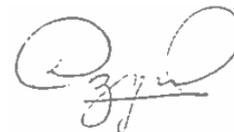


На правах рукописи



Зундэ Дмитрий Алексеевич

**Разработка методики дифференциации континентальных отложений с использованием сиквенс-стратиграфической модели на примере пластов покурской свиты месторождений Западной Сибири**

Специальность 25.00.12 – Геология, поиски и разведка  
нефтяных и газовых месторождений

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Тюмень - 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

**Научный руководитель:** Попов Иван Павлович  
доктор геолого-минералогических наук,  
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, профессор

**Официальные оппоненты:** Шиманский Владимир Валентинович,  
доктор геолого-минералогических наук,  
директор ФГУ НПП "Геологоразведка",  
г. Санкт-Петербург

Смирнов Олег Аркадьевич, кандидат  
геолого-минералогических наук, главный  
геолог ООО «ИНГЕОСЕРВИС»,  
г. Тюмень

**Ведущая организация:** ООО «Газпром геологоразведка», г. Тюмень

Защита диссертации состоится 27 декабря 2016 г. в 16:00 на заседании диссертационного совета Д 212.273.05 на базе Тюменского индустриального университета по адресу: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 56, Институт геологии и нефтегазодобычи, аудитория 113.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотечно-информационном центре ФГБУ ВО «Тюменский индустриальный университет» по адресу: 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72, и на сайте ТИУ [www.tyuiu.ru](http://www.tyuiu.ru).

Отзывы, заверенные печатью учреждения, в двух экземплярах просим направлять по адресу: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.273.05.

Факс: 8 (3452) 39-03-46, e-mail: [t\\_v\\_semenova@list.ru](mailto:t_v_semenova@list.ru)

Автореферат диссертации разослан 19 ноября 2016 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета



Семенова Татьяна Владимировна

## Общая характеристика работы

### Актуальность темы

На современном этапе Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн остается главным регионом добычи углеводородов в России. В связи с выработкой основных запасов высокопродуктивных залежей, направление геологических исследований смещается в сторону месторождений, содержащих пласты с высокой степенью геологической неоднородности. Одними из наиболее перспективных объектов такого типа являются продуктивные пласты покурской свиты (ПК), приуроченные к апт-альб-сеноманскому нефтегазоносному комплексу. Залежи свиты относятся к резервуарам с высокой литологической и фациальной неоднородностью, которые представлены переслаивающимися песчаными и алеврито-глинистыми пачками различной толщины, часто линзовидной формы. Формирование данных неоднородностей происходило за счет циклической седиментации отложений свиты [116] в часто меняющихся условиях аллювиальных и прибрежных равнин, поэтому корреляция продуктивных пластов ПК даже в пределах одной площади остается крайне трудоемкой задачей, нерешенной на многих месторождениях региона.

Первостепенным фактором корректного расчленения разреза является определение реперных горизонтов. Как показывает практика, для континентальных отложений в целом и для интервала покурской свиты в частности, использование существующих подходов прослеживания границ пластов дает множество неточностей и ошибок в корреляции, что приводит к построению недостоверных геологических моделей и, в результате, к погрешностям в распределении геологических запасов. Стратификация пластов является необходимой частью геологоразведочных работ, и в этой связи создание методики дифференциации толщи пород покурской свиты представляется крайне актуальной задачей.

### **Степень разработанности**

При написании диссертационной работы в качестве источников справочного характера автором привлекались периодические издания и публикации по седиментологии [6], [8], [12], [24], сиквенс-стратиграфии [14], [77], [89] и геологическому моделированию [25], [51], [57], в том числе зарубежных авторов - Catuneanu O. [82]-[85], Embry A. F. [87], [88], Van Wagoner J. C. [109], [110] и др.

Изучению геологического строения пластов покурской свиты посвящены работы таких ученых как В. Н. Бородкин, А. М. Брехунцов, И. С. Гутман [27], С. В. Дюкалов [20], В. И. Ермаков [22], Ю. Н. Карагодин [30], [31], [99], Кислухин В. И. [33], Г. Н. Комардинкина [36], А. Э. Конторович [35], А. А. Нежданов [47], [115], Н. Н. Немченко, И. И. Нестеров [2], [48], М. В. Пороскун [53], [116], С. Г. Саркисян, Л. В. Строганов [63], Ф. И. Толмачев, Ф. З. Хафизов, А. А. Шаля [23], В. И. Шпильман, Ю. Г. Эрвье, Т. А. Ястребова и многих других. Результаты данных исследований сформировали общие представления о стратиграфической принадлежности, условиях образования и нефтегазоносности отложений свиты.

Несмотря на большое количество проведенных работ, вследствие сложного геологического строения, проводимая по существующим методикам дифференциация покурской свиты, как правило, носит субъективный характер и не используется на практике, поэтому проблема расчленения пластов ПК остается актуальной.

### **Цель работы**

Совершенствование методики дифференциации континентальных отложений покурской свиты месторождений Западной Сибири для построения геологических моделей залежей при подсчете запасов и разработке.

### **Задачи исследований**

1. Детальное изучение региональных особенностей стратиграфии, нефтегазоносности и условий осадконакопления пластов ПК, рассмотрение существующих подходов к стратификации отложений покурской свиты.

2. Изучение основных принципов сиквенс-стратиграфии, разработка методики расчленения пластов прибрежно-континентального генезиса и рекомендаций по ее применению.

3. Корреляция разрезов скважин в интервале пластов ПК с использованием предлагаемой методики.

4. Сейсмостратиграфический анализ интервала пластов покурской свиты, прослеживание границ стратиграфических несогласий в межскважинном пространстве по данным 3D сейсморазведки.

5. Построение трехмерной геологической модели пластов ПК на основе предложенной методики.

### **Методология и методы исследования**

В процессе выполнения работы использовались фактические данные более 20 месторождений региона, в частности, площадные сейсморазведочные работы МОГТ 2D и 3D разных лет, сведения по поисково-разведочным и эксплуатационным скважинам (ГИС, РИГИС, результаты испытаний и т. д.), лабораторные исследования кернового материала, производственные отчеты, а также корпоративная база данных.

### **Научная новизна**

1. Проведен анализ влияния колебаний относительного уровня моря на седиментацию осадков речных систем, по результатам которого уточнены основные аспекты выделения границ сиквенсов в прибрежно-континентальных отложениях и построена концептуальная сиквенс-стратиграфическая модель осадконакопления.

2. Впервые создана методика прослеживания поверхностей стратиграфических несогласий по разрезам скважин с использованием приема суммирования каротажных диаграмм  $\alpha$ ПС.

3. Доказана возможность трассирования стратиграфических несогласий покурской свиты в волновом поле по данным 3D сейсморазведки.

4. Выделенные поверхности несогласий использовались как реперные при расчленении разреза покурской свиты и построении структурного каркаса трехмерной геологической модели пластов ПК.

### **Защищаемые положения**

1. Использование сиквенс-стратиграфической модели прибрежно-континентальных отложений позволяет корректно дифференцировать пласты покурской свиты, седиментация которых контролируется эвстатическими колебаниями.

2. Проведение комплексного анализа данных кернового материала, ГИС и 3D сейсморазведки совместно с графиком суммы каротажных диаграмм  $\alpha$ ПС повышает достоверность определения поверхностей региональных стратиграфических несогласий в интервале покурской свиты.

3. Разработанный метод позволяет использовать поверхности несогласий при проведении детальной корреляции и построении геологических моделей пластов ПК для подсчета запасов и совершенствования разработки месторождений.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** В рамках диссертационной работы изучено состояние проблемы по сиквенс-стратиграфии терригенных континентальных отложений, построена концептуальная сиквенс-стратиграфическая модель. Исследования автора стали основой для разработки нового подхода к расчленению толщи покурской свиты. В результате, в интервале пластов ПК при помощи приема суммирования каротажных диаграмм  $\alpha$ ПС были выделены несогласные границы, дифференцирующие разрез свиты на седиментационные циклы. В

ходе работы доказана корреляция идентифицированных поверхностей по нескольким месторождениям региона (рисунок 6), а также проведен анализ их прослеживаемости в межскважинном пространстве (рисунок 4). Предлагаемый подход может использоваться с целью повышения эффективности проведения работ по интерпретации разреза покурской свиты и других пластов с аналогичными условиями формирования отложений. По результатам проведенных исследований автором была выполнена корреляция пластов ПК на крупном нефтегазоконденсатном месторождении, а также построена трехмерная цифровая геологическая модель, на основе которой произведена детальная оценка начальных геологических запасов.

**Личный вклад.** Сбор, анализ и интерпретация перечисленного фактического материала, представленного в диссертации, равно как и разработка основных положений работы, производились автором самостоятельно.

Автором создана и оптимизирована методика применения сиквенс-стратиграфического анализа к континентальным отложениям покурской свиты и сформирован алгоритм выполнения операции суммирования каротажных диаграмм. При помощи разработанного подхода по данным кернового материала, ГИС и 3D сейсморазведки автором проводились детальные исследования пластов ПК - выполнена интерпретация разреза свиты, создана концептуальная модель осадконакопления, построены палеогеографические карты, проведен атрибутивный анализ. В результате практической апробации работы автором построена трехмерная геологическая модель и выполнен подсчет запасов продуктивных пластов покурской свиты крупного нефтегазоконденсатного месторождения.

**Степень достоверности и апробация результатов работы.** Основные положения диссертации и результаты проведенных исследований докладывались автором на: региональных научно-технических конференциях молодых специалистов ООО «ТННЦ» (Тюмень, 2014, 2015, 2016), научно -

практическом семинаре «Актуальные вопросы геологии в подсчете запасов и оценке ресурсов углеводородов» (Тюмень, 2014), Тюменском международном инновационном форуме «НефтьГазТЭК» (Тюмень, 2014), международной конференции AAPG Imperial Barrel Awards (Прага, 2013), девятой международной научно-технической конференции «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (Тюмень, 2014), второй научно-практической конференции «Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири» (Новосибирск, 2015), на VIII Кустовой научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «НК «Роснефть» по блоку «Наука» (Томск, 2015) и на научно-практической конференции по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа «Геомодель 2016» (Геленджик).

По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, из них 3 в журналах, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией РФ. Итоги выполненной работы подтверждаются результатами бурения новых скважин, промысловой информацией, данными ГИС и сейсморазведки.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Содержание работы изложено на 152 страницах. Работа иллюстрирована 58 рисунками. Список использованной литературы насчитывает 118 наименований.

### **Содержание работы**

**В первой главе** диссертации рассмотрены особенности геологического строения, генезиса и нефтегазоносности пластов покурской свиты. В пределах Западной Сибири пласты ПК распространены на значительной площади в северной, центральной и восточной частях - в Омско-Уренгойской структурно-фациальной зоне. Покурская свита включают в себя осадки аптского, альбского и сеноманского ярусов нижнего и верхнего отделов меловой системы, которые аккумуляровались в условиях сложного чередования прибрежно-морских и континентальных фаций. В связи с тем,

что существенная доля запасов промышленных категорий еще не введена в разработку, пласты ПК являются перспективным объектом для геологических исследований.

**Вторая глава** посвящена разработке методики дифференциации разреза покурской свиты. За основу предлагаемой методики взята концепция сиквенс-стратиграфии прибрежно-континентальных отложений, которая подразумевает выделение в осадочных комплексах толщ генетически взаимосвязанных пластов, ограниченных в кровле и подошве стратиграфическими несогласиями – сиквенсов [Mitchum et al., 1977]. Создание сиквенс-стратиграфической модели основано на выделении системных трактов, каждый из которых определяется геометрией ограничивающих его поверхностей и положением внутри сиквенса. В прибрежно-континентальных отложениях выделяется иерархия из четырех системных трактов (рисунок 1).

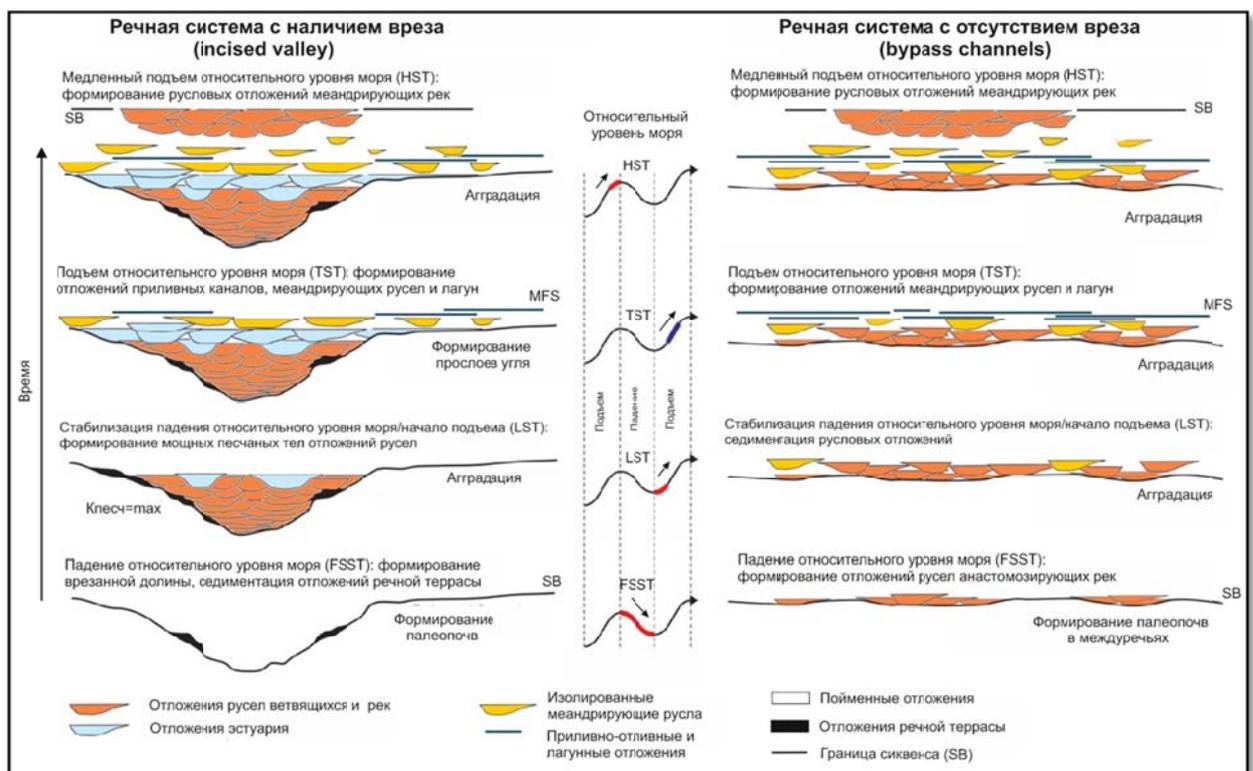


Рисунок 1 - Концептуальная сиквенс-стратиграфическая модель континентальных отложений аллювиального генезиса (по [W.J.-van-Strien, 2010], с дополнениями автора).

Эрозионные поверхности, разделяющие сиквенсы, маркируют перерывы в осадконакоплении; их выделение позволяет расчленить разрез на типовые интервалы, по границам которых строится стратиграфический каркас. Поэтому для корректной дифференциации разреза покурской свиты следует использовать сиквенс-стратиграфическую модель континентальных отложений – первое защищаемое положение.

С целью определения регионально распространенных эрозионных границ по скважинным данным разработана методика дифференциации разреза с использованием приема суммирования каротажных диаграмм  $\alpha$ ПС, в результате чего появляется возможность получить график, на котором отчетливо прослеживается характерная для пластов ПК цикличность осадконакопления, слабо заметная в исходных данных (рисунок 2).

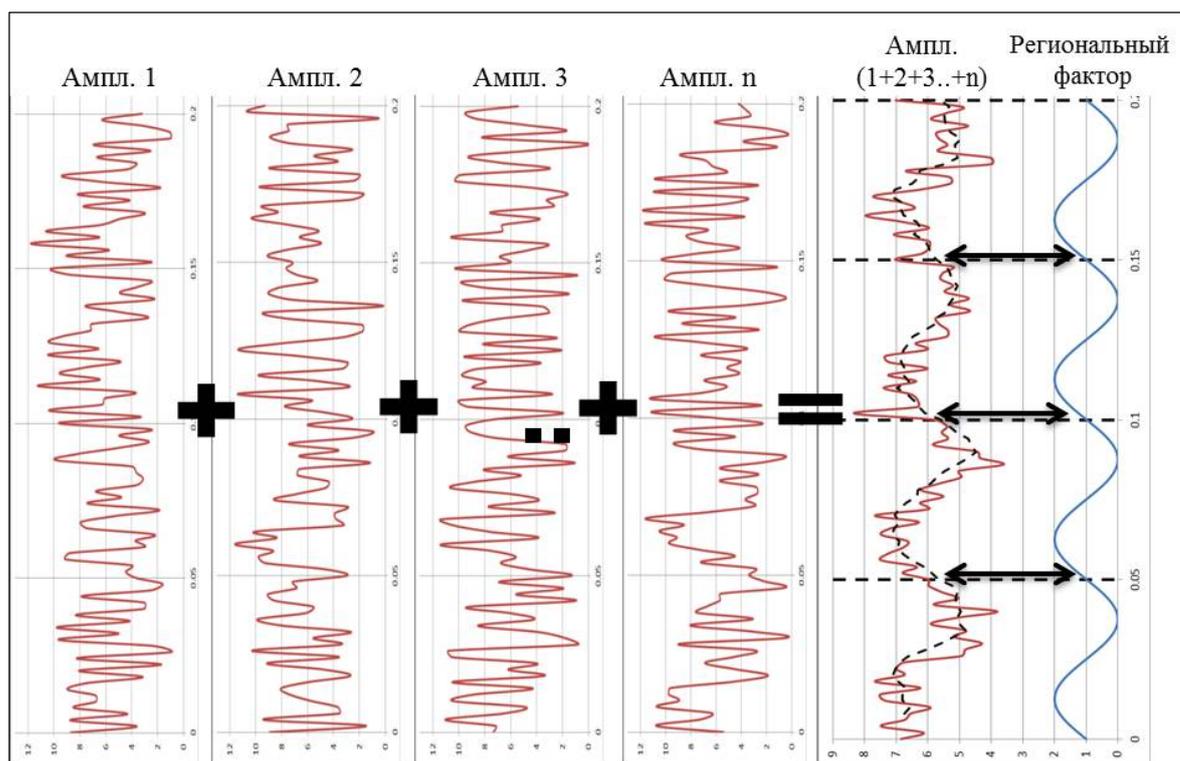


Рисунок 2 - Схема применения методики суммирования к каротажным диаграммам  $\alpha$ ПС.

Границы сиквенсов маркируются по точкам наиболее резких перепадов значений суммарной диаграммы  $\alpha$ ПС от высоких к низким вверх по разрезу. Каждый сиквенс, сформированный в течение полного цикла изменения

относительного уровня моря, включает в себя отложения системных трактов LST, TST и HST, которые определяются на основе их расположения в интервале сиквенса, а также по характерному фациальному распределению и систематическому изменению литологического состава (рисунок 5).

Использование графика  $\Sigma \alpha PC$  позволяет выполнить интерпретацию разреза пластов покурской свиты на месторождениях Западной Сибири. В первую очередь, границы несогласий прослеживаются по скважинам, которые использовались для построения суммарной диаграммы. Дальнейшая корреляция выполняется по данным керна (рисунок 3), где границы сиквенсов могут быть определены по резкому контрасту фаций, изменению петрофизических характеристик, а также биостратиграфическими методами, и ГИС, на основе стандартных подходов: по схожести каротажных диаграмм и литологическому составу, маркирующим горизонтам и направленности изменений свойств, с учётом выдержанности толщин.

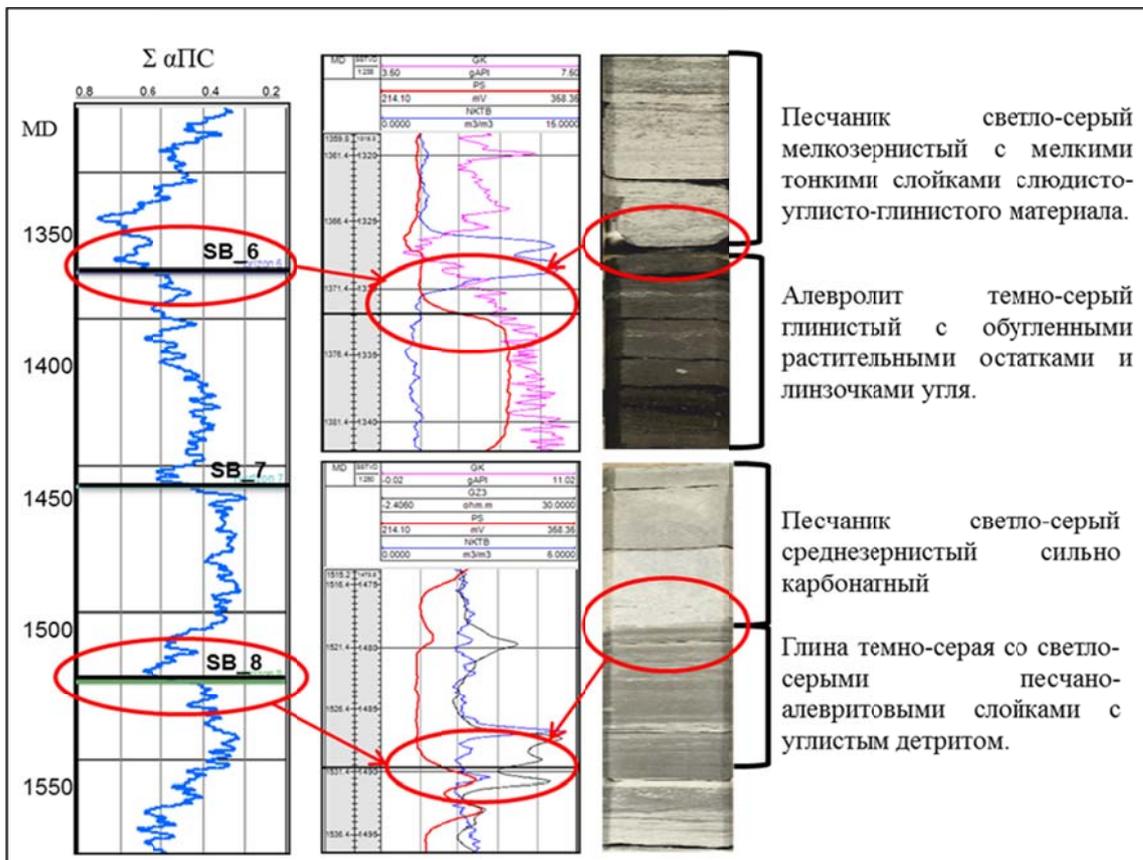


Рисунок 3 - Выделение границ сиквенсов с использованием материалов исследований керна.

Поскольку поверхности несогласий разделяют части осадочного бассейна с различным строением, при хорошей разрешающей способности волнового поля они могут быть прослежены в межскважинном пространстве по данным 3D сейсморазведки (рисунок 4).

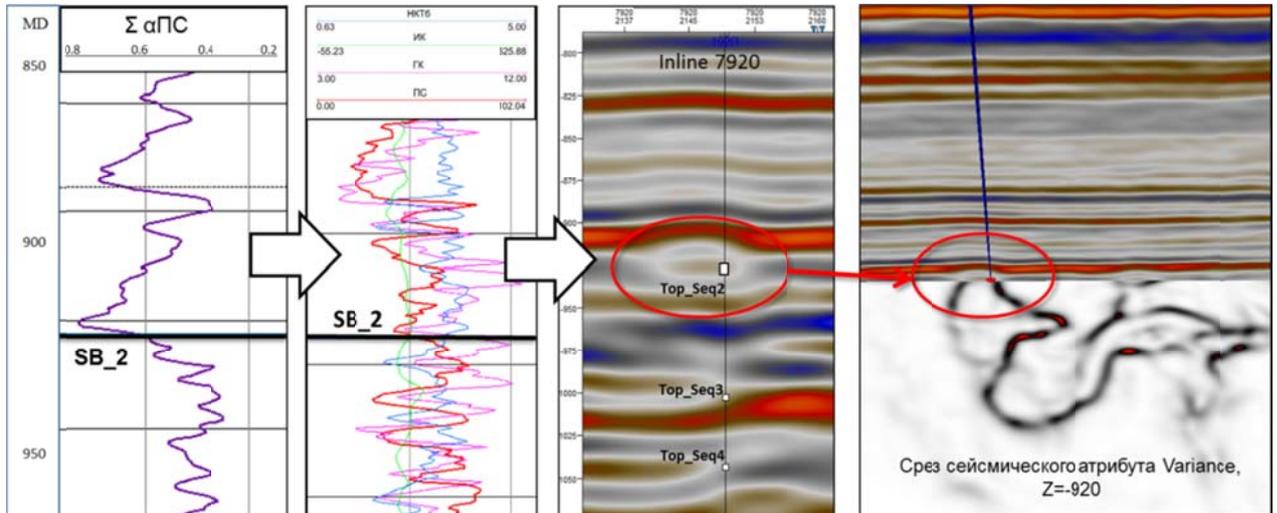


Рисунок 4 - Прослеживание границы сиквенса по графику суммы каротажных диаграмм  $\alpha$ ПС, материалам ГИС и данным 3D сейсморазведки.

**Анализ суммарного графика каротажных диаграмм  $\alpha$ ПС, используемый в комплексе с результатами исследований керна, данными ГИС и 3D сейсморазведки, позволяет достоверно определять поверхности региональных стратиграфических несогласий и с высокой точностью дифференцировать разрез покурской свиты, что является вторым защищаемым положением.**

**В третьей главе** приводится использование предложенной методики дифференциации отложений в пределах крупного нефтегазоконденсатного месторождения Пур-Тазовской нефтегазоносной области, где проблема расчленения пластов ПК достаточно актуальна. В ходе проведенной интерпретации в интервале покурской свиты было выделено 9 регионально прослеживаемых границ несогласий, которые дифференцируют толщу пород на цикличные комплексы (рисунок 5).

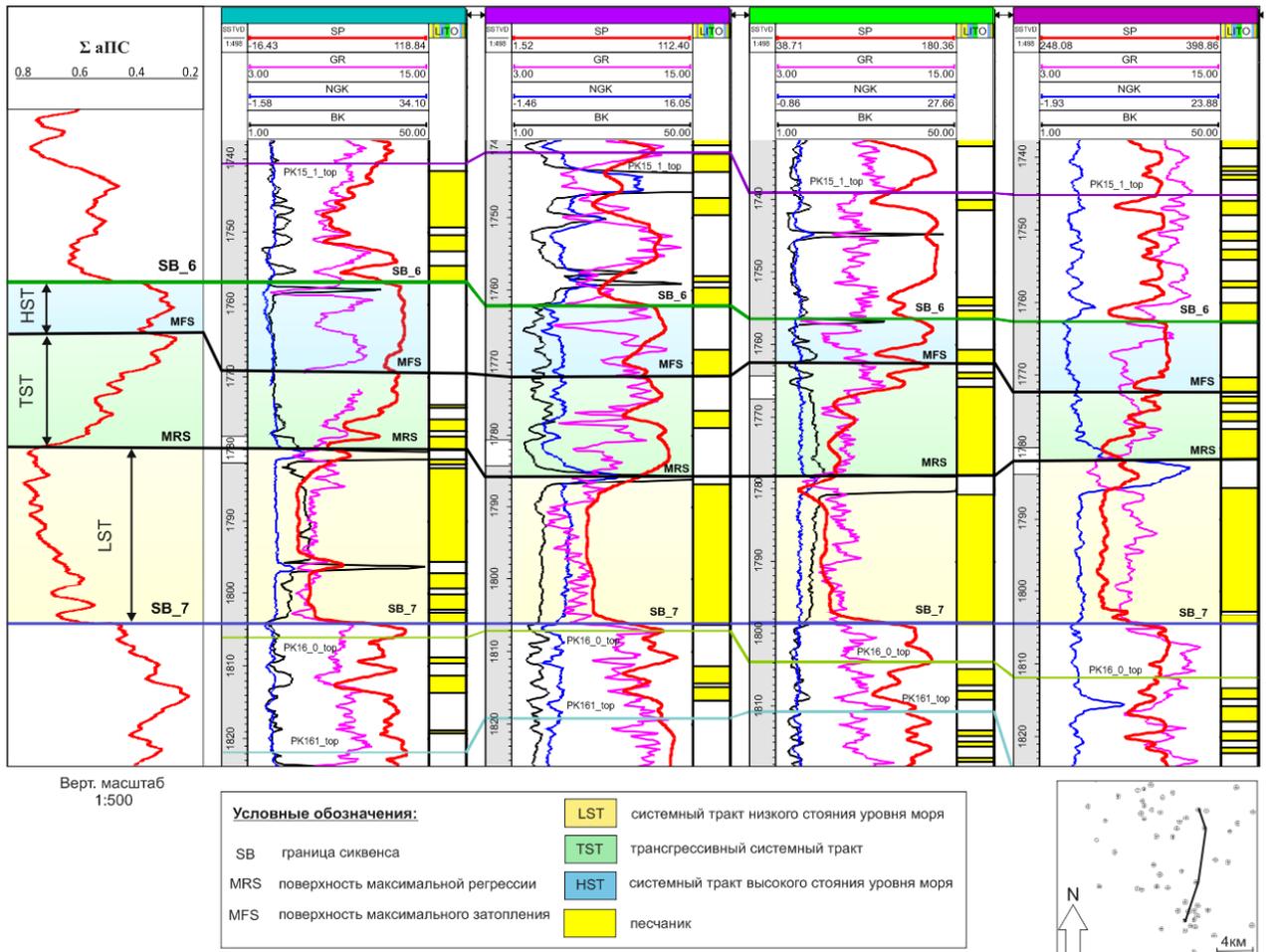


Рисунок 5 - Схема корреляции границ сиквенсов SB<sub>7</sub> и SB<sub>6</sub>.

Выполненная корреляция позволила уточнить расчлененность пластов, прояснить распределение, форму и связность песчаных тел по латерали и по разрезу (рисунок 5), а также определить интервалы, потенциальные для последующего изучения. Для определения фациального распределения построены карты распространения фаций, которые могут использоваться при определении наиболее перспективных неразбуренных участков. Выделенные поверхности несогласий сопоставляются по мощности и с точностью до первых десятков метров коррелируются на других месторождениях региона (рисунок 6), что позволяет использовать их в качестве реперных границ при выполнении работ по корреляции пластов покурской свиты.

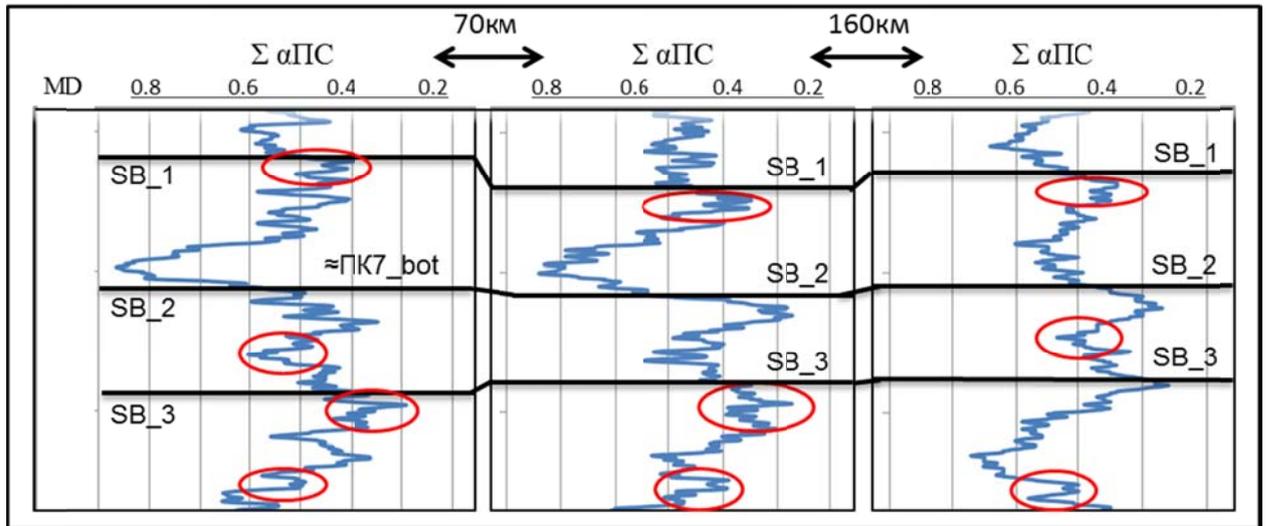


Рисунок 6 - Сравнение суммарных каротажных диаграмм  $\alpha$ ПС, рассчитанных по скважинам соседних месторождений.

Построенная сиквенс-стратиграфическая модель покурской свиты использовалась как основа при создании 3D геологической модели интервала продуктивных пластов ПК<sub>18</sub>-ПК<sub>21</sub>, на которые ориентированно дальнейшее эксплуатационное бурение. В качестве исходных данных использовались данные по 45 разведочным и 23 эксплуатационным скважинам, выполненная структурная интерпретация, атрибутный анализ данных 3D сейсморазведки, а также результаты палеогеографических построений. За счет пересмотра строения продуктивных пластов ПК начальные геологические запасы газа увеличились на 3.1 %, нефти - на 7.2 %. Проведенная интерпретация и построенная 3D модель (рисунок 7) в дальнейшем будут использованы при проведении работ по подсчету запасов и в качестве основы для создания гидродинамической модели.

**Таким образом, разработанная методика использовалась при проведении детальной корреляции и построении геологической модели пластов ПК для подсчета запасов и совершенствования разработки месторождений – третье защищаемое положение.**

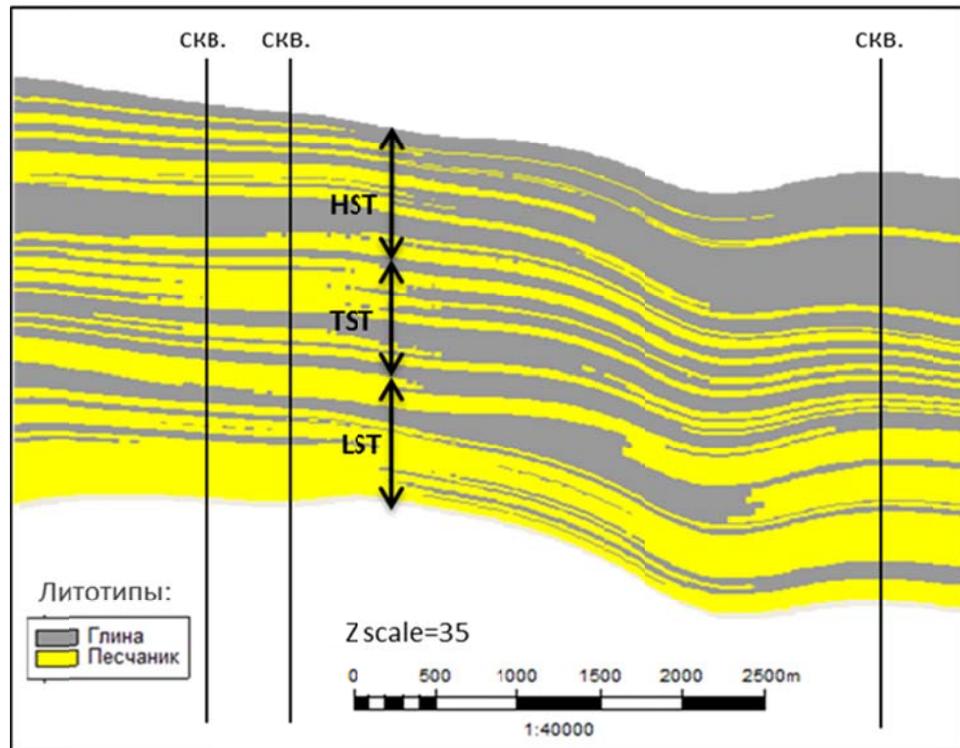


Рисунок 7 - Разрез куба литологии 3D геологической модели покурской свиты, ограниченной эрозионными поверхностями.

### Основные результаты и выводы

По результатам выполненной работы сделаны следующие выводы.

1. В рамках диссертационной работы построена концептуальная сиквенс-стратиграфическая модель терригенных континентальных отложений. Сформированы основные критерии и возможности применения метода суммирования каротажных диаграмм, создан и оптимизирован алгоритм выполнения данной операции.

2. Использование предлагаемого подхода позволяет увеличить достоверность корреляции скважин и выявить закономерности чередования пород по разрезу за счет построения подробного стратиграфического каркаса.

3. Прослеживание поверхностей несогласий в волновом поле по данным 3D сейсморазведки уточняет структурные построения и прогноз наличия и протяженности коллекторов и покрышек в межскважинном пространстве и за пределами разработки.

4. Представленная методика апробирована на месторождениях Западной Сибири, что дало возможность проследить выделенные границы региональных стратиграфических несогласий по региону (рисунок 6).

5. Выполненная интерпретация использовалась на этапе построения трехмерной геологической модели, что позволило построить трехмерную сетку с учетом эрозионных поверхностей несогласия, точнее отразить распределение коллекторов и получить достоверные данные по сообщаемости и протяженности песчаных тел, которые важны при планировании разработки.

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

#### **Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

1. Зундэ Д. А. Разработка методики дифференциации континентальных отложений аллювиального генезиса на примере пластов покурской свиты / Зундэ Д. А., Попов И. П. // Научно-технический журнал «Геология нефти и газа». – Москва: ОАО «Геоинформмарк», 2015. № 3. С. 22-26.

2. Зундэ Д. А. Оценка перспектив нефтегазоносности наунакской свиты на основе фациальных особенностей горизонта ЮВ<sub>1</sub> / Зундэ Д. А., Попов И. П. // Естественные и технические науки, 2014. - № 2 (70). - С. 113-117.

3. Зундэ Д. А. Методика построения сиквенс-стратиграфической модели покурской свиты / Зундэ Д. А., Попов И. П. // Научно-технический журнал «Нефтепромысловое дело», - Москва: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2015. - № 5. - С. 54-59.

#### **Статьи в других изданиях:**

4. Зундэ Д. А. Новая технология стратификации пластов покурской свиты // Сборник научных статей участников V международного инновационного форума «НефтьГазТЭК-2014». ГБУ ТО «Западно-Сибирский инновационный центр». – 2014. - С. 107-112.

5. Zunde D. Depositional environment of the Pokur Formation, Z field, West Siberian Basin. / Zunde D., Elders C. // Independent project report submitted for

the Master of Science degree in Royal Holloway University of London, Petroleum Geoscience department. – London. 2013. - 74 p.

6. Зундэ Д. А. Разработка методики дифференциации континентальных отложений аллювиального генезиса. // Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Т. 1. – Тюмень, ТюмГНГУ, 2015. - С. 24-27.

7. Зундэ Д. А. Методика построения сиквенс-стратиграфической модели пластов покурской свиты // Девятая международная научно-техническая конференция «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации): Материалы Международной научно-технической конференции / отв. ред. О. А. Новоселов. – Т. 2. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. - С. 48-51.

8. Zunde D. Hydrocarbon potential assessment of Cooper basin / Zunde D., Skvortsov A., Kazanenkova A., Istomina Y., Shakirova G. // Extended abstract, 2013, AAPG Imperial Barrel Awards, P684. p. 18.

9. Зундэ Д. А. Методика стратификации континентальных отложений на примере пластов покурской свиты (Западная Сибирь) // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: матер. 2-й науч.- практ. конф. Т. 1 [Текст] / Отв. ред. С. П. Зайцев. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2015. – С. 33-35.