄, БС₁₇₋₂₂, БУ₁₀, ачимовской пачки Уренгойского района, Б₁₋₈ (ТП) Южно-Ямального района, ЮС₁, ЮВ₁, ЮК₂₋₆, ЮС₂₋₆, ЮВ₂₋₃, тюменской свиты Уренгойского и Южно-Ямального районов сформирована преимущественно калием и торием. В породах пластов ПК₂₁, АВ₁₋₈, БВ₆₋₁₀, П (ЮК₁), ЮВ₁₀₋₁₂ вклад урана в общую радиоактивность сопоставим с вкладами тория и калия либо становится преобладающим. Для пород мезозойского возраста отмечается снижение вклада калия от песчаников к аргиллитам (45,1-37,3%) и увеличение вклада урана в отмеченном направлении (21,4-26,8%), вклад тория по литологии менее дифференцирован (33,0-36,0%).

В региональном плане для отложений пластов группы ПК от Красноленинского (ПК₂₁) к Южно-Ямальному (ПК₁) району значения концентраций урана и общей радиоактивности понижаются. От пластов АС и БС к формациям АВ и БВ наблюдается повышение содержаний ЕРЭ и общей радиоактивности и уменьшение их значений в породах пластов групп БУ и ТП, объясняемое принадлежностью названных групп пластов к различным минералогическим провинциям.

В юрском комплексе по сравнению с меловым дифференциация содержаний ЕРЭ и удельной радиоактивности по степени заглинизированности пород выражена более резко, что связано с уменьшением количества калийсодержащих минералов в песчано-алевролитовых фракциях и преобладанием высокоактивных гидрослюдистых минералов в аргиллитах.

В интервалах пластов АВ₁₋₅, БС, ЮВ₁, ЮС₁, ЮК₂₋₆, ЮС₂₋₆ присутствуют песчаники с аномально высокими содержаниями урана (до 11 г/т) и (или) тория

(до 20-25 г/т). В породах пластов БС₁₆₋₂₂, ЮС₁, ЮС₂₋₆ отмечены песчаники с повышенным до 8-9% содержанием калия. Общая удельная радиоактивность указанных пород варьирует от 4 до 9 пг-эквRa/г, то есть сопоставима с радиоактивностью аргиллитов.

В отложениях мезозойского возраста наблюдаются широкие диапазоны варьирования концентраций радиоэлементов во всех литотипах (К – 0,19-8,29%, U – 0,13-15,76 г/т, Th – 0,26-26,21 г/т), обусловленные недостаточной степенью отсортированности полимиктовых пород, наличием нескольких питающих провинций и неоднородностью фациальных условий осадконакопления. Одновременно выявляется упорядоченный тип распределения содержаний ЕРЭ и общей радиоактивности по возрастанию дисперсности мезозойских осадков (табл.1). Низкие средние концентрации U и Th в изучаемых отложениях связаны с невысокими содержаниями их в породах источников сноса обломочного материала.

Третья глава посвящена изучению закономерностей распределения радиоэлементов по минеральному и гранулометрическому составу пород-коллекторов Западно-Сибирского региона.

Зависимость ЕРЭ и удельной радиоактивности от содержания *глинозема, кремнезема и кремний-алюминиевого модуля* изучена для пород тюменской свиты на Ем-Еговском и Пальяновском месторождениях. Наиболее тесной корреляционной связью ($r=0,80$) с количеством глинозема обладает калий. Выявленная особенность представляется закономерной, поскольку глинозем присутствует в кристаллической решетке основных калийсодержащих минералов - полевых шпатов, слюд и глин. Вместе с тем значительной связью с этим соединением отмечается суммарная активность урана и тория ($r=0,70$), что приводит к увеличению коэффициента корреляции общей радиоактивности с концентрацией Al_2O_3 до 0,81.

Полученные результаты позволяют заключить, что в юрских отложениях Красноленинского района уран, торий и калий присутствуют главным образом в глинистой составляющей, а последний, кроме того, в калиевых минеральных компонентах кластической части исследуемых отложений.

Высоко вероятной считается обусловленность содержания урана *органическим веществом* в глинах и аргиллитах отложений Западной Сибири. Уверенная корреляционная связь урана и твердого органического вещества с коэффициентом корреляции 0,82 характеризует отложения баженовской свиты Салымского месторождения. По-видимому, основным фактором адсорбции урана органическим компонентом следует считать наличие существования резко восстановительной обстановки в период седиментогенеза, способствовавшей осаждению из раствора четырехвалентных катионов урана. Такие условия, определившие значительную тесноту связи $C_u - C_{орг}$, существовали преимущественно в волжском веке при накоплении битуминозных толщ баженовской свиты.

Предыдущими исследованиями (И.Н.Ушатинский, О.Г.Зарипов, 1978; Е.И.Леонтьев, 1974; В.В.Хабаров, 1992) установлено существенное влияние *минерального состава глинистого цемента* пород-коллекторов на их

Таблица 1

**Пределы изменения и средние значения ядерно-физических свойств
пород мезозойских отложений Западной Сибири**

Лито- логический тип	Кол- во обр.	K, %	U, г/т	Th, г/т	Q _γ , пг- эквRa/г	Q _{u+Th} , пг- эквRa/г	Вклад калия, %	Вклад урана, %	Вклад тория, %
Песчаники	1533	<u>0,19-8,29</u> 1,91	<u>0,21-10,70</u> 1,53	<u>0,26-26,21</u> 5,41	<u>0,46-8,89</u> 2,26	<u>0,17-6,92</u> 1,27	<u>3,1-86,9</u> 45,1	<u>3,4-79,3</u> 21,4	2,2- <u>71,5</u> 33,0
Алевро- литы	418	<u>0,38-5,42</u> 1,95	<u>0,13-8,76</u> 1,96	<u>1,05-16,45</u> 7,14	<u>0,60-5,28</u> 2,64	<u>0,38-5,93</u> 1,65	<u>14,9-73,2</u> 38,9	<u>6,5-70,3</u> 23,9	6,6- <u>58,5</u> 37,1
Аргиллиты	506	<u>0,52-6,00</u> 2,22	<u>0,46-15,76</u> 2,56	<u>1,93-21,46</u> 8,07	<u>0,81-10,50</u> 3,13	<u>0,47-7,61</u> 1,97	<u>9,4-78,7</u> 37,3	<u>4,3-83,1</u> 26,8	5,3- <u>57,2</u> 36,0
Переслаи- вание песчани- ков, алевроли- тов и аргиллитов	209	<u>0,54-4,08</u> 2,10	<u>0,52-7,50</u> 2,32	<u>1,26-20,63</u> 7,17	<u>1,08-5,25</u> 2,87	<u>0,41-3,58</u> 1,76	<u>18,4-75,5</u> 38,9	<u>5,3-63,6</u> 26,4	8,6- <u>59,2</u> 34,9

фильтрационно-емкостные и нефтеотдающие свойства. В этой связи представляют интерес особенности присутствия радиоизотопов в основных минеральных типах глин.

На коллекциях образцов разновозрастных отложений Красноленинского, Сургутского, Нижневартовского и Вэнгапуровского нефтегазоносных районов изучены зависимости содержаний ЕРЭ от присутствия в цементе пород каолинитовых, хлоритовых, гидрослюдистых и смешаннослойных глинистых ассоциаций. Можно констатировать преобладание в рассмотренных отложениях умеренных и слабых отрицательных связей ЕРЭ с содержанием каолинита и схожих положительных - с гидрослюдистыми минералами. Смешаннослойные образования ряда гидрослюда - монтмориillonит характеризуются средними значениями радиоактивности. Соотношения содержаний радиоэлементов и хлорита не позволяют говорить о какой-либо устойчивой тенденции.

Нетрадиционно выглядят данные по юрскому комплексу пород Нижневартовского свода, где получены сильные положительные

корреляционные связи хлоритовой ассоциации с содержанием урана, тория и общей радиоактивностью ($r=0,80-0,83$); невысокая связь ($r=0,43$) установлена между содержаниями калия и гидрослюд. Повышенная гамма-активность хлоритового компонента может быть связана со значительными сорбционными свойствами его ранней – аллотигенной пленочной разновидности, интенсивно осаждавшей катионы урана и тория на стадии диагенеза. Отсутствие корреляции между гидрослюдой и калием в области его низких значений можно объяснить принадлежностью последнего к обломочной части песчано-алевритовых пород.

Распределение естественных радиоактивных элементов по *гранулометрическому составу* горных пород-коллекторов рассмотрено на примере песчано-алевролитовых разностей юрского возраста Краснотинского, Сургутского, Нижневартовского и Вэнгапуровского нефтегазоносных районов.

По всем изученным типам разрезов фиксируются устойчивые отрицательные взаимосвязи урана, тория и в меньшей степени калия с содержанием псаммитовых фракций, в то же время тонкозернистая алевритовая составляющая отмечается повышенной аккумуляцией ЕРЭ. Наиболее значимы коэффициенты корреляции общей радиоактивности с фракциями размером 0,25-0,1 мм и 0,05-0,01 мм пород Нижневартовского свода ($r = -0,85$ и $0,89$ соответственно) и фракцией 0,05-0,01мм пород Вэнгапуровского района ($r = 0,89$).

В четвертой главе рассмотрены вопросы петрофизического обеспечения геологической интерпретации стационарных радиоактивных методов ГИС.

Возможность *стратификации разрезов* и корреляции разновозрастных горизонтов по данным ГМ и ГМ-С обоснована работами В.Х.Фертла, Р.П.Готтих, Ф.А.Алексеева, Д.И.Лейпунской, Н.Л.Тихомировой, Г.Б.Варварина, Э.Г.Урманова, Д.А.Кожевникова, В.В.Хабарова, Е.Н.Волкова и других специалистов.

Выявлены следующие особенности присутствия радиоэлементов в основных геохронологических группах отложений Западной Сибири.

Содержание к а л и я в значительной степени опосредовано литолого-минералогическим составом пород, что наиболее отчетливо проявляется в аргиллитовых разностях.

При значительном диапазоне изменения содержаний у р а н а во всех стратиграфических комплексах и лито-физических типах пород (1-10 г/т) модальные его значения стабильны по разрезу и составляют 2-3 г/т. Иной характер распределения урана наблюдается в глубоководных отложениях волжского века (баженовская свита). В указанный период в восстановительной физико-химической обстановке происходила интенсивная сорбция водородного урана сапропелевым органическим веществом. Содержания урана в породах волжского яруса колеблются от 10 до 100 г/т и выше при преобладающих значениях 10-50 г/т. Отмеченная характеристика баженовской свиты позволяет рассматривать ее в качестве основного стратиграфического

репера Западной Сибири, выделяемого по высоким значениям естественной радиоактивности уранового происхождения.

Содержание т о р и я отмечается значительной вариацией значений во всех литостратиграфических горизонтах и колеблется от 2 до 18 г/т. Гистограммы Th показывают превышение его концентраций в глинистых разностях относительно песчаных, обусловленное адсорбционной природой накопления элемента.

Отсутствие дифференцированности геохимического показателя Th/U в отложениях различного фациального генезиса объясняется особенностями форм переноса и осаждения тория и урана в древнем седиментационном бассейне. Миграция тория в зоне гипергенеза осуществляется преимущественно в двух формах - с обломками минералов и в сорбированном виде, уран переносится также и в растворенном состоянии. В континентальной и морской области Западно-Сибирского палеобассейна преобладала сорбционная форма накопления Th и U на поверхности глинистых частиц, минеральный же компонент и органическое вещество имели подчиненное значение. Отмеченное обстоятельство обусловило индифферентность соотношения урана и тория по всему спектру литолого-фациальных обстановок образования осадков. Физико-химические условия волжского века, при которых получила развитие растворенная форма урана, определили иное соотношение тория и урана со значительной долей последнего и вследствие этого высокую информативность показателя Th/U.

Актуальной представляется задача *литологической классификации* осадочных пород Западно-Сибирского региона и *выделения коллекторов* по данным методов радиометрии скважин. Основанием для расчленения геологических разрезов по литологическому признаку с использованием гамма-метода служат закономерности распределения ЕРЭ в различных лито-физических типах осадочных пород.

При сопоставлении коэффициентов дифференциации песчаников и аргиллитов наблюдается некоторое преобладание расчленяющей способности урана (1,68) и тория (1,55) над калием (1,24). Породы пластов группы Б более контрастны по ядерно-физическим свойствам сравнительно с породами пластов группы А; отложения Сургутского свода (пласты С) лучше расчленены по сравнению с породами Нижневартовского района (пласты В).

При литологическом разделении пород пластов ПК наибольшей достоверностью обладает уран, пластов группы А – торий, пластов группы Б – уран-ториевая и общая удельная радиоактивность, пластов Ю₁ – содержание тория, общая и уран-ториевая радиоактивность, пород тюменской свиты - уран-ториевая и общая радиоактивность. Калий информативен в отложениях юрского возраста и в пластах группы Б. Значительна достоверность процентных вкладов калия и урана в породах пластов ПК и А.

Расчленяющая способность гамма-метрии при выделении трех основных типов осадочных пород – песчаников, алевролитов и аргиллитов — позволяет разделять в большинстве случаев лишь чистые песчаники и аргиллиты. Наиболее уверенно опознаются породы, радиоактивность которых не связана с

глинистой частью – эффузивы основного состава (пониженные значения ядерно-физических свойств) и битуминозные аргиллиты с повышенным содержанием ОБ (положительные аномалии урана). Уплотненные и углистые породы однозначными характеристиками показаний гамма-метода не обладают.

Особенности распределения суммарного водородосодержания и водосодержания твердой фазы в породах Западной Сибири свидетельствуют об ограниченности возможностей нейтрометрии при расчленении терригенного разреза. Диапазоны изменения W_{Σ} глин, алевролитов и песчаников перекрываются, средние значения близки: соответственно, 21,3; 19,7; 21,0 (%). Пониженной влажностью (12,7%) отмечаются уплотненные песчаные разновидности, повышенной – битуминозные (32,0%, пласт Ю₀) и углистые (43,7%, пласт ЮС₂₋₃) породы. Значения $W_{\text{тв}}$ последовательно увеличиваются от песчаников (7,7%) к аргиллитам (14,6%), что представляется вполне закономерным вследствие возрастания в указанном ряду количества связанной воды.

Ввиду всего вышеизложенного, представляется актуальной необходимость комплексирования материалов радиоактивных методов, а также методов ГИС, считающихся базовыми при проведении литологической дифференциации – СП, кавернометрией, методами определения удельного сопротивления и проводимости (БМ, МКЗ, ИМ). Особенно важно это в юрских разрезах, содержащих породы с большим количеством карбонатного цемента, высокорadioактивные песчаники и углистые разности.

Одной из основных геологических задач, решаемых по результатам количественной интерпретации гамма-метода, является определение *весовой глинистости* пород-коллекторов.

В породах васюганской и тюменской свит месторождений Нижневартовского свода наблюдаются четкие корреляционные зависимости U , Th , Q_{γ} и Q_{u+th} ($r=0,75-0,86$) от весовой глинистости. Характер связей прямолинейный, что указывает на незначительное содержание радиоизотопов в скелетной части пород и приуроченность к тонкодисперсным фракциям.

Установленные закономерности для юрских пород Нижневартовского района вытекают из минералогических особенностей их цементирующей части. Для указанных отложений характерно наличие взаимосвязей уранового и ториевого компонента с содержанием преобладающей гидрослюдистой минеральной ассоциации, в то время как для калия корреляция неустойчива. Такое распределение естественно-radioактивных элементов по типам глинистых минералов предположительно объясняется присутствием в разрезе аллотигенных глинистых разностей и принадлежностью калия к обломочной части пород.

Тюменская свита Краснотинского свода представлена образцами пород Ем-Еговской и Талинской разведочных площадей. Средние содержания минералов глинистой фракции песчаников по данным РСА пород Талинского месторождения составляют: 67% каолинита, 24% гидрослюды, 10% хлорита.

Значимыми взаимосвязями с содержанием пелитового компонента обладают торий, калий и соответственно общая ($r=0,79$) и калий-ториевая

($r=0,83$) радиоактивность. Радиоактивные элементы соотносятся с глинистостью прямолинейной формой корреляционной взаимосвязи.

Обусловленность содержания радионуклидов степенью заглинизированности отложений Красноленинского свода объясняется характером распределения ЕРЭ по литотипам пород, возрастающим по мере увеличения адсорбционной способности (от песчаников к аргиллитам). В обломочной части песчаников, представленной кварцевым, кварцполевошпатовым и кремнисто-кварцевым материалом, радиоактивные элементы присутствуют в небольших количествах. Для алевролитов и аргиллитов характерны калийсодержащие гидрослюдистые минералы, обеспечивающие, кроме того, нахождение в них урана и тория в сорбированной форме. Пониженная теснота связи между ураном и глинистостью, по-видимому, объясняется высоким содержанием этого элемента в компонентах мелкоалевритовой фракции.

Интервал залегания пород тюменской и васюганской свит Вэнгапуровского типа разреза исследован на Новогоднем месторождении. Выборка кернa составлена из песчаных и алевролитовых проб, сцементированных гидрослюдисто-каолинитовым материалом с преобладанием первого компонента. Отмечается недостаточная взаимосвязь урана и тория с глинистостью. Значимая корреляционная связь имеет вид $C_K = f(C_{гг})$, что является характерной особенностью данных отложений.

Зависимости вида $\Delta J_\gamma = f(C_{гг})$ найдены для песчано-алевролитовых пород пластов БС₁₆₋₂₂ Восточно-Моховой площади Федоровского нефтегазового месторождения.

Таким образом, возможность количественной оценки содержания глинистого цемента коллекторов по данным гамма-метрии определяется в основном принадлежностью изучаемых пород к областям осадконакопления, характеризующимся преобладанием пленочного гидрослюдистого и хлоритового глинистого компонента аллотигенного генезиса с высокими поверхностно-активными свойствами. Такие области типичны для восточной терригенно-минералогической провинции ЗСН, включающей в себя Нижневартовский, Александровский и Вэнгапуровский типы геолого-геофизического разреза. В Сургутском районе, вследствие высокой эпигенетической каолинитизации пород, вероятность получения взаимосвязей радиоактивности с содержанием глини снижена, хотя и не исключена, что подтверждается на примере ачимовских отложений Федоровского нефтегазового месторождения.

Выполненные исследования подтверждают сделанный ранее вывод (Я.Н.Абдухаликов, 1986; О.М.Нелепченко, 1976) о неоднозначности использования в разрезах ЗСН гамма-метода для оценки степени заглинизированности пород. При этом для различных районов и стратиграфических комплексов возможно применение как интегральной, так и спектральной модификации ГМ.

Петрофизическое обоснование радиоактивных методов при определении *фильтрационно-емкостных и адсорбционных свойств* пород-коллекторов –

физической проницаемости, открытой пористости и водоудерживающей способности – рассмотрено на примере месторождений Красноленинского, Салымского, Сургутского, Нижневартовского, Александровского, Вэнгапуровского и Южно-Ямальского нефтегазоносных районов провинции.

Необходимым условием при решении задачи по величине естественной радиоактивности является наличие зависимости отмеченных свойств от глинистости, с которой генетически связаны показания ГМ. Однако в условиях полиминеральных отложений понятие “глинистость” требует уточнения, поскольку глинистый материал, наряду с присутствием в цементирующей части, может содержаться и в зернах скелетных фракций. Как показано Н.И.Нефедовой, В.Г.Мамяшевым, В.В.Хабаровым и другими исследователями, для поликомпонентных отложений Западной Сибири характерно присутствие значительного объема химически связанной воды в песчано-алевритовом компоненте. Поэтому петрофизической основой связи естественной гамма-активности с коллекторскими свойствами полимиктовых горных пород должна быть общая зависимость радиоактивности и ФЕС от адсорбционной способности.

Для осадков мелового и юрского возраста Широтного Приобья в ряде случаев установлены зависимости концентраций ЕРЭ, общей и уран-ториевой гамма-активности, коэффициентов $K_{пр}$ и $K_{вс}$ от диффузионно-адсорбционной способности. Наличие перечисленных взаимосвязей может рассматриваться в качестве предпосылки определения в благоприятных условиях фильтрационно-емкостных свойств полимиктовых пород региона по материалам гамма-метрии скважин.

Проницаемость. Коэффициент корреляции связей радиоактивных свойств пород с абсолютной проницаемостью, как правило, не превышает 0,70-0,75 (разновозрастные отложения Красноленинского, Сургутского, Нижневартовского и Александровского районов). Во всех изученных типах разреза фильтрационная способность обратно связана с содержаниями урана, тория и их суммарной радиоактивностью.

Необходимо отметить неоднозначное поведение калия в различных группах продуктивных пластов, характеризующееся как прямым (Сургутский, Нижневартовский районы), так и обратным (Красноленинский, Александровский районы) характером взаимосвязей с проницаемостью. Скорее всего, это объясняется неодинаковым минералогическим составом цемента и преобразованных зерен скелета пород-коллекторов различной возрастной и территориальной принадлежности, а также соотношением количества первичных и измененных полевых шпатов.

Наиболее интенсивных соотношений проницаемости с радиоактивными параметрами пластов следует ожидать в отложениях с пленочным типом глинистого цемента преимущественно хлоритового состава, поскольку в этом случае содержание глин пропорционально удельной поверхности фильтрации (Е.И.Леонтьев, 1974; Ф.Н.Зосимов, 1992). Учитывая неоднозначный характер связи содержания калия со степенью проницаемости пород-коллекторов мезозойских отложений Западно-Сибирского бассейна, при оценке последней

предпочтение следует отдавать спектрометрическому варианту гамма-метрии скважин.

Водоудерживающая способность. Отложения тюменской свиты Красноленинского свода отмечены интенсивными прямыми взаимосвязями водоудерживающей способности с содержанием калия ($r=0,81$) и общей радиоактивностью ($r=0,83$). В отложениях васюганской свиты Сургутского и пластов АВ₁₋₈ и БВ₆₋₁₀ Нижневартовского районов взаимосвязи содержания калия с водоудерживающей способностью носят обратный характер. Для определения величины коэффициента водоудерживающей способности по данным гамма-метрии скважин в разрезе юрских пород Красноленинского свода достаточно привлечения интегрального гамма-метода. Оценивая K_{bc} пород пластов АС₄₋₁₀, АВ₁₋₈ и БВ₆₋₁₀ при наличии более тесных регрессионных зависимостей, желательно использовать спектральный вариант гамма-метода, отображающий количественное содержание в изучаемых отложениях урана и тория.

Пористость. Благоприятными условиями для количественного определения общей (открытой) пористости по материалам ГМ являются широкий диапазон изменения значений K_n и отсутствие в породах значительных примесей карбонатного цемента. Такие условия в основном соблюдаются в пластах АС₇₋₁₀, БС₁₋₄, где на коллекциях песчано-глинистых образцов получены обратные корреляционные взаимосвязи содержаний тория, отношения Th/K, общей радиоактивности и прямые – процентного вклада калия с коэффициентом пористости. Указанные зависимости, обладая значительными коэффициентами корреляции (до 0,80-0,90), позволяют производить оценку K_n с абсолютной погрешностью $\pm 1,5-2,9\%$. Калий и уран, в меньшей степени приуроченные к глинистым минералам, пустотным пространством контролируются незначительно.

В породах валанжинского возраста и пластов ЮС₁ и ЮС₂₋₃ с пониженными коллекторскими свойствами, высокой степенью карбонатизации и углистости взаимосвязи пористости с гамма-спектрометрическими свойствами либо отсутствуют, либо характеризуются умеренной силой ($r=0,60-0,70$).

Основой определения пористости по методу нейтронометрии является зависимость величины K_n от суммарного водородосодержания, теснота которой регулируется вариациями значений водородосодержания твердой фазы. Зависимости вида $K_n - W_\Sigma$ рассмотрены для основных продуктивных пластов нефтегазоносных районов Западной Сибири. Наиболее тесные взаимосвязи, позволяющие производить оценку K_n с достаточной для практики точностью, характеризуют меловые отложения отдельных месторождений Сургутского (пласты АС₇₋₁₀, БС₉₋₁₂), Нижневартовского (АВ₁₋₃, АВ₆₋₈) и Южно-Ямальского (ТП₁₋₂₀) нефтегазоносных районов. В породах более сложного вещественно-минералогического состава тюменской и абалакской свит месторождений Широтного Приобья, содержащих включения с высоким сечением рассеяния тепловых нейтронов – органического углерода, угля и битумоидов, диапазон

варьирования величины $W_{\text{ТВ}}$ заметно расширяется и взаимосвязи $K_{\text{п}} - W_{\Sigma}$ приобретают форму “облака”.

В связи с этим вызывает интерес изучение перспектив оценки пористости пород-коллекторов по комплексу методов ГМ-ННМ-Т. В основу указанного сочетания методов положена зависимость водородосодержания твердой фазы пород, с одной стороны, и их естественной гамма-активности, с другой, от содержания глинистого материала (В.В.Хабаров, В.Я.Кудрин, 1986).

Коэффициент открытой пористости терригенных осадочных пород при этом может быть выражен следующей расчетной формулой:

$$K_{\text{п}} = (W_{\Sigma} - W_{\text{ТВ}}) / (1 - W_{\text{ТВ}}), \quad (1)$$

где $K_{\text{п}}$ – коэффициент пористости; W_{Σ} - суммарное водородосодержание; $W_{\text{ТВ}}$ - объемное водородосодержание твердой фазы.

Расчету коэффициента пористости по выражению (1) предшествует установление петрофизической взаимосвязи параметра $W_{\text{ТВ}}$ с величиной удельной радиоактивности (содержанием ЕРЭ) либо другим свойством, зависящим от поверхностно-активных характеристик исследуемых пород ($A_{\text{да}}$, $\alpha_{\text{сп}}$ и т.п.). Взаимосвязи вида $W_{\text{ТВ}} (Q_{\gamma}, \text{ЕРЭ})$ найдены для пород Пальяновского, Ершового, Вать-Еганского, Новогоднего и Уренгойского месторождений углеводородов. Полученные результаты указывают на необходимость использования методов ГМ и ГМ-С при определении величины $K_{\text{п}}$ юрских коллекторов в зависимости от обусловленности водосодержанием твердой фазы содержания калия.

В пятой главе изложена рекомендуемая методика комплексной обработки данных стационарных радиоактивных методов в сложнопостроенных геологических объектах Западно-Сибирской низменности.

Непосредственной интерпретации материалов ГИС должно предшествовать детальное лабораторное изучение каменного материала, статистически полно представляющего разведваемый объект. Должны быть выполнены петрографические исследования шлифов горных пород с использованием растровой электронной микроскопии, дающие представление о вещественном составе каркаса и цемента образцов, их текстурном и структурном строении, соотношении первичных и преобразованных минералов, присутствии включений с аномальными ядерно-физическими свойствами; петрофизические исследования по определению пористости, проницаемости, объемной и минералогической плотности, водоудерживающей способности, диффузионно-адсорбционной активности; гранулометрический анализ; рентгеноструктурный анализ; гамма-спектрометрические измерения с определением содержаний калия, урана, тория, их отношений и вкладов в общую радиоактивность; нейтронное просвечивание либо термовесовой анализ с определением значений водородосодержания твердой фазы и суммарного водосодержания.

На втором этапе производятся аналитические работы по выяснению закономерностей распределения ЕРЭ, W_{Σ} и $\delta_{\text{об}}$ в основных лито-физических

типах изучаемых пород, оценивается информативность каждого ядерно-физического параметра при литологическом расчленении разреза и выделении пород-коллекторов с использованием (при необходимости) дисперсионного анализа и привлечением результатов испытания скважин; на основе полученных данных строятся сопоставления и диаграммы вида Q_γ (ЕРЭ) - $\delta_{об}$, W_Σ - $\delta_{об}$. В случае благоприятного распределения ЕРЭ по литологическому и фракционному составу пород, наличия гранулярных коллекторов с высокоактивным глинистым материалом контактного типа, обуславливающим существование функций вида Q_γ , ФЕС = $f(A_{да}, K_{гл})$, устанавливаются двумерные и многомерные корреляционные взаимосвязи между радиоактивными характеристиками среды и ее коллекторскими и адсорбционными свойствами – $K_{п}$, $K_{пр}$, $K_{во}$, $K_{гл}$, $K_{м-ал}$, $W_{тв}$. Устанавливаются взаимосвязи между общим объемом глин (либо содержаниями ЕРЭ) и отдельными минеральными глинистыми составляющими в объеме породы.

На третьем этапе производится первичная оценка качества имеющихся скважинных определений K , U , Th при помощи приведенных трендов изменения радиоактивных свойств разреза с глубиной (глава 2) либо по лабораторным измерениям радиоактивности изучаемого кернового материала. Выполняется нормирование интегрального и дифференциального каналов ГМ-С и каналов аппаратуры ННМ-Т и ГГМ-П путем сопоставления модальных значений полигонов распределений скважинных параметров и их лабораторных аналогов. По откорректированным таким образом материалам ГИС осуществляется литологическая типизация пород интересующего интервала и делается прогноз эффективных мощностей. С использованием найденных корреляционных взаимосвязей производится количественное определение коллекторских свойств, глинистости, содержания мелкоалевритовой фракции, водоудерживающей способности и преобладающего минерального состава глин методами гамма- и нейтрометрии.

В шестой главе приводятся результаты интерпретации материалов ГИС с использованием разработанного петрофизического обеспечения и сопоставление их с керновыми определениями.

Решение задачи *литологической классификации пород и выделения коллекторов* по комплексу методов ГМ – ГГМ-П рассмотрено на примере отложений пластов ЮС₂₋₃ Федоровского месторождения. В разрезе скв.4273,4279,4282,4286 определены интервалы залегания песчано-алевролитовых и аргиллитовых пород и пластов-коллекторов по материалам методов ГМ и ГГМ-П с учетом результатов микрозондирования, микрокавернометрии, СП и экранированного метода. Во всех выделенных по ГИС интервалах эффективных толщин получены притоки пластовых флюидов. В скв.4282 пропластки, отмеченные по данным термокондуктивной дебитометрии как работающие, полностью совпадают с выделенными по комплексу ГМ - ГГМ-П. В скв.4286 из семи работающих мощностей методами ГИС пропущены две: 2778,0-2779,0 м и 2789,6-2790,0 м. Первый пласт обладает неотчетливой характеристикой коллектора по кривым микрометодов, кривая ГМ совпадает с граничным значением коллектор – глина. Пропуск второго

интервала связан с недостаточной вертикальной разрешающей способностью гамма-метода.

Пример использования данных гамма-метрии при количественном определении *содержания пелитовой фракции* показан на керновом и диаграммном материале юрских отложений Самотлорского и Новогоднего месторождения. Сводная зависимость $C_{\text{гл}}^{\text{кern}} - C_{\text{гл}}^{\text{ГИС}}$ для рассмотренных сопоставлений характеризуется коэффициентом корреляции 0,87, среднеквадратическим отклонением $\pm 5,0\%$, средняя относительная погрешность определения $C_{\text{гл}}$ по ГИС $+11,8\%$.

Определение *коэффициента пористости* комплексом методов ГМ-НМ-Т проведено в отложениях юрского возраста Красноленинского и Вэнгапуровского районов с использованием зависимостей вида $Q_{\gamma} = f(W_{\text{ТВ}})$, рассмотренных в главе 4. Для пластов ЮК₂₋₄ Пальяновского месторождения средние значения $K_{\text{п}}$ по ГИС и керну составили 7,8 и 7,4 (%), средняя относительная погрешность оценки пористости по ГИС 5,4%, среднеквадратическое отклонение $\pm 1,6\%$. Указанные погрешности связаны главным образом с неточностями нормирования кривых ГМ и НМ-Т. При сравнении полученных значений $K_{\text{п}}^{\text{ГИС}}$ пласта ЮВ₁₁ Новогоднего месторождения с керновыми определениями средние величины по ГИС и керну составили 6,8 и 7,1 (%), средняя относительная погрешность оценки пористости равна 4,2%.

Предлагаемая методика совместной интерпретации стационарных радиоактивных методов ГИС опробована в отложениях пластов ЮС₂₋₃ и БС₁₆₋₂₂ Восточно-Моховой площади Федоровского месторождения. На основе проведенных детальных петрофизических и петрографических исследований каменного материала и имеющихся данных о испытании пластов выполнено расчленение разреза и выделение коллекторов, количественное определение подсчетных параметров залежей в нескольких разведочных скважинах месторождения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении комплекса стандартных и специальных петрофизических исследований на коллекциях образцов горных пород продуктивных отложений Западно-Сибирского региона получены следующие основные результаты.

1. Изучены закономерности распределения содержаний калия, урана, тория и их парциальных вкладов в общую радиоактивность в породах пластов групп ПК, А, Б, Ю₁, Ю₂₋₁₂ меловых и юрских отложений Западной Сибири. Уточнены диапазоны изменения содержаний ЕРЭ и их средние значения в физико-литологических типах пород, определена природа естественной радиоактивности отложений.

2. Установлена обусловленность содержаний естественных радиоактивных элементов и общей и уран-ториевой радиоактивности вещественным и гранулометрическим составом пород-коллекторов:

содержанием глинозема, органического вещества, глинистых минералов, алевритовых фракций.

3. Исследованы возможности гамма-метода при стратификации геологических разрезов Западно-Сибирского региона. Обоснована возможность использования метода естественной радиоактивности для литологического расчленения разрезов скважин в отложениях пластов ПК, А, Б, Ю₁, Ю₁₋₁₂ и доюрских образованиях отдельных нефтегазоносных районов. В отложениях тюменской свиты и ачимовской пачки Красноленинского и Сургутского районов для выделения основных литотипов пород и пород-коллекторов рекомендовано комплексирование интегрального гамма-метода с гамма-гамма-плотностным методом.

4. Получены корреляционно-регрессионные зависимости удельной радиоактивности и концентраций ЕРЭ от содержания пелитового материала, водородосодержания твердой фазы, водоудерживающей способности, физической проницаемости и открытой пористости коллекторов юрских и меловых отложений Широного Приобья; установлены взаимосвязи суммарного водородосодержания с коэффициентом пористости пород пластов АС, БС, АВ, ТП.

5. Предложена методика комплексной интерпретации материалов стационарных радиоактивных методов на основе многосторонних лабораторных исследований кернового материала, оценки качества записи и настройки скважинных характеристик на конкретный геологический объект с учетом специфики вещественно-минералогического состава, условий формирования и катагенетических преобразований изучаемых пород.

6. На основе полученных статистических взаимосвязей выполнено определение содержания гранулометрического состава, адсорбционных и фильтрационно-емкостных свойств юрских пород месторождений Широного Приобья. В отложениях тюменской свиты и ачимовской пачки Сургутского свода проведено литологическое расчленение разрезов скважин и выделение пластов-коллекторов комплексом методов ГМ – ГГМ-П. Результаты интерпретации сопоставлены с керновыми определениями и данными испытания скважин.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Волков Е.Н. Естественная радиоактивность отложений тюменской свиты Красноленинского и Сургутского сводов / Е.Н.Волков, В.В.Турышев, В.В.Хабаров // Научно-технический прогресс при поисках и освоении нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири. – Тюмень, 1984.- Вып.63.- С.6-9.

2. Хабаров В.В. Геологическая интерпретация материалов радиометрии скважин в отложениях юры и мела Западной Сибири / В.В.Хабаров, Г.С.Кузнецов, В.В.Турышев // Пути повышения эффективности геологической интерпретации геофизических исследований скважин при разведке, эксплуатации и подсчете запасов месторождений нефти и газа Западной

Сибири: Материалы семинара-совещания, 26-27 февраля 1997 г. - Тюмень: РАО "Газпром", ЕАГО, 1997.- С.26-27.

3. Khabarov V.V. Nuclear geophysical core analysis of terrigenous rocks of the West Siberia hydrocarbon fields / V.V.Khabarov, G.S.Kouznetsov, V.V.Turyshev // International conference "Nuclear Geophysics". – Krakow: SPWLA, 1997. - P.27.

4. Хабаров В.В. Ядерно-физические исследования керна терригенных пород месторождений углеводородов Западной Сибири / В.В.Хабаров, Г.С.Кузнецов, В.В.Турышев // Геоинформатика. - 1998.- Вып. 1.- С.43-52.

5. Турышев В.В. Петрофизическое обеспечение интерпретации материалов спектрометрического гамма-каротажа в продуктивных отложениях Западной Сибири / В.В.Турышев, В.В.Хабаров // "МОСКВА-98": Материалы международной конф. и выставки по геофизическим исследованиям скважин, 8-11 сентября 1998 г. – М.: SPWLA, ЕАГО, ГАНГ, 1998.

6. Кузнецов Г.С. Геологическая эффективность радиометрии скважин на месторождениях нефти и газа Западной Сибири / Г.С.Кузнецов, А.А.Матигоров, В.В.Турышев, В.В.Хабаров // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна: Материалы всероссийской науч. конф., 14-17 ноября 2000 г. - Тюмень: ТюмГНГУ, ИГиГ, 2000.

7. Турышев В.В. Особенности распределения естественных радиоактивных элементов в продуктивных отложениях Западно-Сибирской низменности / В.В.Турышев // Современная ядерная геофизика при поисках, разведке и разработке нефтегазовых месторождений : Материалы науч.-практич.конф., 18-20 мая 2001 г. – Бугульма: Минэнерго РФ, МПР РФ, ОАО "Татнефтегеофизика", ЕАГО, 2001. – С.53-55.

8. Турышев В.В. Петрофизическое обоснование оценки вещественно-компонентного состава и фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов Западно-Сибирской низменности методом гамма-метрии скважин / В.В.Турышев, А.А.Костылев // Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства: Материалы междунар. науч.-техн.конф., 10-15 сентября 2001 г. – Томск: ТПУ, 2001. – С.131-133.

9. Турышев В.В. Стратиграфическое и литологическое расчленение разреза мезозойских отложений Западной Сибири по данным метода естественной радиоактивности / В.В.Турышев, А.А.Костылев // Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства: Материалы междунар. науч.-техн.конф., 10-15 сентября 2001 г. – Томск: ТПУ, 2001. – С.128-131.

10. Коровина Т.А. Изучение сложнопостроенных пород-коллекторов тюменской свиты комплексом радиоактивных методов ГИС (на примере Федоровского месторождения) / Т.А.Коровина, Е.П.Кропотова, Е.А.Романов, В.В.Турышев // Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях: Материалы всерос.науч.конф., посвященной 100-летию профессора Томск. политехн. ун-та Д.С.Микова. - Томск: ТПУ, 2003. – С.101-104.

11. Хабаров В.В. Литологическая классификация терригенных пород Западной Сибири и выделение пород-коллекторов по данным комплекса

радиоактивных методов ГИС / В.В.Хабаров, В.М.Ильин, Е.А.Романов, И.М.Кос, В.В.Турышев // Ядерная геофизика – 2004: Комплексные ядерно-геофизические технологии исследования нефтегазовых и рудных скважин в России и СНГ: Материалы науч.-практич.конф., 29 июня – 2 июля 2004 г. – Санкт-Петербург: МПР РФ, СПГГИ (ТУ), ЕАГО, 2004. – С.68-70.

12. Хабаров В.В. Определение общей пористости пород тюменской свиты Западно-Сибирского региона по материалам нейтроно- и гамма-метрии скважин / В.В.Хабаров, В.М.Ильин, Е.А.Романов, И.М.Кос, В.В.Турышев // “Ядерная геофизика – 2004”: Комплексные ядерно-геофизические технологии исследования нефтегазовых и рудных скважин в России и СНГ: Материалы науч.-практич.конф., 29 июня – 2 июля 2004 г. – Санкт-Петербург: МПР РФ, СПГГИ (ТУ), ЕАГО, 2004. – С.173-176.

13. Турышев В.В. О возможности литологической классификации терригенных пород сложнопостроенных объектов Западной Сибири по данным спектрометрического гамма-каротажа / В.В.Турышев, В.В.Хабаров // Современная ядерная геофизика при поисках, разведке и разработке нефтегазовых месторождений. – М.: РОО ЯГО, АИС, 2004. – С.285-303.

14. Ильин В.М. Использование данных скважинной гамма-метрии в отложениях ачимовской пачки Федоровского месторождения / В.М.Ильин, Е.А.Романов, И.М.Кос, В.В.Турышев // Состояние петрофизического обеспечения ядерно-геофизических, акустических и других методов ГИС: Материалы всерос. научно-практич.семинара, 21-24 июня 2005 г. - Тверь: РОО "Ядерно-геофизическое общество", ООО “Нефтегазгеофизика”, 2005.- С.120-127.

Подписано в печать 19.10.2006 г.
Заказ № 1172
Формат 60х84 ¹/₁₆
Отпечатано на DocuColor 2045

Бумага Colotech+ 90 г/ м²
Уч.-изд. л. 1,35
Усл. печ. л. 1,39
Тираж 100 экз.

Открытое акционерное общество «Сибирский научно-аналитический центр»
Типография ОАО «СибНАЦ»
625016, Тюмень, ул. Пермякова, 46

