



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело
Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценка рентабельности поисковых работ на подготовленных структурах (на примере Западно-Рубеженского лицензионного участка, южной части Бузулукской впадины)
УДК 550.822:553.98(470.56)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ01	Кротов Алексей Андреевич		15.06.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Белозеров В.Б.	Д.Г-М.Н		15.06.2022

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

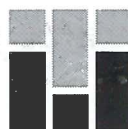
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рукавишников В.С.	PhD		15.06.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А.А.	Канд. техн. наук		15.06.2022

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Чернова О.С.	Д. Г-М. Н.		15.06.2022



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело

Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

15.03.22 Черевко О.С.

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ТМ01	Кротов Алексей Андреевич

Тема работы:

Оценка рентабельности поисковых работ на подготовленных структурах (на примере Западно-Рубеженского лицензионного участка, южной части Бузулукской впадины)

Утверждена приказом директора ИШПР

Приказ №70-34/с от 11.03.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:

15.06.2022

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Доступ к специализированному ПО. Результаты интерпретации сейсморазведки, полигоны разломов, полигон оконтуренных ловушек, карты отражающих горизонтов. Вероятностные распределения параметров по пластам. Научно-техническая литература, учебники, монографии.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Литературный обзор вероятностной оценки ресурсной базы углеводородов в условиях высокой неопределенности; 2. Геологическая характеристика объекта исследования; 3. Многовариантный расчет вероятностных запасов и оценка рентабельности бурения поисковых скважин; 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5. Социальная ответственность.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Концептуальные схемы расчетов, карты поверхностей отражающих горизонтов, тектонические карты, графики вероятностного распределения параметров, гистограммы вероятностной оценки, торнадо диаграммы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Социальная ответственность»	Сечин А.А., доцент, канд. техн. наук
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рукавишников В.С., доцент, PhD
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Литературный обзор / Literature review	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.03.2022.
--	-------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Белозеров В.Б.	Д.Г-М.Н		15.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ01	Кротов Алексей Андреевич		15.03.2022.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело

Уровень образования: магистратура

Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

15.06.2022

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
21.03.2022	Литературный обзор вероятностной оценки ресурсной базы углеводородов в условиях высокой неопределенности	20
13.04.2022	Literature review	10
20.04.2022	Геологическая характеристика объекта исследования	10
04.05.2022	Многовариантный расчет вероятностных запасов	30
16.05.2022	Оценка рентабельности бурения поисковых скважин	20
23.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
1.06.2022	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Белозеров В.Б.	Д.Г-М.Н.		<u>15.03.2022</u>

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Чернова О.С.	Д. Г-М. Н.		<u>15.03.2022</u>

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ТМ01	Кротову Алексею Андреевичу

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01. «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Затраты ресурсов на создание workflow геологической модели и последующий анализ данных
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент – 1.2 Ставка дисконтирования – 12% Премии – 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общий налоговый режим, отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Оценка возможности создания и применения алгоритма вероятностной оценки запасов
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей проекта, заинтересованных сторон и их ожиданий
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Оценка необходимого количества материальных ресурсов и начальный объем инвестиций для проведения НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет стоимости внедрения алгоритма в процесс вероятностной оценки запасов

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

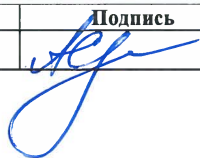
–

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.03.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рукавишников В.С.	PhD		15.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ01	Кротов Алексей Андреевич		15.03.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2ТМ01		Кротов Алексей Андреевич	
Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01 "Нефтегазовое дело"

Тема ВКР:

Оценка рентабельности поисковых работ на подготовленных структурах (на примере Западно-Рубеженского лицензионного участка, южной части Бузулукской впадины)

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объект исследования: разработка алгоритма вероятностной оценки ресурсной базы и оценки рентабельности поисковых работ на подготовленных структурах

Область применения: интерпретация сейсмических данных, подсчет геологических запасов в условиях высокой неопределенности, оценка рентабельности поисковых работ, оценка инвестиционных решений в нефтегазовой отрасли

Рабочая зона: компьютерный класс центра Heriot Watt НИ ТПУ

Размеры помещения: 135 м²

Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер и периферийные устройства

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: создание методики и алгоритма оценки рентабельности поисковых работ на подготовленных структурах

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

- "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022)
- СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменениями N 1, 2)
- СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда"
- ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (Переиздание с Поправкой)
- ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание)
- N 123-ФЗ от 22.07.2008 (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
- ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

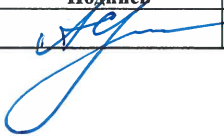
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	– повышенный уровень шума; – напряженность труда; – риск поражения статическим электричеством при случайном контакте с отдельными элементами техники; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – отклонение показателей микроклимата; – повышенный уровень электромагнитных излучений Основными средствами защиты и минимизации воздействия на организм человека выявленных вредоносных факторов являются соблюдение режима труда и отдыха, использование сертифицированного и исправного оборудования, соблюдение правил техники безопасности возле компьютера в процессе и по окончании работы за компьютером, соблюдение правильного расположения работника за компьютером. В работе будет выполнен расчет по фактору освещенности рабочей зоны.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	<i>Воздействие на селитебную зону:</i> Поливинилхлорид, из которого сделана внешняя оболочка кабелей, которыми соединяются устройства является причиной возникновения гормонального дисбаланса, проблем в репродуктивной сфере и различных форм рака <i>Воздействие на литосферу:</i> материалы, используемые в производстве компьютерной техники зачастую при утилизации, имеют пагубное влияние на литосферу <i>Воздействие на гидросферу:</i> пагубное воздействие в следствии добывающего производства, которое разрушает поверхность Земли и зачастую загрязняет окружающий воздух и воду. <i>Воздействие на атмосферу:</i> ЖК-экраны - один из источников парниковых газов, которые намного вреднее диоксида углерода
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: Оползни, наводнения, пожары Наиболее типичная ЧС: пожар
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

15.03.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		15.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ01	Кротов Алексей Андреевич		15.03.2022

Результаты освоения образовательной программы

Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного анализа, вырабатывать стратегию действий	И.УК(У)-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
		И.УК(У)-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению
		И.УК(У)-1.3. Разрабатывает стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и других современных междисциплинарных подходов; обосновывает выбор темы исследований на основе анализа явлений и процессов в конкретной области научного знания
		И.УК(У)-1.4. Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций в своей предметной области
Разработка и реализация проектов	УК(У)-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	И.УК(У)-2.1. Определяет проблему и способ ее решения через реализацию проектного управления
		И.УК(У)-2.2. Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
		И.УК(У)-2.3. Осуществляет мониторинг за ходом реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта
Командная работа и лидерство	УК(У)-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения	И.УК(У)-3.1. Планирует и корректирует свою социальную и профессиональную деятельность с учетом интересов, особенностей поведения и мнений людей, с которыми

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
	поставленной цели	работает и взаимодействует
		И.УК(У)-3.2. Организует дискуссии по заданной теме и обсуждение результатов работы команды
		И.УК(У)-3.3. Планирует командную работу, распределяет поручения и делегирует полномочия членам команды
Коммуникация	УК(У)-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-4.1. Решает конкретные задачи профессиональной деятельности на основе академического и профессионального взаимодействия с учетом анализа мнений, предложений, идей отечественных и зарубежных коллег
		И.УК(У)-4.2. Составляет, переводит и редактирует различные академические тексты (рефераты, эссе, обзоры, статьи и т.д.)
		И.УК(У)-4.3. Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
		И.УК(У)-4.4. Планирует и организывает совещания, деловые беседы, дискуссии по заданной теме; аргументированно и конструктивно отстаивает свою точку зрения, позицию, идею в академических и профессиональных дискуссиях на государственном и иностранном языках
Межкультурное взаимодействие	УК(У)-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	И.УК(У)-5.1. Осуществляет профессиональную и социальную деятельность с учетом особенностей поведения и мотивации людей различного социального и культурного происхождения, в том числе особенностей деловой и общей культуры представителей других этносов и конфессий
		И.УК(У)-5.2. Выстраивает социальное и профессиональное взаимодействие с учётом особенностей деловой и общей культуры представителей разных этносов и конфессий, других социальных групп

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
		И.УК(У)-5.3. Обеспечивает создание недискриминационной среды для участников межкультурного взаимодействия при личном общении и при выполнении профессиональных задач
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)	УК(У)-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	И.УК(У)-6.1. Анализирует использование рабочего времени в широком спектре деятельности: планирование, распределение, постановка целей, делегирование полномочий, анализ временных затрат, мониторинг, организация, составление списков и расстановка приоритетов
		И.УК(У)-6.2. Сочетает выполнение текущих производственных задач с повышением квалификации; корректирует планы в соответствии с имеющимися ресурсами
		И.УК(У)-6.3. Планирует профессиональную траекторию с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: содержит 129 страниц, 38 рисунков, 8 таблиц, 60 источников и 1 приложение.

Ключевые слова: Оренбургская область, карбонаты, вероятностная оценка ресурсной базы, вероятностная оценка запасов, торнадо плот, P10, P50, P90, вероятностное распределение параметров, Монте-Карло, выборка латинского гиперкуба (LHS), ключевые неопределенности, положение ВНК, гистограмма распределения, обратная накопленная вероятность.

Объект исследования: структуры, расположенные в пределах Рубеженского прогиба южной части Бузулукской впадины

Цель работы: оценка рентабельности бурения поисковых скважин для структур, расположенных в пределах Рубеженского прогиба южной части Бузулукской впадины с учетом ключевых неопределенностей.

Для достижения цели было необходимо решить следующие задачи:

- 1) Построить множество моделей и произвести многовариантный расчет с учетом ключевых неопределенностей.
- 2) Получить вероятностное распределение запасов по структурам.
- 3) Провести оценку рентабельности бурения поисковых скважин согласно вероятностному распределению запасов.

Актуальность темы исследования: оценка запасов является одной из основных задач в нефтегазовой отрасли, так как на начальном этапе исходя из оценки запасов принимаются ключевые инвестиционные решения.

В результате исследования были применены методы многовариантного расчета запасов. Был произведен учет ключевых неопределенностей. Был создан “Workflow” в ПО “Petrel” как базовый вариант для многократных реализаций расчета запасов. Предложена оценка рентабельности бурения поисковых скважин опираясь на исходные данные проекта.

Областью применения рассмотренной методики являются нефтяные и

газовые месторождения на оценочном этапе геологоразведочных работ.

Экономическая эффективность/значимость работы состоит в методике оценки инвестиционных решений при больших неопределенностях.

В будущем планируется продолжить изучение вероятностного подхода к оценке запасов в условиях высоких неопределенностей.

Благодарности: выражаю благодарность сотрудникам ЦППС НД ТПУ: В. Б. Белозерову, О.С. Черновой за предоставленную помощь при написании данной магистерской работы, а также выражаю особую благодарность руководителю по разработке продуктов блока интегрированных решений компании «Газпромнефть НТЦ»: А.С. Сидубаеву.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ УГЛЕВОДОРОДОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	17
1.1 Введение	17
1.2 Подход к оценке запасов.....	17
1.3 Логика и природные ограничения при вероятностной оценке	18
1.4 Виды распределений.....	19
1.5 Ключевые неопределенности при подсчете запасов углеводородов.....	21
1.6 Многовариантный расчет методом Монте-Карло	23
1.7 Классификация распределения запасов анализируемой структуры	26
1.8 Торнадо диаграмма.....	27
2 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	30
2.1 Общие сведения об объекте.....	30
2.2 Литолого-стратиграфическая характеристика разреза объекта исследования	32
2.3 Тектоника.....	43
2.4 Нефтегазоносность	48
3 МНОГОВАРИАНТНЫЙ РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ЗАПАСОВ	54
3.1 Характеристика объекта исследования.....	54
3.1.1 Тип ловушки и генезис структуры.....	54
3.1.2 Отражающие горизонты, индекс, возраст.....	55
3.1.3 Размеры.....	55
3.1.4 Литология.....	56
3.1.5 Сведения о дизъюнктивных нарушениях.....	57
3.1.6 Соотношение структурных планов:	57
3.1.7 Прогнозная оценка нефтенасыщения.....	58
3.2 Неопределенности структуры.....	58
3.2.1 Структурные и концептуальные неопределенности	59
3.2.2 Петрофизические неопределенности и неопределенности свойств пластового флюида	61

3.3 Создание Workflow для вероятностной оценки запасов.....	64
3.4 Многовариантный расчет	72
3.5 Оценка рентабельности поисковых скважин.....	79
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	90
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	95
5.1 Введение	95
5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения.....	95
5.2.1 Правовые нормы трудового законодательства	95
5.2.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	96
5.3 Производственная безопасность.....	97
5.4 Экологическая безопасность.....	106
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	108
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	110
Приложение А	116

ВВЕДЕНИЕ

Нефтегазовая индустрия развивается быстрыми темпами и уже понятие «wildcat drilling» (когда поисковое бурение в первой половине XX века велось наудачу, в географически удаленных регионах) недопустимо при нынешних вычислительных способностях и уровне развития нефтяной отрасли. В настоящее время на многих участках нашей планеты, включая океаны, произведена сейсморазведка, но скважин пробуренных на данных участках нет либо их количество на единицу площади настолько мало, что данные по этим скважинам являются нерепрезентативными для оценки геологических запасов.

В настоящее время, поисково-разведочное бурение — это лишь небольшая часть из общего объема бурения, выполняемого крупными добывающими компаниями. Но для малых и средних компаний крупные капиталовложения в разведку — это огромные риски. Инвестиции в мелкие геологоразведочные компании могут принести значительную отдачу в случае открытия крупных по объемам запасов углеводородов геологических структур. Но, результат «сухой скважины» приведёт к серьезному снижению капитализации такой компании. Поэтому важно оценить все риски и произвести подсчет запасов углеводородов в условиях высокой неопределенности с помощью вероятностной оценки.

Объект исследования: структуры, расположенные в пределах Рубеженского прогиба южной части Бузулукской впадины.

Цель работы: оценка рентабельности бурения поисковых скважин для структур, расположенных в пределах Рубеженского прогиба южной части Бузулукской впадины с учетом ключевых неопределенностей.

Для достижения цели было необходимо решить следующие задачи:

- 1) Построить множество моделей и произвести многовариантный расчет с учетом ключевых неопределенностей.
- 2) Получить вероятностное распределение запасов по структурам.

3) Произвести оценку рентабельности бурения поисковых скважин согласно вероятностному распределению запасов.

Актуальность темы исследования: оценка запасов является одной из основных задач в нефтегазовой отрасли, так как на начальном этапе исходя из оценки запасов принимаются ключевые инвестиционные решения.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ УГЛЕВОДОРОДОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

1.1 Введение

Все чаще встречается ситуация, когда на месторождениях нефти и газа произведена сейсморазведка, но количество пробуренных скважин на единицу площади настолько мало, что данные по этим скважинам являются нерепрезентативными для оценки ресурсной базы. Поисково-разведочное бурение — это обычное дело для крупных нефтегазовых компаний. Для небольших компаний вложения в поисково-разведочное бурение — это огромные финансовые риски. Инвестиции в мелкие нефтегазовые компании позволяют получить большую прибыль в случае открытия крупных месторождений углеводорода. Однако, в противном случае это приведет к серьезным финансовым последствиям как компании, так и инвестора. Поэтому важно оценить все риски и произвести подсчет запасов углеводородов в условиях высокой неопределенности путём вероятностной оценки для дальнейшего принятия инвестиционных решений [16].

1.2 Подход к оценке запасов

В основе оценки запасов лежит объемный метод подсчета углеводородов. В случае если на месторождении произведено бурение поисково-разведочных скважин, и плотность сетки скважин репрезентативная, то есть достаточная для того, чтобы усреднить и уточнить параметры, которые используются в подсчете геологических запасов, то мы можем дать детерминистическую оценку — то есть представить одно единственное значение (Рисунок 1.1). В случае если нет пробуренных скважин либо их количество на единицу площади настолько мало, что

данные по этим скважинам являются нерепрезентативными для оценки ресурсной базы, тогда необходимо использовать вероятностный подход, с использованием параметров с месторождений аналогов, которые входят в формулу для подсчета запасов углеводородов и рассматриваются как случайная величина, изменяющаяся согласно выбранному распределению [15]. Основное отличие вероятностной модели от детерминированной состоит в том, что при детерминированном подходе получают единственное («точечное») значение запасов, а при вероятностном – диапазон возможных значений запасов рассматриваемого объекта.

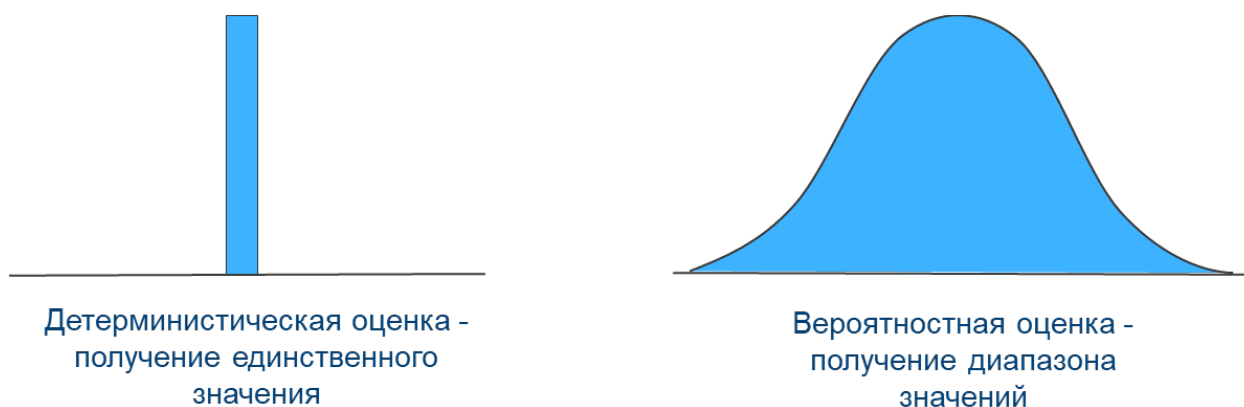


Рисунок 1.1 – Гистограммы разных подходов к оценке запасов

1.3 Логика и природные ограничения при вероятностной оценке

Итак, в случае отсутствия действующих или пробуренных скважин на месторождении, вероятностную оценку ресурсной базы производят объемным методом, все величины представляются в виде вероятностных распределений (Рисунок 1.2). Большинство геологических и технических параметров, связанных с обнаружением и добычей нефти и газа, имеют логнормальное распределение; оценки таких параметров также будут иметь логнормальное распределение [43]. Такие “природные ограничения” позволяют более точно оценить распределение параметров и получить более

реалистичную оценку неопределенностей. Другое природное ограничение обусловлено знанием природного диапазона изменения параметра плотности извлекаемых запасов углеводородов из объема горной породы, наибольшая плотность извлекаемых запасов углеводородов составляет около $0.155 \text{ м}^3/\text{м}^3$, наименьшая – $0.006 \text{ м}^3/\text{м}^3$ [43]. Необходимо оценивать функции распределения предварительно выбранных параметров на максимально и минимально возможные значения исходя из логики и природных ограничений. В случае если функции распределения выходят за рамки возможных значений их необходимо редактировать.

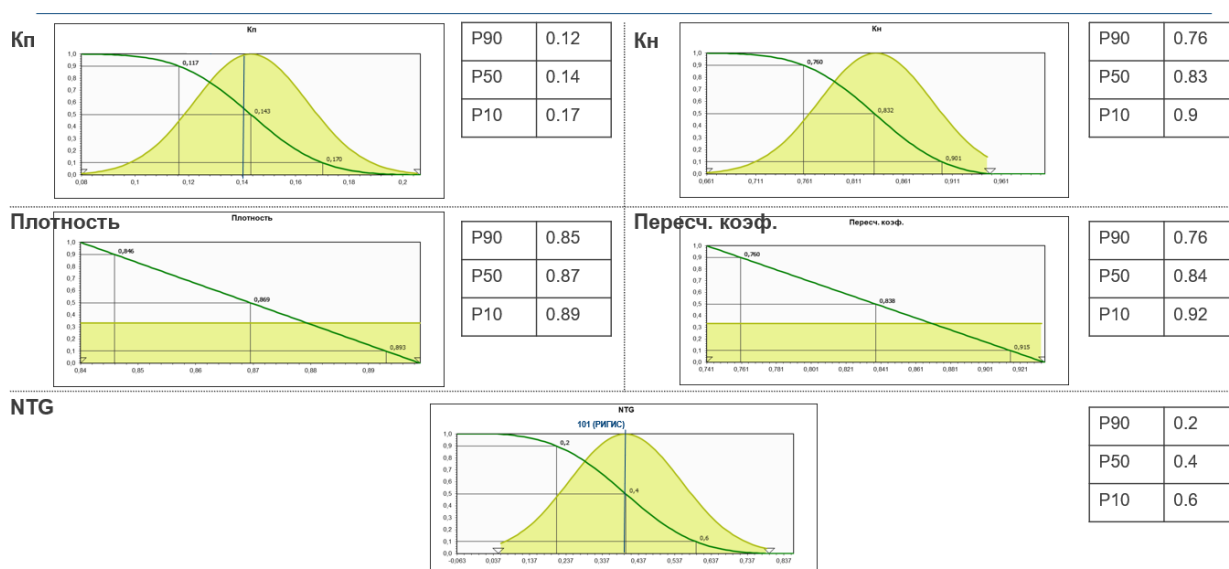


Рисунок 1.2 – Вероятностное распределение параметров пласта [56]

1.4 Виды распределений

Наиболее часто встречаемыми видами распределения при подсчете запасов вероятностным подходом являются (Рисунок 1.3):

- Нормальное или гауссово распределение.
- Логнормальное распределение.
- Равномерное распределение.

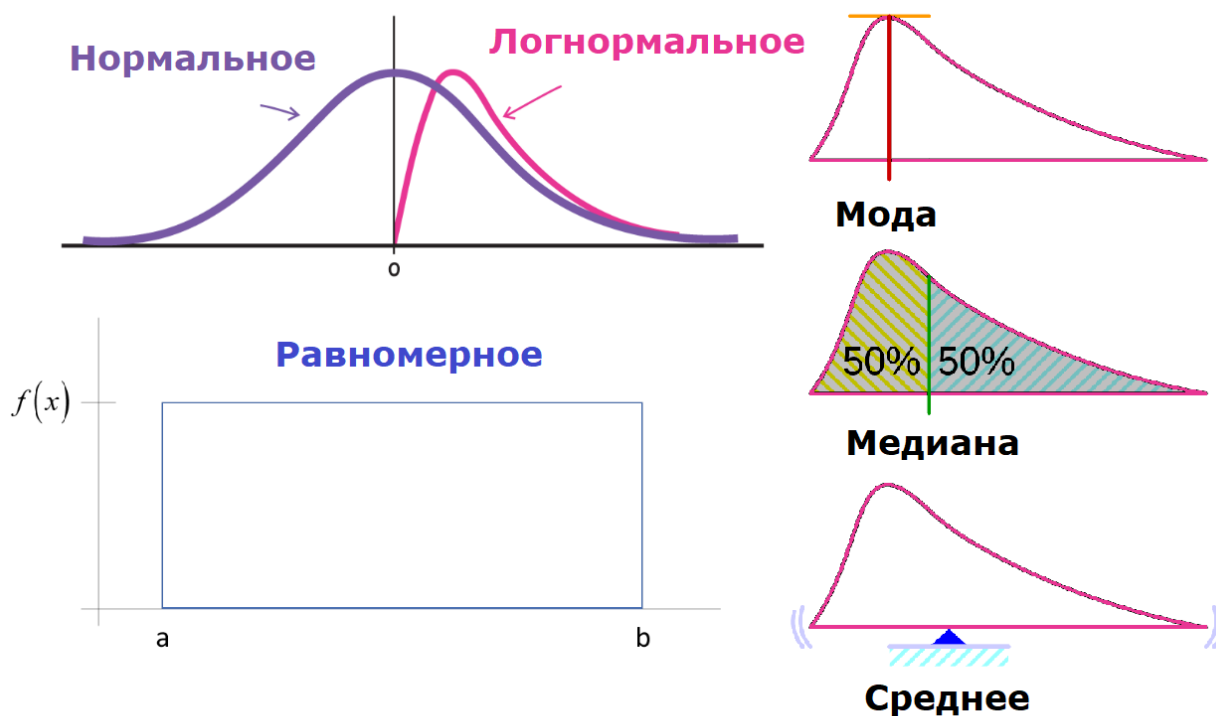


Рисунок 1.3 – Основные вероятностные распределения и их параметры

Нормальное или гауссово распределение (распределение заданное природой) – наиболее вероятная величина из выборки соответствует среднему значению выборки (например размер яблок одного дерева, какие-то плоды будут очень маленькими, а какие-то очень большими, но большинство плодов будут близки к среднему размеру). Мода, медиана и среднее значение функции распределения не равны [0].

Логнормальное распределение – наиболее вероятная величина смещена в сторону меньшего значения выборки. Мода, медиана и среднее значение функции распределения не равны.

Равномерное распределение – каждое значение равновероятно, другими словами, функция плотности является постоянной или плоской, где каждая переменная имеет равные шансы появления.

Существует большое количество функций распределения и их производных, но они встречаются реже в распределении параметров влияющих на запасы углеводов. Рассмотренные зависимости будут использованы в данной работе на стадии расчетов.

1.5 Ключевые неопределенности при подсчете запасов углеводородов

Среди ключевых неопределённостей при подсчете запасов являются (Рисунок 1.4):

- Структурные неопределенности, влияющие на общий объем горных пород (GRV – gross rock volume).
- Концептуальные неопределенности, отвечающие за особенности распределения пород-коллекторов в пространстве (NTG – Net To Gross).
- Петрофизические неопределенности, определяющие качество коллектора, способного содержать флюид (ϕ , S_o).
- Неопределенности свойств углеводородов — плотности и пересчетного коэффициента (ρ , θ).

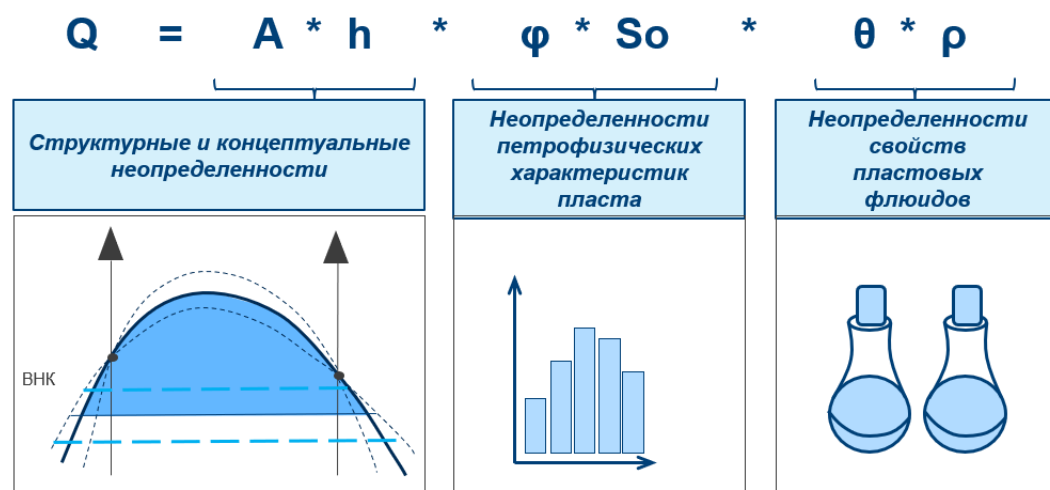


Рисунок 1.4 – Ключевые неопределенности [56]

Структурные и концептуальные неопределенности, влияющие на общий объем горных пород и отвечающие за особенности распределения пород-коллекторов в пространстве берутся исходя из данных сейсморазведки и общей региональной геологии.

В сейсморазведке, для двух волн, одна из которых отражена от кровли, а вторая – от подошвы тонкого слоя, существует предел того, насколько близко они могут располагаться одна к другой, чтобы их можно было различить. Этот предел зависит от мощности слоя и представляет собой предел вертикальной разрешающей способности.

Для прямого обнаружения отражений от кровли и подошвы тонкого слоя, длина волны должна быть меньше или равна толщине слоя [12]. Длины волн, для слоёв мощностью от 1 до 5 метров, современными технологическими средствами недостижимы. Ввиду того что положение кровли и подошвы пласта точно не известно, следует учитывать это при оценке структурных неопределенностей залегания пластов и закладывать ошибку, которая является равновероятной в обоих направлениях (увеличение или уменьшение глубины залегания отражающих горизонтов).

В случае отсутствия статистики по региону по заполнению ловушек необходимо анализировать имеющуюся информацию по структурным картам, разломам, линиям замещения. Исходя из конфигурации ловушки надо оценить геометрию ловушек и понять, как потенциально может изменяться положение контактов флюидов. Чтобы оценить площадь ловушки нужно использовать данные сейсморазведки, для этого применяется геологическое моделирование и построение структурных карт.

Например, для ловушки структурного типа определяется максимальное и минимальное положение замыкающих изогипс, контролирующих возможный водонефтяной контакт. При этом положение водонефтяного контакта будет равновероятным по всей амплитуде ловушки (так как нет статистики и данных, то любое предположение, обоснованное с геологической точки зрения будет потенциально верным в равной степени) а площадь, прогнозируемой нефтегазоносности, соответствующую изогипсе кровли структуры и замыкающей изогипсе по водонефтяному контакту заложить в модель (Рисунок 1.5).

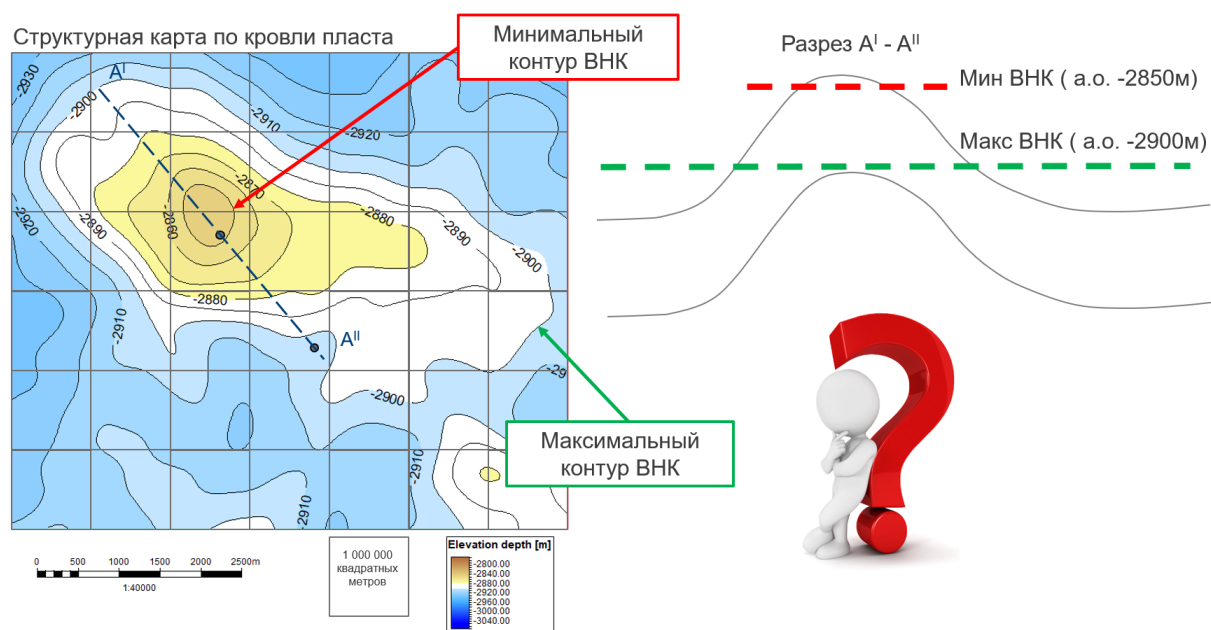


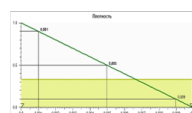
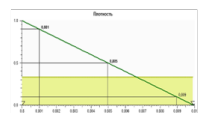
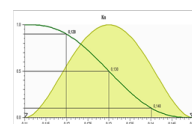
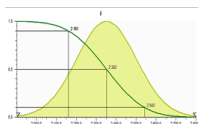
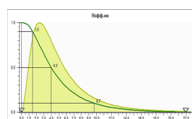
Рисунок 1.5 – Неопределенности замыкающей изолинии

Петрофизические неопределенности, определяющие качество коллектора, способного содержать флюид (это значения пористости и нефтенасыщенности) и неопределенности свойств пластовых флюидов (плотность и объемный коэффициент) принимаются исходя из вероятностного распределения данных свойств полученных с месторождений аналогов, где разрабатываются те же продуктивные пласты, что и в анализируемой структуре.

1.6 Многовариантный расчет методом Монте-Карло

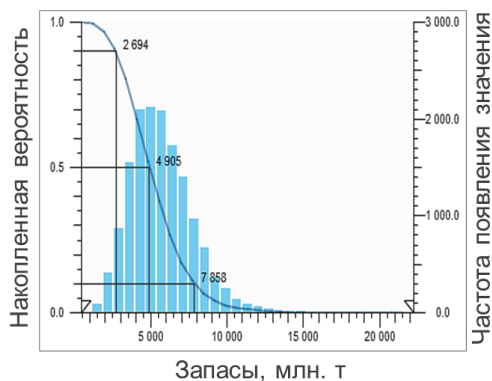
Вероятностная оценка означает отказ от точного расчета параметров в условиях высоких неопределенностей, и учитывает всевозможные варианты их оценки. После того как построена базовая геологическая модель и заданы неопределенности в виде вероятностного распределения параметров производится многовариантный расчет, состоящий из множества реализаций с использованием, например таких методов расчета как Монте-Карло или выборка латинского гиперкуба (Рисунок 1.6).

Исходные распределения параметров



Многовариантный расчет

Распределение объема ресурсной базы или запасов



Методы расчета Монте-Карло или Латинский Гиперкуб

$$Q = A * h * \phi * So * \theta * \rho$$

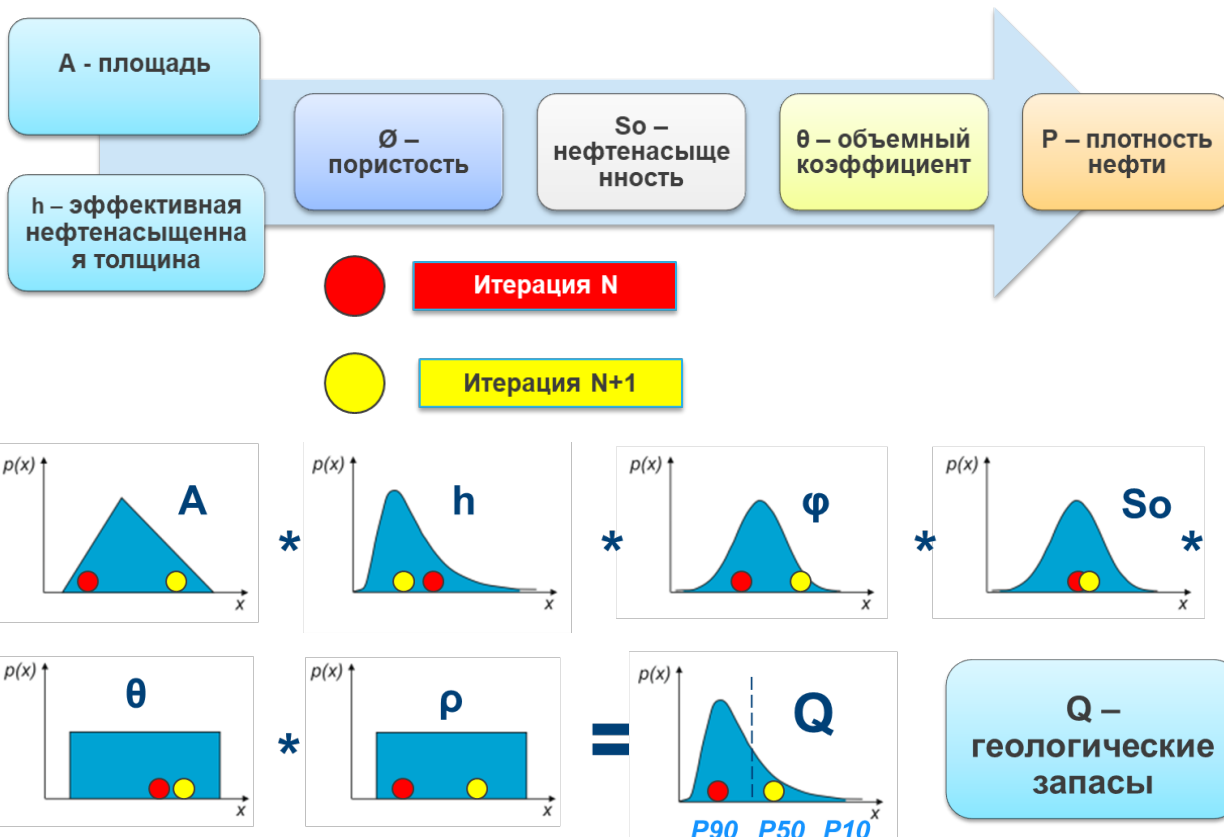
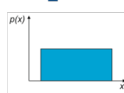
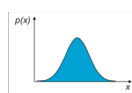
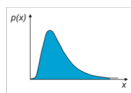


Рисунок 1.6 – Концептуальная схема расчета с учетом входных данных

Метод заключается в следующем: каждая переменная для уравнения подсчета объема запасов выбирается случайным образом согласно ее вероятностному распределению, также для этих целей используется дополнение в виде статистического метода генерации случайной выборки значений из многомерных распределений, которая называется латинский гиперкуб.

Другими словами, при использовании латинского гиперкуба в многовариантном расчете методом Монте-Карло каждое значение в последующей итерации будет уникальным, значения не повторяются, происходит выбор образца максимально непохожего на предыдущие.

Количество итераций необходимых для расчета многовариантной оценки выбирается исходя из вычислительной мощности машины, но слишком большое количество многовариантной оценки не имеет смысла, ввиду того что в модель изначально закладываются большие неопределенности и результат будет также с большим диапазоном вероятных значений. Большое количество итераций лишь уточнит граничные значения (квартили или перцентили) функции плотности вероятности запасов анализируемой структуры, но такая точность не имеет практического применения на стадии анализа, так как при каждом новом цикле многовариантного расчета результат всегда будет разный, что в свою очередь изменит на несколько процентов граничные значения, поэтому в этом нет практического смысла. Стоит отметить, что большое количество итераций значительно повышает время расчетов, тем самым необходимо найти баланс качества и скорости оценки.

1.7 Классификация распределения запасов анализируемой структуры

По итогу в результате многовариантного расчета получается функция распределения расчетной величины – гистограмма объема ресурсов или запасов залежи (Рисунок 1.7).

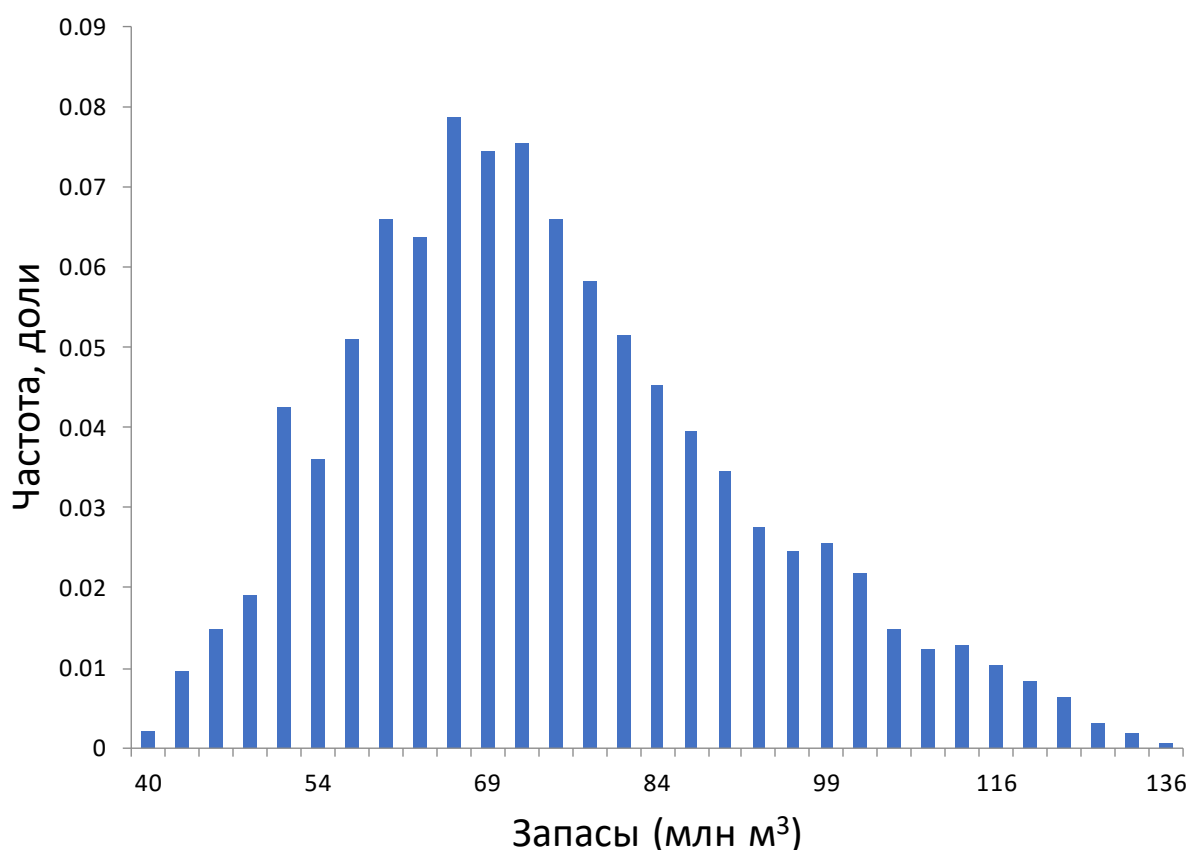


Рисунок 1.7 – Гистограмма распределения вероятностных запасов залежи

При использовании вероятностной оценки определяют следующие величины (Рисунок 1.8) [16]:

- Минимальная или наиболее вероятная оценка (P90) – оценка запасов или ресурсов подтверждена с вероятностью 90 процентов.
- Базовая, средняя или ожидаемая величина (P50) – оценка запасов или ресурсов подтверждена с вероятностью 50 процентов.

- Максимальная величина, наиболее маловероятный шанс (P10) – оценка запасов или ресурсов подтверждена с вероятностью 10 процентов.

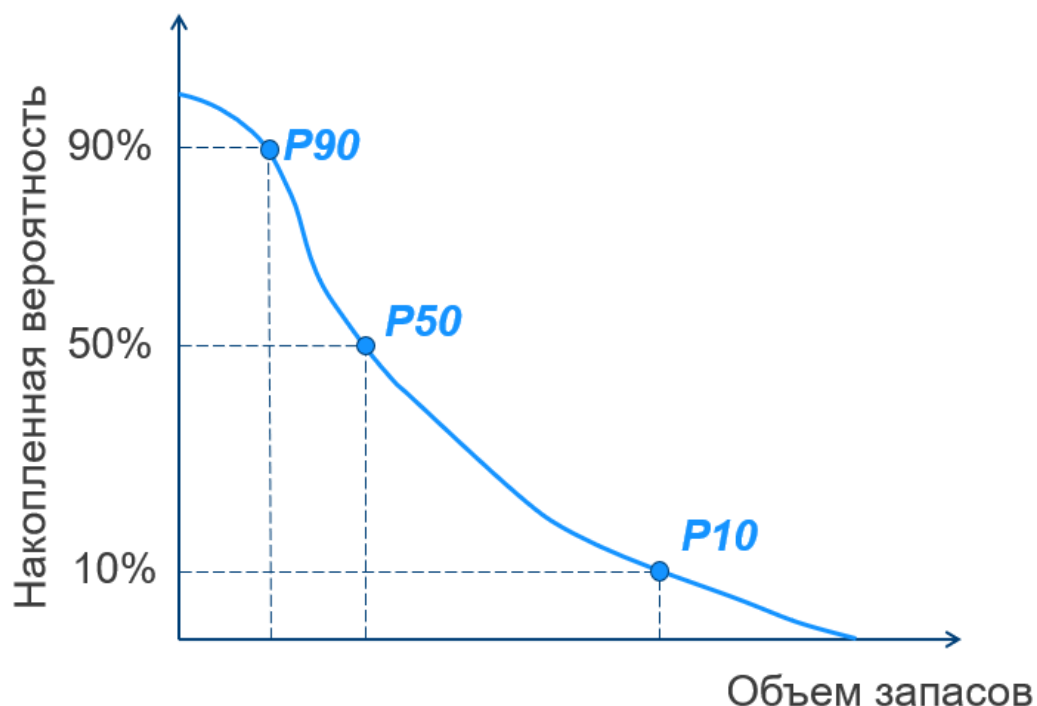


Рисунок 1.8 – Накопленная вероятность оценки объема запасов

1.8 Торнадо диаграмма

При многовариантном расчете происходит процесс анализа входных данных, то каким образом каждый из параметров оказывает влияние на результат. По итогу это можно отобразить графически с помощью торнадо диаграммы и понять какой из параметров оказывает наибольшее влияние на объем запасов (Рисунок 1.9). Построение торнадо диаграммы производится от базовой (средней) или ожидаемой величины запасов (P50) (Рисунок 1.10). Исходя из этого необходимо определить наиболее влиятельные параметры для того, чтобы составить программу их доизучения, чтобы существенно снизить итоговый интервал неопределенности запасов анализируемой структуры.

Торнадо диаграмма влияния неопределенностей на геологические запасы месторождения

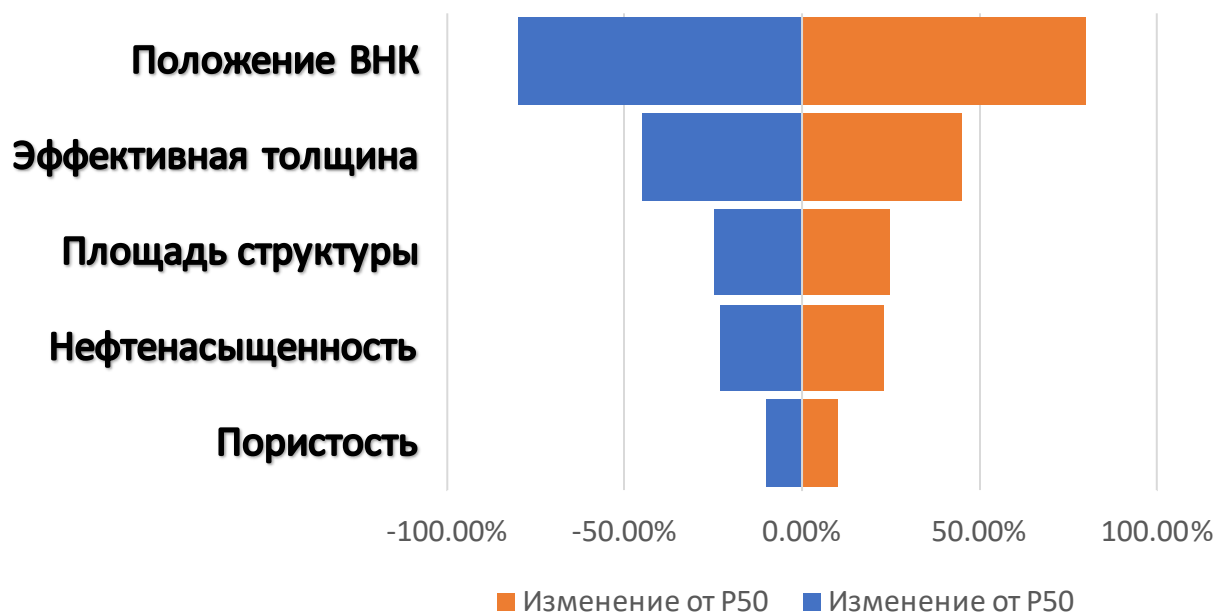


Рисунок 1.9 – Торнадо диаграмма

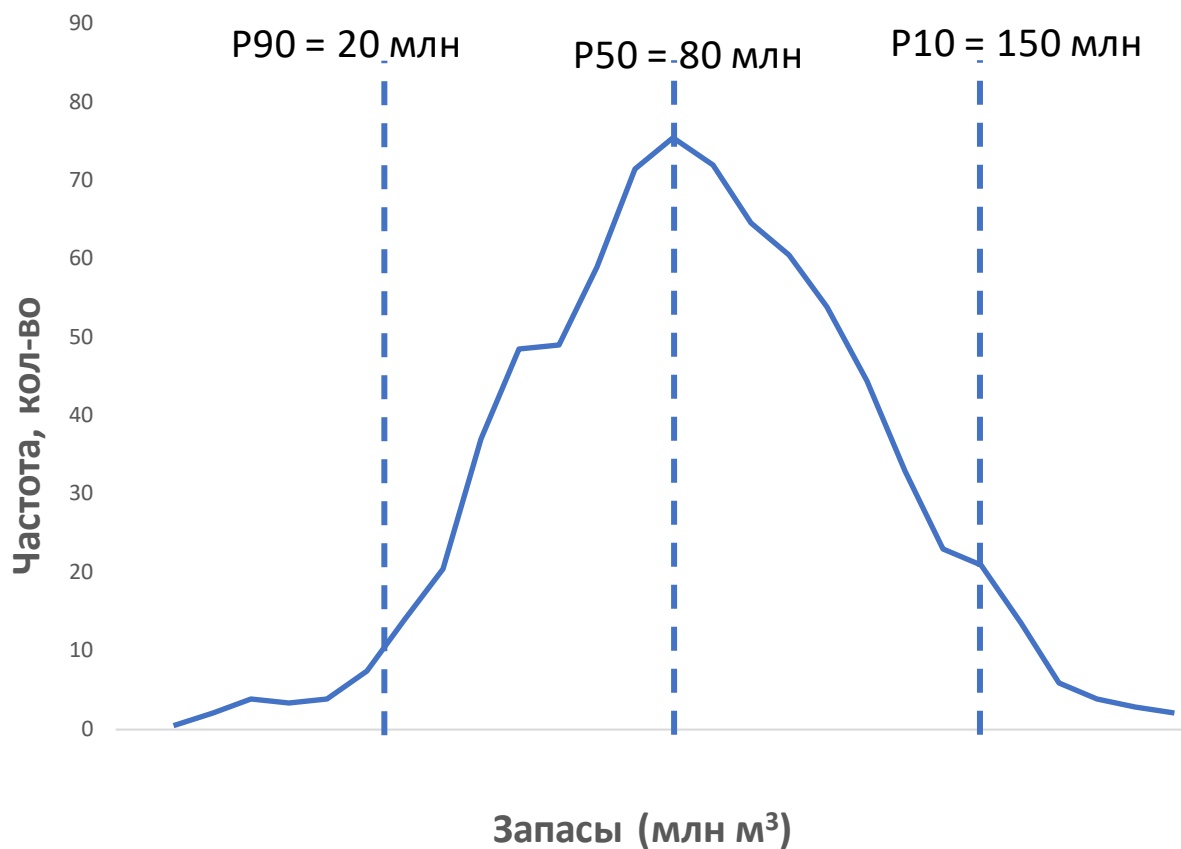


Рисунок 1.10 – Оценка объема запасов месторождения

В большинстве случаев главными параметрами, оказывающими наибольшее влияние на объемы запасов, являются структурные и концептуальные неопределенности ловушек. Данный анализ является очень важным, это касается не только вероятностной оценки запасов. Всегда необходимо оценить и проанализировать наиболее влиятельные переменные, чтобы определить ключевые мероприятия, направленные на доизучение этого параметра, чтобы снизить неопределенности в оценке каждого случая.

В дальнейшем для принятия инвестиционных решений производится расчет шанса геологического успеха, а также происходит отбор ловушек по нефтенасыщенным толщинам, пригодным для бурения с экономической точки зрения. Производятся расчеты по разработке месторождения, а именно потенциал извлечения углеводородов с учетом оптимальных технических решений. Далее анализ инфраструктурных решений по проекту и оценка экономической эффективности проекта с учетом всех необходимых затрат, включая программу геологоразведочных работ (ГРР). И в конечном этапе подбор и принятие интегрированного устойчивого решения [15].

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Для определения эффективности применения вероятностной оценки с помощью многовариантного расчета с учетом смещения структур был произведен расчет. Для этого, необходимо посчитать прибыль от работающего алгоритма “Workflow”, необходимо воспользоваться формулой:

$$\Pi = \mathcal{E} - \mu \quad (4.1)$$

где: $\mathcal{E}$ – оценка стоимости применения алгоритма за год, [руб.]; μ – стоимость затрат на использование алгоритма, [руб].

Стоимость применения или приток средств от алгоритма $\mathcal{E}$, [руб.] за год оценивается по формуле:

$$\mathcal{E} = (\mathcal{Z}_{\text{руч}} - \mathcal{Z}_{\text{алг}}) + \mathcal{E}_{\text{алг}} \quad (4.2)$$

где: $\mathcal{Z}_{\text{руч}}$ – затраты на ручную обработку данных, [руб.]; $\mathcal{Z}_{\text{алг}}$ – затраты на автоматизацию расчета вероятностных запасов, [руб.]; $\mathcal{E}_{\text{алг}}$ – экономический коэффициент от внедрения алгоритма (сокращение времени, сокращения использования ресурсов).

Алгоритм будет использоваться в паре с ПО Petrel на компьютере нефтегазовой компании. Средняя заработная плата специалиста-геолога в России на 2022 год – 60 000 рублей в месяц. Рабочий день в российских компаниях составляет 8 часов/день и график составляет 5 рабочих дней и 2 выходных. Для того, чтобы узнать сколько стоит час работы специалиста, необходимо подсчитать общее время его работы за месяц. Учитывая, что в месяце 4 недели, 5 дней в неделю являются рабочими, 8 часов рабочих в сутках, то в месяц получается 160 часов рабочего времени. Стоимость работы специалиста-геолога за 1 час в среднем будет равен 375 руб/час.

Далее необходимо учесть затраты компании на оплату времени, которое потратит геолог на расчет вероятностной оценки без использования алгоритма. Допустим, что геолог тратит 30% всего рабочего времени на оценку неопределенностей в ручном режиме. Поэтому нужно перевести проценты в часы:

$$0.3 * 160 = 48 \text{ часов в месяц.}$$

Итак, теперь можно конвертировать часы в денежном эквиваленте, которые тратятся на данный процесс. Соответственно затраты в месяц будут равны:

$$48 * 375 = 18000 \frac{\text{руб}}{\text{месяц}}.$$

При обработке данных геологом вручную, компания расходует в год

$$Z_{\text{руч}} = 12 \text{ месяцев} * 18000 \frac{\text{руб}}{\text{месяц}} * K = 432\,000 \frac{\text{руб}}{\text{год}}.$$

где K – коэффициент, учитывающий человеческий фактор и время на логические операции (принимая равным 2).

На следующем этапе необходимо рассчитать затраты компании на использование Workflow в паре с ПО Petrel. Так как алгоритм не имеет человеческого фактора, его скорость работы выше скорости человека, поэтому коэффициент не учитывается.

Должны быть рассчитаны затраты на электроэнергию для работы вычислительной машины. Расчеты будут проводиться при эквивалентном ручному методу времени (8 часов в день или 160 часов в месяц). Персональный компьютер средней мощности потребляет 135 Ватт в час. При 8-ми часовой работе ПК можно рассчитать сколько Ватт тратиться за один день:

$$135 \text{ Вт} * 8 \text{ часов} = 1080 = 1.08 \frac{\text{КВт}}{\text{д}}$$

Рассчитаем расход электроэнергии за 1 рабочий месяц или 22 дня:

$$a = 1.08 \frac{\text{КВт}}{\text{д}} * 22 \text{ Дня} = 23.8 \frac{\text{КВт}}{\text{мес}}$$

Тариф на электроэнергию в 2022 году составляет $\beta = 3$ рубля за 1 кВт/ч. Отсюда рассчитываются затраты на электроэнергию за один работающий компьютер:

$$Z_{\text{эл}} = \beta * a * K_o = 3 * 23.8 * 4 = 285.6 \frac{\text{руб}}{\text{мес}} \quad (4.4)$$

где: β – стоимость 1 кВт/ч; a – расходы электроэнергии за 1 рабочий месяц; K_o – коэффициент сложности операции. Его введение необходимо, потому что при обработке информации компьютер тратит в 3-5 раз больше электроэнергии.

Необходимо учитывать, что алгоритм Workflow в сотни и даже тысячи раз быстрее производит многовариантную оценку. Стандартная операция для одной итерации происходит в течении 10 секунд. Полный цикл запуска 300 реализаций занимает до часа, в зависимости от размера массива данных. Для примера было взято максимальное значение времени.

Предположим, что компания открывает в месяц по 10 ловушек для оценки и дальнейшей разведки, необходимо провести многовариантный анализ данных структур, для каждой ловушки будет задан расчет 300 реализаций, многовариантной оценки. Тогда затраты на работу алгоритма, с учетом его скорости будут составлять:

$$Z_{\text{алг}/v} = Tv * \beta v = 1 * 10 * 4.32 * 3 = 129.6 \frac{\text{руб}}{\text{мес}} \quad (4.5)$$

где: Tv – время работы алгоритма за один цикл 300 реализаций; βv – затраты на 1 кВт с учетом затрат мощности компьютера.

Затраты за один год составят:

$$129.6 * 12 = 1555.2 \frac{\text{руб}}{\text{год}}.$$

Далее необходимо рассчитать приток денежных средств во время использования алгоритма, при учете, что имеется дополнительный экономический эффект ($\mathcal{E}_{\text{алг}}$ примем равным 0). Эффект от внедрения алгоритма рассчитан по формуле:

$$\mathcal{E} = (\mathcal{Z}_{\text{руч}} - \mathcal{Z}_{\text{алг}}) + \mathcal{E}_{\text{алг}} = (432\,000 - 1555.2) + 0 = 430\,444.8 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

Также необходимо рассчитать затраты на техническое обслуживание и ремонт компьютера $\mathcal{Z}_{\text{тех}}$, рублей:

$$\mathcal{Z}_{\text{тех}} = C * \left(\frac{A}{100} \right) * \left(\frac{t_{\text{тех}}}{t_{\text{техгод}}} \right) \quad (4.6)$$

где: C – балансовая стоимость рабочей техники, [руб.]; A – норма отчислений на ремонт, [%]; $t_{\text{тех}}$ – время работы техники (компьютера), [ч]; $t_{\text{техгод}}$ – годовой фонд времени работы компьютера, [ч].

Для расчета времени работы техники с учетом ремонта $t_{\text{тех}}$ [ч], вводится коэффициент затрат времени на ремонт и профилактику компьютера N , [ч].

$$t_{\text{тех}} = Tv * 22 * Ko * N = 1 * 22 * 4 * 1.15 = 101.2 \text{ ч/мес} \quad (4.7)$$

Балансовая стоимость компьютера составляет 100 тысяч рублей. Норма отчислений на ремонт равна = 5%. Годовой фонд времени компьютера при учете коэффициента сложности операции будет составлять 120 часов в год. C

помощью формулы (4.6) производится расчет затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт компьютера:

$$З_{\text{тех}} = 100\,000 * (0.05) * \left(\frac{101.2}{120}\right) = 4216,7 \text{ [руб./год]}.$$

Расчет затрат на амортизацию вычислительной техники $З_{\text{ам}}$, [руб.] производится по формуле:

$$З_{\text{ам}} = C * \left(\frac{V_{\text{отч}}}{100}\right) * \left(\frac{t_{\text{тех}}}{t_{\text{техгод}}}\right) = 4216,7 \text{ [руб./год]} \quad (4.8)$$

где: C – балансовая стоимость рабочей техники, [руб.]; $V_{\text{отч}}$ – норма отчислений на амортизацию техники, [%]; $t_{\text{тех}}$ – время работы компьютера, [ч]; $t_{\text{техгод}}$ – годовой фонд времени работы компьютера, [ч].

Норма отчислений на амортизацию равна 20%. Следовательно затраты на амортизацию составят

$$З_{\text{ам}} = 100\,000 * (0.2) * \left(\frac{101.2}{120}\right) = 16\,866.7 \text{ [руб./год]}$$

Далее необходимо рассчитать эксплуатационные затраты компании μ , [руб./год] при внедрении алгоритма расчета вероятностной оценки запасов углеводородов в работу:

$$\mu = З_{\text{э}} + З_{\text{тех}} + З_{\text{ам}} = 1555.2 + 4216.7 + 16\,886.7 = 22\,639 \text{ [руб./год]}.$$

При внедрении алгоритма Workflow для вероятностной оценки запасов компания получит прибыль в размере:

$$\Pi = 430\,444 - 22\,639 = 430\,445 \text{ руб.}$$

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Введение

Основная часть работы относится к разработке методики и алгоритма вероятностной оценки ресурсной базы и оценки рентабельности поисковых работ на подготовленных структурах. Работа включает в себя активную мозговую деятельность в процессе анализа и разработки методики. Географическое местоположение работы: город Томск. Для потенциальных пользователей разрабатываемого решения не имеет значения административное или географическое положение места выполнения работ. Неотъемлемым инструментом в процессе создания выпускной квалификационной работы является электронно-вычислительная машина на базе персонального компьютера. Основная область применения результатов работы — это научно-технические центры либо экспертные подразделения нефтегазовой отрасли, связанные с подсчетом запасов на новых месторождениях и оценкой рисков поисково-разведочного бурения.

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения

5.2.1 Правовые нормы трудового законодательства

Режим рабочего времени представляет собой определенный порядок распределения рабочего времени, который устанавливается непосредственно организацией правилами внутреннего распорядка либо коллективным договором на основании ТК РФ и иных федеральных законов.

Защита персональных данных работника от неправомерного их использования или утраты должна быть обеспечена работодателем за счет его средств в порядке, установленном ТК РФ и иными федеральными

законами. Работодатели, работники и их представители должны совместно вырабатывать меры защиты персональных данных работников

Оплата и нормирование труда должны быть определены в соответствии с установленным ТК РФ на момент заключения трудового договора с работником.

5.2.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Требования к расположению работника за компьютером нацелены на обеспечение его комфорта в течение всей рабочей смены и отсутствие негативных последствий длительной работы. Они действуют для любых рабочих мест, будь то бухгалтерия, обучающий класс или кабинет информатики. Они включают следующие правила:

- полная опора ступнями на пол при посадке;
- использование компьютерной мебели, отвечающей нормам;
- отказ от скрещивания конечностей, способного затруднить кровообращение;
- соблюдение расстояние до монитора компьютера не меньше 45 сантиметров;
- правильная установка освещения, которое не должно светить в глаза и оставлять блики на рабочем мониторе.

Для облегчения длительной работы эксперты рекомендуют использовать вспомогательное оборудование, например, особые очки, антибликовые мониторы, коврики для мыши и проч. Нарушения техники безопасности при работе на компьютере способны вызвать стойкие расстройства здоровья, которые потом будет трудно ликвидировать.

5.3 Производственная безопасность

Место проведения работы находится в компьютерном классе центра Heriot Watt НИ ТПУ. Площадь аудитории составляет 120 м², а площадь рабочего пространства 4.5 м². Общее количество стационарных компьютеров составляет 22 штуки. В аудитории предусмотрено естественное освещение через оконные проемы и искусственное посредством потолочных растровых светильников с холодным типом освещения.

Циркуляция воздуха в помещении осуществляется принудительной системой вентиляции или открытием окон для проветривания в летний период. В холодные периоды года, обогрев помещения осуществляется системой центрального отопления. В учебной аудитории проходит ежедневная уборка.

Выявление вредных и опасных факторов, характерных для рассматриваемого рабочего отображено в Таблице 5.1 [2].

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ на персональном компьютере

Источник фактора	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа за персональным компьютером	Повышенный уровень шума	Риск поражения статическим электричеством при случайном контакте с отдельными элементами техники	СП 2.2.3670-20 СП 52.13330.2016 ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 30494-2011 ГОСТ 12.1.003-2014
	Недостаточная освещенность рабочей зоны		
	Повышенный уровень электромагнитных излучений		
	Отклонение показателей микроклимата		
	Напряженность труда		

Повышенный уровень шума. Существует два вида шума, оказывающие влияние на организм человека – слабый и сильный шум. При длительном влиянии слабого шума на организм человека повышается раздражительность и появляются затруднения с пониманием речи. Высокий уровень шума оказывает более вредное воздействие на организм человека – замедляет реакцию человека, сильно угнетает центральную нервную систему, снижает уровень внимания, ухудшает психоэмоциональное состояние человека.

Основным источником шума в процессе выполнения работы является шум от вентиляторов, находящихся в системном блоке компьютера. Дополнительными источниками шума являются устройства кондиционирования, различные периферийные устройства и шум с улицы. В целом, уровень шума относится по классификации к слабому. Уровень шума не должен превышать 50 дБ [9]. Максимально возможный уровень шума, создающегося вентилятором системного блока компьютера, не превышает 30 дБ. В случае выхода из строя вентилятора, увеличивается его уровень шума ввиду износа подшипника, необходимо провести ремонтные работы и устранить источник шума. Для устранения дополнительного источника шума с улицы необходимо использовать специальное звукопоглощающее покрытие стен и потолка [3].

Недостаточная освещенность рабочей зоны. При низкой освещенности рабочего места повышается утомляемость работника и возникают отклонения в психоэмоциональном состоянии, что в совокупности сказывается непосредственно на конечной работоспособности человека. Для расчета необходимой освещенности рабочего места необходимо также учитывать влияние экрана монитора, выражающееся в наличие бликов на экране, мерцание экрана и контрастности между экраном монитора и фоном. Кроме того, необходимо принимать во внимание объем помещения (15х9х4,5м) (Рисунок 5.1), отражение светового потока от стен и потолка, высоту рабочей поверхности от пола (0,8 м), длительность и периодичность работы человека за компьютером. Ввиду того, что работа выполняется в

помещение, существует недостаток естественного освещения, который необходимо восполнить применением искусственного освещения. Его расчет производится методом коэффициента светового потока. Для работы в компьютерном зале требуемая средняя освещенность экрана монитора должна быть не более 200 люкс, освещенность рабочего стола должна быть в районе 500 люкс [10]. Освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения [10]. На Рисунке 5.3 приведена схема освещения рабочего помещения, в котором установлены светильники типа ARS/R 418 размером 500x500x40 мм, каждый укомплектован четырьмя люминесцентными лампами типа Philips TL-D, каждая мощностью 18 Вт.

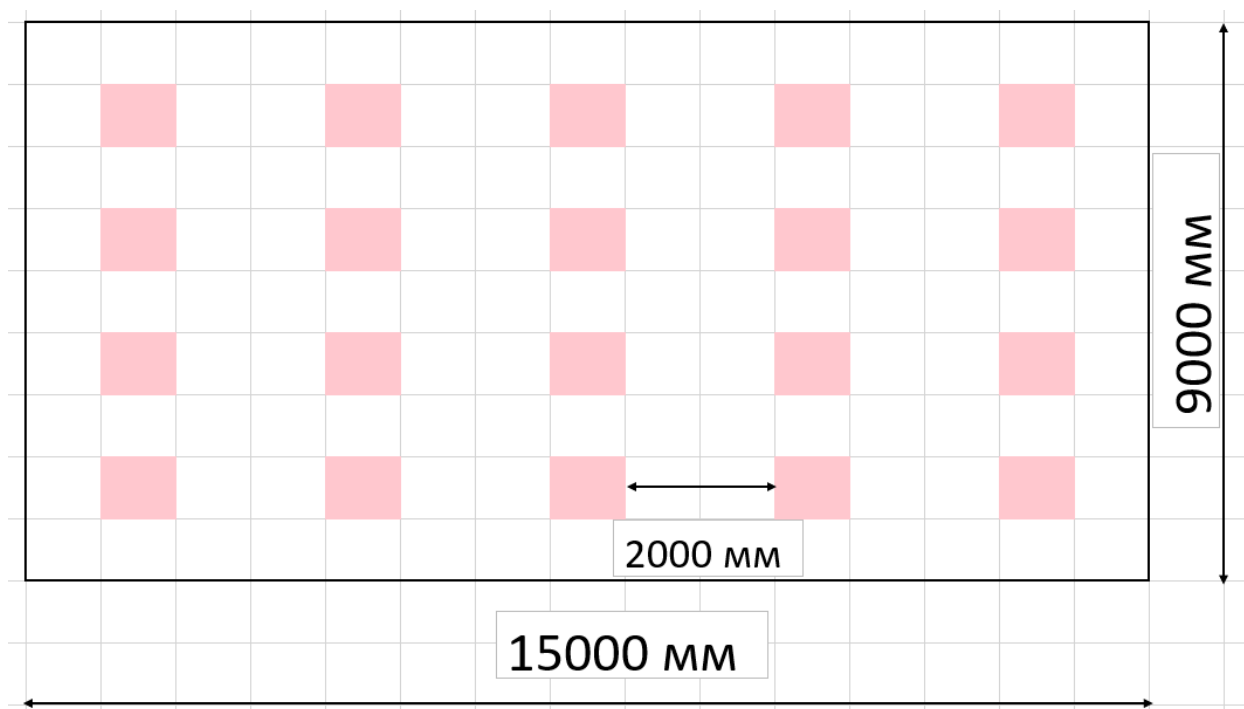


Рисунок 5.1 – Схема освещения помещения

Помещение имеет размерность: длина 15 м, ширина – 9 м, высота – 2,91 м, высота стола – 0,76 м, суммарное количество ламп составляет 80 штук. Норма освещённости рабочих поверхностей в помещениях для работы с дисплеями и видеотерминалами принимается $E_n = 400$ лк [10]. Фактическая освещенность определяется по формуле:

$$E_{\phi} = \frac{N \cdot n \cdot \phi_{ст} \cdot \eta}{5 \cdot k_3 \cdot Z} \quad (5.1)$$

где N – число светильников; n – число ламп в светильнике; $\Phi_{ст}$ – световой поток люминесцентных ламп, лм; η – коэффициент использования светового потока, %; S – площадь освещаемого помещения, м²; K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника; Z – коэффициент неравномерности освещения.

Для определения коэффициента использования светового потока необходимо найти индекс помещения. Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} \quad (5.2)$$

где h – высота от ламп до рабочей поверхности, A – ширина, а B – длина. Рассчитаем индекс:

$$i = \frac{135}{(2.91 - 0.76) \cdot (15 + 9)} = 2.6$$

При $i = 2.6$, коэффициент отражения светлых стен 50% и светлого потолка $\rho = 70\%$, коэффициент использования светового потока, согласно [8], равен $\eta = 0,64$. Коэффициент неравномерности освещения Z для люминесцентных ламп примем $Z = 1.1$. Коэффициент запаса в случае офисных помещений составляет $K_3 = 1.2$. Световой поток используемых люминесцентных ламп составляет 1200 лм. Рассчитаем фактическую освещенность по формуле 5.1:

$$E_{\phi} = \frac{20 \cdot 4 \cdot 1200 \cdot 0.64}{15 \cdot 9 \cdot 1.2 \cdot 1.1} = 344 \text{ лк}$$

Рассчитаем отклонение от нормы ΔE :

$$\Delta E = \frac{400 - 344}{400} * 100 = 14 \%$$

Так фактическая освещенность на 14 % ниже, чем нормативное значение для помещений, предназначенных для работ средней точности, при условии постоянной работы в нем. Учитывая, что в аудитории имеются 4 окна обеспечивающие поток естественного освещения (площадь окна 2.5 м²) а норма составляет 400 лк при периодической работе с постоянным пребыванием, можно указать на соответствие освещенности учебной аудитории требуемому уровню. При необходимости обеспечения постоянной работы в таком помещении необходимо поменять люминесцентные лампы на лампы, генерирующие больший световой поток, либо установить дополнительные источники освещения.

Данное рабочее место, используемое на время написания магистерской диссертации, соответствует всем нормативным требованиям освещенности, а также всем нормам нормативной документации.

Повышенный уровень электромагнитного излучения.
Электромагнитное излучение, создаваемое преимущественно экраном монитора при работе за компьютером, негативно влияет на здоровье человека. Предельно допустимые значения электромагнитного излучения от экрана монитора отображены в Таблице 5.2 [7].

Таблица 5.2 – Предельно допустимые значения электромагнитного излучения от экрана монитора

Нормируемые параметры		ПДУ
Напряженность электрического поля	5 Гц - < 2 кГц	25 В/м
	2 кГц - < 400 кГц	2,5 В/м
Напряженность магнитного поля	5 Гц - < 2 кГц	250 нТл
	2 кГц - < 400 кГц	25 нТл
Плотность потока энергии	300 МГц - 300 ГГц	10 мкВт/см ²
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Все мониторы при поставках в Российскую Федерацию проходят обязательную сертификацию, которая необходима как раз для минимизации случаев поставок некачественного оборудования, не удовлетворяющего требованиям безопасности. Наличие сертификата безопасности подтверждает тот факт, что электромагнитное излучение от монитора не превышает установленных СанПиН норм. Но для дополнительной безопасности необходимо придерживаться простых правил работы с мониторами:

- по возможности включать специальный режим «Защита глаз», который распространен на многих моделях мониторов;
- придерживаться рационального режима труда и отдыха;
- расстояние между экраном монитора и глазами не должно быть меньше 70 см.

Отклонение показателей микроклимата. Под понятием микроклимата помещения понимается совокупное влияние температуры воздуха и поверхностей в помещении, относительная влажность воздуха и скорость его движения в помещении. Эти факторы имеют большое влияние на обеспечение комфортной рабочей среды, минимизации риска развития различных респираторных заболеваний и т.д., поэтому очень важно

соблюдать в помещении комфортный и стабильный микроклимат. Нормы микроклимата отражены в Таблице 5.3 [5]. Помещения 2-й категории: помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебой.

Таблица 5.3 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Наименование помещения или категория	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Холодный	1	20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60	0,2	0,3
	2	19-21	18-23	18-20	17-22	45-30	60	0,2	0,3
	3а	20-21	19-23	19-20	19-22	45-30	60	0,2	0,3
	3б	14-16	12-17	13-15	13-16	45-30	60	0,3	0,5
	3в	18-20	16-22	17-20	15-21	45-30	60	0,2	0,3
	4	17-19	15-21	16-18	14-20	45-30	60	0,2	0,3
	5	20-22	20-24	19-21	19-23	45-30	60	0,15	0,2
	6	16-18	14-20	15-17	13-19	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
Теплый	Ванные, душевые	24-26	18-28	23-25	17-27	Не нормируется	Не нормируется	0,15	0,2
	Помещения с постоянным пребыванием людей	23-25	18-28	22-24	19-27	60-30	65	0,15	0,25

Напряжённость труда. Под понятием напряженности труда понимается характеристика трудового процесса, влияющая на психоэмоциональное состояние работника и отражающая нагрузку на центральную нервную систему человека. Понятие напряженности труда неразрывно связано с монотонностью рабочей функцией человека, режимом его работы и утомляемостью, эмоциональными и интеллектуальными нагрузками, возникающими в процессе выполнения работы. Для

минимизации влияния вышеизложенных факторов на организм человека необходимо соблюдать рациональный режим труда и отдыха.

Работа за персональным компьютером классифицируются по виду трудовой деятельности на три группы: А – работа, заключающаяся в считывании с экрана информации с предварительным запросом; Б – работа, заключающаяся преимущественно в вводе информации; В – творческая работа в диалоговом режиме.

Так как работник зачастую выполняет разнообразную работу с компьютером, относящуюся к разным группам работ, то его деятельность относят к той группе работ, на которую затрачивается более 50% рабочего времени.

Для каждой из перечисленных групп работ регламентирован свой уровень нагрузки, определяющий тяжесть и напряженность работы. Уровень нагрузки определяется следующим образом (Таблица 5.4): А – количество суммарных считываемых знаков; Б – количество считываемых или вводимых знаков; В – суммарное время, проведенное во время работы за компьютером.

Таблица 5.4 – Виды категорий трудовой деятельности с ЭВМ

Категория работы по тяжести и напряженности	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работы на ЭВМ		
	Группа А, кол-во знаков	Группа Б, кол-во знаков	Группа В, время работы, [ч]
I	До 20000	До 15000	До 2,0
II	До 40000	До 30000	До 4,0
III	До 60000	До 40000	До 6,0

Трудовые функции, связанные с выполнением выпускной квалификационной работы, по своей категории в большей степени относятся к I категории и группе работ В. В целом, работа носила несбалансированный

характер, проявляющимся в различной длительности выполнения работы – от часа до 6 часов без перерывов. Кроме того, работа по своему виду также менялась – иногда основным видом деятельности было считывание информации, в другое время – ввод информации, поэтому справедливо классифицировать вид работы по общему времени проведенному за компьютером.

Риск поражения статическим электричеством при случайном контакте с отдельными элементами техники. Соблюдение мер электробезопасности является важным фактором, обуславливающим безопасность при работе с электрическими устройствами, такими, как персональный компьютер. Регламентация правил безопасности, основные технические и организационные мероприятия, направленные на обеспечение безопасного труда человека с использованием электрических устройств представлены в нормативной документации [4]. Риск поражения электрическим током возникает при прикосновении человека к токоведущим конструкциям или предметам, которые могут быть под напряжением.

Опасность поражения электрическим током для здоровья человека заключается прежде всего в том, что электрический ток наносит комплексный вред организму человека, проявляющийся в термическом, электролитическом, световом, биологическом и механическом воздействии.

Помещение, в котором выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности и характеризуется нормальной температурой и влажностью, отсутствием химически активной среды, токопроводящей пыли и полов.

Для обеспечения электробезопасности при работе с персональным компьютером необходимо придерживаться элементарных правил безопасности:

- не подключать к электрической сети приборы с неисправной электропроводной и поврежденными изоляционными элементами;

- не подключать к электрической сети через одну розетку множество приборов через один разветвитель;
- использовать специальные сетевые фильтры и устройства, защищающие от скачка напряжения в сети;
- при первых признаках короткого замыкания необходимо немедленно отключить оборудование от электрической сети.

5.4 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность при выполнении работы сводилась к устранению и минимизации отходов бытового мусора, охране окружающей среды. Источниками возможного загрязнения окружающей среды могут стать персональные компьютеры, батарейки, используемые в различном периферийном оборудовании, люминесцентные лампы.

Основным принципом охраны окружающей среды и экологии в данном случае является необходимость в правильном хранении и утилизации отходов. Персональные компьютеры в случае выхода из строя списываются и помещаются на хранение, при необходимости компьютер и его комплектующие утилизируются. Опасность люминесцентных ламп и батареек для экологии заключается в том, что в их составе находятся агрессивные химические вещества. Например, каждая люминесцентная лампа содержит по 60 мг ртути. Утилизацией отработавших ламп и батареек занимается специальная компания, специализирующаяся на этом. Во многих зданиях находятся пункты приема отработавших батареек или ламп, куда можно сдать отработавшие экземпляры. В здание, где выполнялась работа, находится пункт приема батареек. Под хранением отходов понимается временное размещение их в специально отведённых для этого местах или объектах до их утилизации. Отработанные люминесцентные лампы, согласно, относятся к отходам, которые сортируются и собираются отдельно, поэтому утилизация люминесцентных ламп и их хранение должны отвечать определенным требованиям [6].

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Основной чрезвычайной ситуацией, которая может произойти при выполнении работ, является пожар в здании. Причиной пожара может стать неисправная проводка, перегрузка электрической сети и короткое замыкание. Здание, в котором выполняются работы, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, иметь план эвакуации, с которым должны быть ознакомлены все посетители, должны быть развешены таблички и указатели путей эвакуации и эвакуационных выходов, развешены пожарные рукава и огнетушители, прошедшие поверку, должна действовать пожарная сигнализация. На каждом этаже должно находиться не менее двух огнетушителей, расположенных на видных местах около выходов и входов из помещений. Высота установки огнетушителя – не более 1,35 метра [1].

Для снижения риска возникновения пожара необходимо соблюдать простые правила пожарной безопасности [1]:

- нельзя курить в помещении и пользоваться открытым огнем;
- использовать только исправное оборудование;
- следить за своевременным проведением инструктажей техники безопасности, ответственным за пожарную безопасность помещения;
- при выходе из помещения необходимо отключить электрическое оборудование от сети, выключить освещение;
- пути эвакуации и проходы должны обеспечивать свободное прохождение людей и не должны быть перегородены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы были выполнены следующие задачи:

1) В результате исследования были применены методы многовариантного расчета запасов рассматриваемых структур с учетом ключевых неопределенностей путем создания «Workflow» в ПО «Petrel».

2) Произведена оценка и анализ полученных вероятностных распределений запасов по структурам.

3) Произведена оценка рентабельности бурения поисково-разведочных скважин согласно вероятностному распределению запасов категории C_1 и C_2 подготовленных структур опираясь на исходные данные, предоставленные компанией «Газпромнефть НТЦ».

В процессе создания «Workflow» в ПО Petrel для подсчета вероятностной оценки запасов были учтены концептуальные и структурные неопределенности, такие как глубинное расположение структурных отражающих горизонтов и положение водонефтяного контакта, а также петрофизические неопределенности. Произведено более 2500 реализаций моделей, чтобы оценить все интересующие и важные моменты процесса многовариантного расчета. Можно сделать вывод, что размер ячеек для модели можно сделать больше принятых значений 100x100, так как это не повлияет на оценку запасов на качественном уровне, если увеличить размер ячейки в 2 раза, то значения запасов P10, P50, P90 модели с увеличенным размером ячейки отличаются от стандартной на 1-3 %. Но это ускорит расчет в разы. Необходимо искать баланс, между размером ячеек, точностью данных и скоростью многовариантного расчета.

В результате исследования были применены методы многовариантного расчета запасов. Был произведен учет ключевых неопределенностей. Был создан «Workflow» в ПО «Petrel» как базовый вариант для многократных реализаций расчета запасов. Предложена оценка рентабельности бурения скважин опираясь на исходные данные.

В будущем планируется продолжить изучение вероятностного подхода к оценке запасов в условиях высоких неопределенностей.

Весь процесс анализа вероятностной оценки запасов для структур делается с экономической точки зрения, на стадии планирования геологоразведочного бурения. Бурение скважины предполагает большие финансовые затраты, поэтому важно проводить качественный анализ и оценивать финансовые риски перед принятием решения. Это можно сделать с помощью перевода полученных параметров запасов на метр проходки скважины. Для этого на одном графике изображается вероятностное распределение запасов и строится вторая шкала, которая рассчитывается путем деления запасов на общий метраж скважины, тем самым получается шкала тонна нефти/метр проходки. Это шкала является универсальной ввиду того, что ее довольно просто конвертировать в денежном эквиваленте и она не теряет актуальность со временем. В любой период времени можно производить оценку стоимости метра проходки скважиной и цену 1 тонны подготовленной нефти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативная

1. 123-ФЗ от 22.07.2008 (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". – 14 с.
2. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. – 6 с.
3. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. – 23 с.
4. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. – 17 с.
5. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (Переиздание с поправкой). ГОСТ от 12 июля 2012 г. № 30494-2011. – 29 с.
6. ГОСТ 6825-91 Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения. – 31 с.
7. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ. – 14 с.
8. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение / М.: Минстрой России, 2016. – 103 с.
9. СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда". – 13 с.
10. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменениями N 1, 2). – 25 с.

Опубликованная

11. Вероятностная оценка геологических неопределенностей: выученные уроки. Горбовская О.А., SPE-189015-RU. ООО "Газпромнефть НТЦ". Авторское право 2017. – С. 2-3.

12. Вилмаз О. - Обработка сейсмических данных. Том 3 – 1986. – 16 с.
13. Ворошилов В.Г. Математическое моделирование в геологии: Учебное пособие, г. Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – 124 с.
14. Дымочкина М.Г., к.т.н., П.Ю. Киселев, М.Н. Пислегин, Т.Г. Кузьмин, А.Т. Муллағалиев. Геолого-экономическая оценка проектов: настоящее и будущее // PRONEFTЬ. Профессионально о нефти, 2018 г. – № 3(9). — С. 18-23.
15. Дэвис Дж. С. Статистический анализ в геологии, Москва, Недра, 1990. – 32 с.
16. Методика геолого-экономической оценки новых активов разведки и добычи углеводородов. — М.: ПАО «Газпром нефть», 2017. – С. 3-4.
17. Никонов Н.И. Рациональный комплекс поисково-разведочных работ на нефть и газ. Курс лекций. Ухта, 2006. – С 18-22.
18. Песков А.М. Особенности геологического строения палеозойской и мезозойской эратем волгоградского правобережья на основе новомихайловского месторождения. Статья в журнале «Молодой ученый». 2015. – С. 4-6.
19. Соболева Евгения Николаевна. Особенности геологического строения, оценка ресурсного потенциала и освоение залежей нефти в отложениях доманикового типа муханово-ероховского прогиба. 2022. – С. 16-22.
20. Шутько С.Ю., Кожевникова С.Д., Шутько Д.С. Риски и неопределенности Upstream, // Территория Нефтегаз. 2017. №1-2. С. 65-71.
21. Юрьевич К. Е., Неопределенность оценок аварийного риска объектов нефтегазовой отрасли// Диссертационная работа, 2020 г. – 333 с.
22. Юшков, И.Р. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений: учеб.-метод. пособие / И.Р. Юшков, Г.П. Хижняк, П.Ю. Илюшин. – Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2013. – 177 с.

23. Abhijit, Y. Dandekar, Petroleum Reservoir Rock and Fluid Properties//CRC Press; 2nd edition ISBN-1439876363 – 2013. – 544 p.
24. Ahmed, Tared H., 1946- Reservoir engineering handbook // British Library Cataloguing-in-Publication Data – ISBN 0-88415-770-9, 2001. – 1211 p.
25. Bloshkin, A., Kharitontseva, P. Sensitivity Analysis of the Impact of Geological Uncertainties on DFN Model Construction (Field X) // EAGE, Innovations in Geosciences — Time for Breakthrough, Saint Petersburg. 2018. – 6p.
26. Dake, L.P. The Practice of Reservoir Engineering (Revised Edition) // 1st Edition, ISBN: 9780080574431, 2001. – 525 p.
27. Denis José Schiozer, A New Approach to History Matching Using Reservoir Characterization and Reservoir Simulation Integrated Studies// DOI:10.4043/26038-MS, 2015. – 7 p.
28. Foley, L. M., L. Ball, A. Hurst, J. Davis, and D. Blockley, 1997, Fuzziness, incompleteness and randomness: classification of uncertainty in reservoir appraisal: Petroleum Geoscience, v. 3, P. 203–209.
29. World Petroleum Council. Guidelines for application of petroleum reserves definitions // Society of Petroleum Evaluation Engineers, 2011. – 222 p.
30. Craig, P. S, BeggS, H, BeggMichael H. Naylor Handling risk and uncertainty in petroleum exploration and asset management: An overview. October 2008, AAPG Bulletin 92(10):1251-1261. – 94 p.
31. Hastings, N. A. J., and J. B. Peacock, 1975, Statistical distributions: London, Butterworth, 84 p.
32. Heidari, Leila, Ve´ronique Gervais, Mickae¨ le Le Ravalec, and Hans Wackernagel. History matching of reservoir models by ensemble Kalman filtering: The state of the art and a sensitivity study, in Y. Z. Ma and P. R. La Pointe, eds., Uncertainty analysis and reservoir modeling: AAPG Memoir 96, 2011. – P. 249-264.

33. Kamali, M. 3D Geostatistical Modeling and Uncertainty Analysis in a Carbonate Reservoir [Text] / Kamali, M., Omidvar, A., and Kazemzadeh, E. // Journal of Geological Research. – 2013. – P. 14-17.
34. Kohshour, I. O., Ahmadi, M., Hanks, C. Uncertainty Assessment in Geologic Modeling and Sensitivity Analysis of Static and Dynamic Models in Umiat: A Frozen Shallow Oil Accumulation in National Petroleum Reserve of Alaska // SPE Western Regional & AAPG Pacific Section Meeting. – 2013. – 37p.
35. Kovalevsky, E. EAGE SLTRU 2011 Geological Modelling on the Base of Geostatistics.
36. Kovalevsky, E. Geological Modelling on the Base of Geostatistics // Course Note. – EAGE, 2011. – 122 p.
37. Kozyrev, N. Kozyrev N., Vishnyakov A., Putilov I. Assessment of the Uncertainty Parameters Influence on the Development Indicators Forecasting // 2020. №4. – P. 356-368.
38. Ma, Y. Zee, P. R. La Pointe Uncertainty analysis in reservoir characterization and management: How much should we know about what we don't know? // Uncertainty analysis and reservoir modeling: AAPG Memoir 96, – 2011. – P. 1-15.
39. McGlade, C.E. A review of the uncertainties in estimates of global oil resources // Energy, UCL Energy Institute, University College London. 2012. – 9 p.
40. Megill, R. E., 1984, An introduction to risk analysis, 2d ed.: Tulsa, Pennwell Publishing, 274 p.
41. Oghena, A. Quantification of Uncertainties Associated with Reservoir Performance Simulation // Texas Tech University. – 2007. – 225 p.
42. Optimizing methods of profitability assessment and well cluster drilling rating with account of capital expenditures. A. R. Atnagulov; R. R. Ismagilov; Y. V. Nekipelov; G. A. Kireev. Paper presented at the SPE Russian Oil and Gas Conference and Exhibition, Moscow, Russia, October 2010. Paper Number: SPE-136153-MS. – P. 2-4.

43. Risk Analysis and Management of Petroleum Exploration Ventures. Peter R. Rose. – P. 84-142.
44. Rose, P. R. Exploration, economics, risk analysis, and prospect evaluation: Austin, Texas, 1991, Telegraph Exploration, Inc. – 18 p.
45. Rose, P. R., 1987, Dealing with risk and uncertainty in exploration: how can we improve? AAPG Bulletin, v. 71, P. 1–16.
46. Rose, P. R., and R. S. Thompson, 1992, Economics and risk assessment, in D. Morton-Thompson and A. H. Woods, eds., Development geology reference manual: AAPG Methods in Exploration Series 10, P. 21–56.
47. Schiozer, D. J., Ligerio, E. L. Risk Assessment for Reservoir Development Under Uncertainty // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Vol. XXVI, No. 2. – 2004. – 5 p.
48. Statistics and data analysis in geology / John C. Davis. 1973. – p. 12-15.
49. Suslick S., Schiozer D., Rodriguez M. Uncertainty and Risk Analysis in Petroleum Exploration and Production // TERRÆ 6(1). 2009. – P. 30-41.
50. Uncertainty and Risk Analysis in Petroleum Exploration and Production. Saul B. Suslick. Denis Schiozer. Monica Rebelo Rodriguez. 2009. – P. 24-32.
51. Yong, H. Uncertainty, sensitivity analysis and optimization of a reservoir geological model [Text]. Wenxiang H., Yanli Z., Bincheng G., Zhaopu G. - Marine Georesources & Geotechnology. 2019 – P. 129-139.
52. Zakrevsky K. Geological 3D Modelling // The Netherlands: EAGE Publications, 2011. – ISBN 978-90-73781-96-2. – 253 p.

Фондовая

53. Геологическое изучение недр, включая поиски и оценку месторождений (залежей) углеводородного сырья в пределах Западно-Рубежинского ЛУ. Отчет о работах с.п. 27/19-3 на территории Первомайского района Оренбургской области. 2009. – 13 с.

54. Григорьева Г.А. и Сурнина Г.А. Отчет о результатах детализационных и поисковых сейсморазведочных работ МОГТ на Долинном м-нии и Придолинной площади в Первомайском р-не Оренбургской обл. РСФСР и Приуральском р-не Уральской обл. Каз. ССР, региональных и детальных сейсморазведочных работ МОГТ в Ташлинском и Тоцком р-нах Оренбургской обл. в 1987-89 гг. СРП № 7/87-89. - Оренбург, 1989 г. – 15 с.

55. Дополнение к паспорту на Западно-рубужинскую и Малорубужинскую структуры, подготовленные сейсморазведкой к глубокому поисково-разведочному бурению на западно-рубужинском лицензионном участке оренбургской области. – ООО «Газпромнефть НТЦ», 2020 г. – С. 4-12.

56. Казачкова А.Г., Гребенкина Н.Ю. Обоснование подсчетных параметров для оценки лицензионных участков кластера Южный Оренбург. – ООО «Газпромнефть НТЦ», 2020 г. – С. 14-32.

57. Попова Н.И., Гирская В.И. и др. Отчет о результатах поисковых и детальных работ МОГТ в комплексе с параметрическим бурением в северной бортовой зоне Прикаспийской впадины в Первомайском районе Оренбургской области в 1975/76 гг. Шапошниковская СРП № 3-75/76. – Оренбург, 1977 г. – 32 с.

58. Проект работ по геологическому изучению недр, включая поиски и оценку месторождений (залежей) углеводородного сырья в пределах западно-рубужинского лицензионного участка. – ООО «Газпромнефть НТЦ», 2020 г. – С. 12-86.

59. Сюмбаева Р.А., Александрова Г.А. Отчёт о результатах детальных сейсморазведочных работ МОГТ на Южно-Чаганской площади в Первомайском районе Оренбургской области в 1986-1987 гг. Южно-Чаганская с/п № 11/86-87. – Оренбург, 1987 г. – 15 с.

60. Толстова З.Н., Стома Е.В., и др. Отчет о результатах сейсморазведочных работ 2Д на Восточно-Таловой площади (Восточно-Таловая с/п N 11/2001-2002). - Оренбург, 2003 г. – 17 с.

Probabilistic assessment of the hydrocarbon reserves
under conditions of high uncertainty

Literature review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ01	Кротов Алексей Андреевич		10.06.2022

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД, ИШПР	Белозеров В.Б	Д.Г-М.Н.		10.06.2022

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Макаровских А. В.	—		10.06.2022

1. LITERATURE REVIEW OF THE PROBABILISTIC ASSESSMENT OF THE HYDROCARBON RESERVES UNDER CONDITIONS OF HIGH UNCERTAINTY

1.1. Introduction

Increasingly, there are situations when seismic surveys are carried out in oil and gas fields, but the number of drilled wells per unit area is so small that the data from these wells are not representative for estimating the reserves. Exploration drilling is a standard event for large oil and gas companies. But for small companies, investing in exploration drilling is a financial risk. Investments in small oil and gas companies allow getting big profits in case of the large hydrocarbon deposits discovery, however, in other circumstances, to serious consequences for both the company and the investor. Therefore, it is important to evaluate all the risks and the value of the calculation of hydrocarbon reserves under conditions of high uncertainty using a probabilistic assessment for making investment decisions [1].

1.2. Reserve estimation approach

It is based on the method of counting hydrocarbons. In case of exploration wells having been drilled on the field, and the number of the wells is representative, in other words sufficient to average and refine the parameters that are used in the calculation of geological reserves, a deterministic estimation, that is one single value, can be given (Figure 1.1). If there are no drilled wells or the number per unit of area is so small that the well data is not representative for the geological reserves assessment, it is necessary to use a probabilistic approach, using analog field's parameters, which are included in the formula for calculating hydrocarbon reserves and considered as a random variable that varies according to the chosen distribution [2]. The main difference between a probabilistic model and

a deterministic one is that with a deterministic approach, a single (“point”) value of reserves is obtained, but with the probabilistic one, a range of values for the reserves of the proposed object.

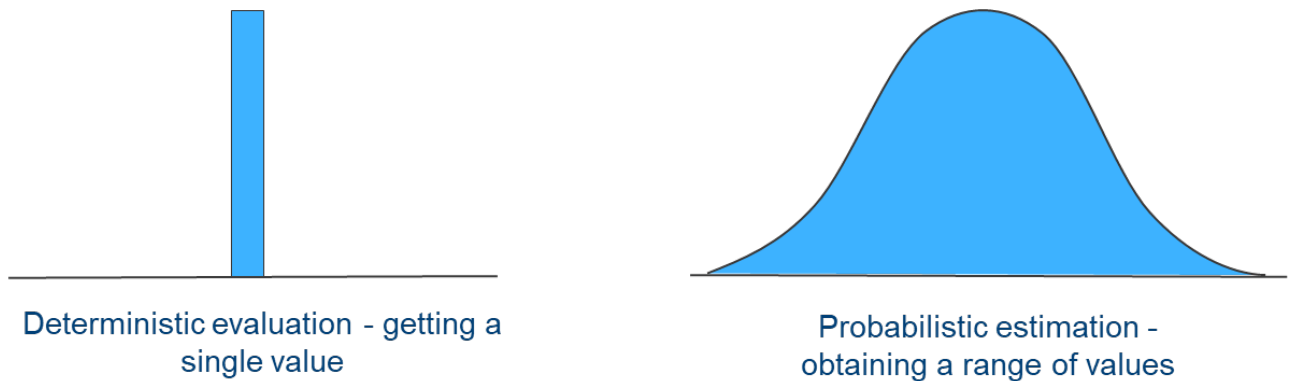


Figure 1.1 – Histograms of different approaches to reserve estimation

1.3. Logic and the natural limits

So, in the absence of active or drilled wells on the field, a probabilistic assessment of reserves is carried out by a volumetric method, all values are presented in the form of probability distributions (Figure 1.2). Most of the geological and technical parameters associated with the discovery and production of oil and gas have a log-normal distribution; estimates of such parameters will also have a log-normal distribution [3]. Such “natural constraints” allow a more accurate estimate of the distribution of parameters and a more realistic estimate of the uncertainties. Another natural limitation is due to the knowledge of the natural range of change in the density parameter of recoverable hydrocarbon reserves from the rock volume, the highest density of recoverable hydrocarbon reserves is about $0.155 \text{ m}^3/\text{m}^3$, the lowest is $0.006 \text{ m}^3/\text{m}^3$ [3]. It is necessary to evaluate the distribution functions of pre-selected parameters for the maximum and minimum possible values based on logic and natural limits. If the distribution functions go beyond the range of possible values, they must be edited.

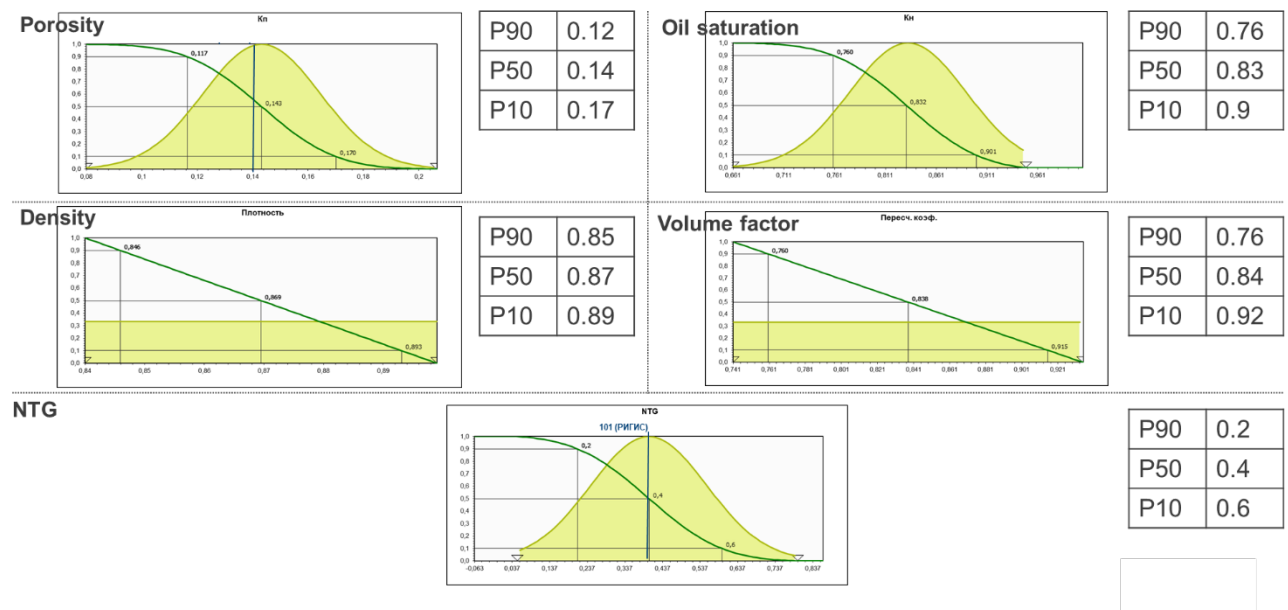


Figure 1.2 – Probability distribution of reservoir parameters [Gazpromneft NTC]

1.4. Distribution types

The most common types of distribution when calculating reserves using a probabilistic approach are (Figure 1.3):

- Normal or Gaussian distribution;
- Lognormal distribution;
- Uniform distribution.

Normal or Gaussian distribution (distribution given by nature) implies the most likely value from the sample corresponding to the average value of the sample (for example, the size of apples of one tree, some fruits will be very small, and some very large, but most fruits will be close to the average size). The mode, median, and mean of the distribution function are not equal.

Lognormal distribution implies the most probable value is biased towards the smaller value of the sample. The mode, median, and mean of the distribution function are not equal.

Uniform distribution implies each value is to be equally probable, in other words, the density function is constant or flat, where each variable has an equal chance of occurring.

There are a large number of distribution functions and their derivatives, but they are less common in the distribution of parameters affecting hydrocarbon reserves. The considered dependencies will be used in this work at the stage of calculations.

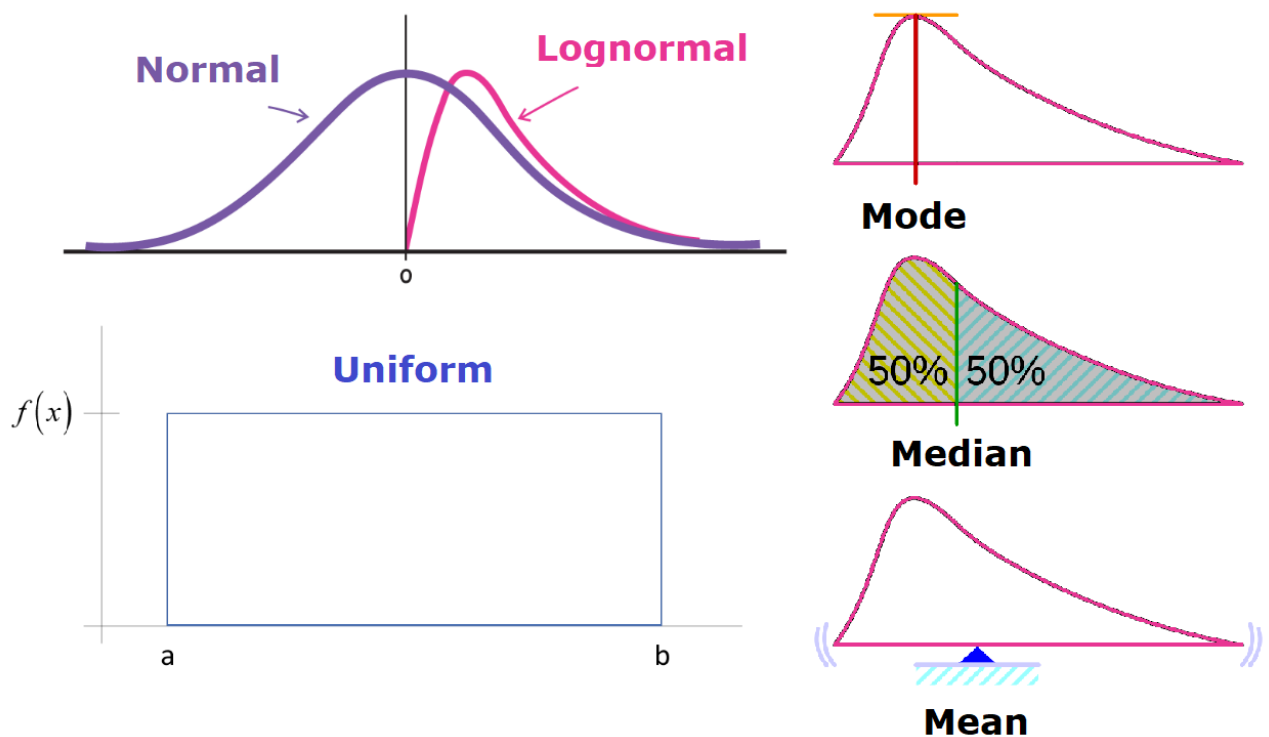


Figure 1.3 – Basic probability distributions and their parameters

1.5. Key uncertainties in calculating hydrocarbon reserves

Among the key uncertainties in reserve estimation there are (Figure 1.4):

- Structural uncertainties affecting the gross rock volume (GRV);
- Conceptual uncertainties responsible for the distribution of reservoir rocks in space (NTG - Net To Gross);

- Petrophysical uncertainties that determine the quality of a reservoir capable of containing fluid (φ , S_o);
- Uncertainties in hydrocarbon properties – fluid density and volume factor (ρ , θ).

Structural and conceptual uncertainties that affect the total volume of rocks and are responsible for the distribution of reservoir rocks in space are taken from seismic data and general regional geology. For two waves, one of which is reflected from the roof, and the second from the bottom of the thin layer, there is a limit to how close they can be located to each other in order to distinguish them. This limit depends on the thickness of the layer and is the limit of the vertical resolution. For direct detection of reflections from the top and bottom of a thin layer, the wavelength must be less than or equal to the thickness of the layer [4]. Wavelengths for layers with a thickness of 1 to 5 meters are unattainable by modern technological means. Due to the fact that the position of the top and bottom of the formation is not precisely known, this should be taken into account when assessing the structural uncertainties of the occurrence of the formations and an error that is equally probable in both directions (an increase or decrease in the depth of the structural floors) should be included. In the absence of statistics for the region on the filling of traps, it is necessary to analyze the available information on structural maps, faults, and replacement lines. Based on the configuration of the trap, it is necessary to evaluate the geometry of the traps and understand how the position of the fluid contacts can potentially change. In order to estimate the area of the trap, it is necessary to use seismic data and structural floors recaptured from it; for this, geological modeling and the construction of structural maps are used. For example, for a structural-tectonic trap, the maximum and minimum positions of the closing isolines are determined, the position of the water-oil contact will be equally probable over the entire amplitude of the trap (since there are no statistics and data, any assumption that is justified from a geological point of view will be potentially equally true) and already the area corresponding to the isohypse of the

roof of the structure and the closing isohypse along the oil-water contact should be included in the model (Figure 1.5).

Petrophysical uncertainties that determine the quality of a reservoir capable of containing fluid (these are the values of porosity and oil saturation) and the uncertainties of reservoir fluid properties (density and volume factor) are taken based on the probability distribution of these properties obtained from analogous fields where the same reservoirs are being developed as in analyzed structure.

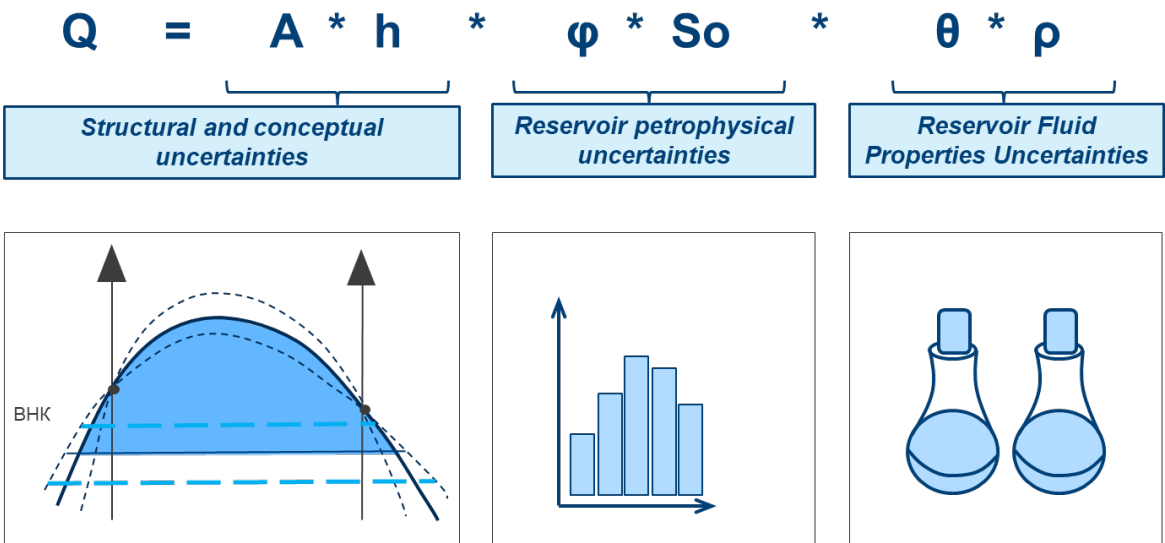


Figure 1.4 – Key uncertainties [Gazpromneft NTC]

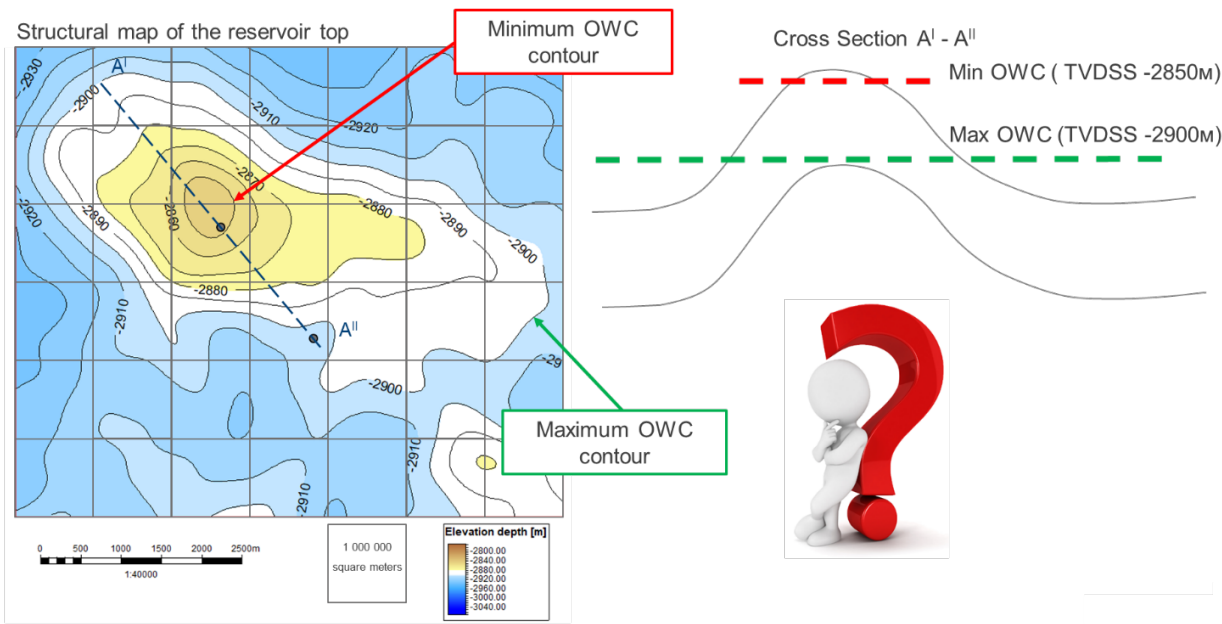
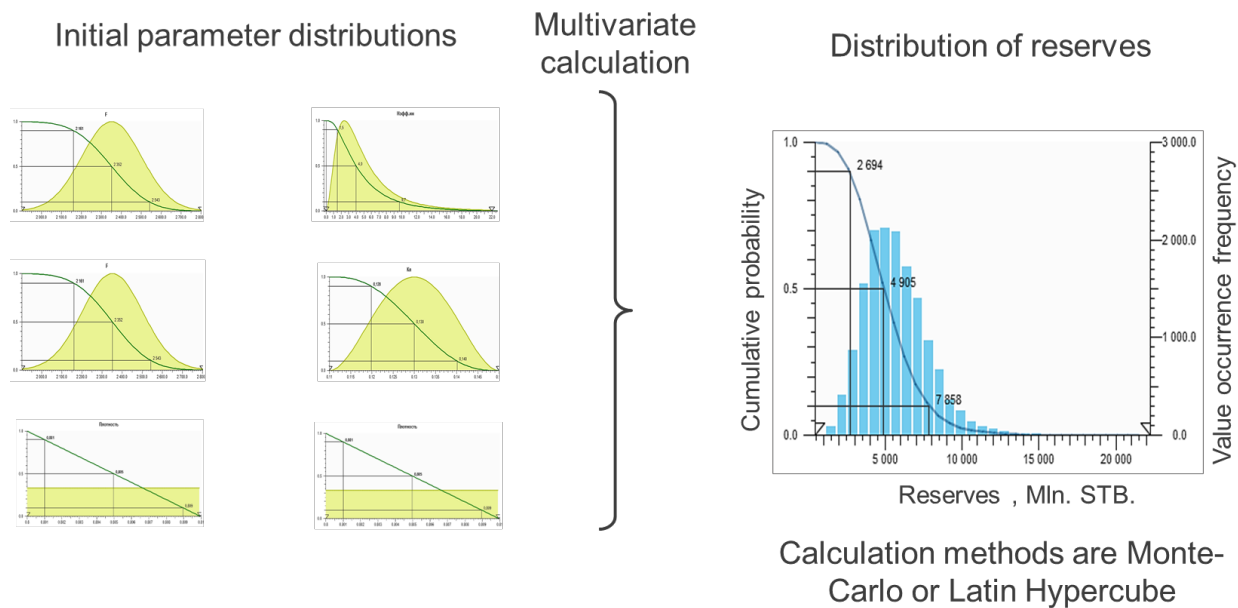


Figure 1.5 – Uncertainties of OWC

1.6. Multivariate calculation by the Monte-Carlo method

Probabilistic estimation means refusal to accurately calculate parameters under conditions of high uncertainties, and takes into account all possible options for their estimation. After the basic geological model is built and uncertainties are specified in the form of a probability distribution of parameters, a multivariate calculation is performed, consisting of many implementations using, for example, calculation methods such as Monte Carlo or Latin hypercube sampling (Figure 1.6). The method is as follows: each variable for the equation for calculating the volume of reserves is randomly selected according to its probability distribution, and for these purposes, an addition is used in the form of a statistical method for generating a random sample of values from multivariate distributions, which is called the Latin hypercube. In other words, when using the Latin hypercube in a multivariate Monte Carlo calculation, each value in the subsequent iteration will be unique, the values do not repeat, and a sample is selected that is as different as possible from the previous ones. The number of iterations required to calculate the multivariate estimate is selected based on the computing power of the machine, but a large number of iterations does not make sense, since large uncertainties are initially included in the model and the result will also be with a large range of possible values. A large number of iterations will only refine the boundary values (quartiles or percentiles) of the probability density function of the reserves of the analyzed structure, but such accuracy has no practical application at the analysis stage, but in turn increases the calculation time, which is a much more important resource.



$$Q = A * h * \phi * S_o * \theta * \rho$$

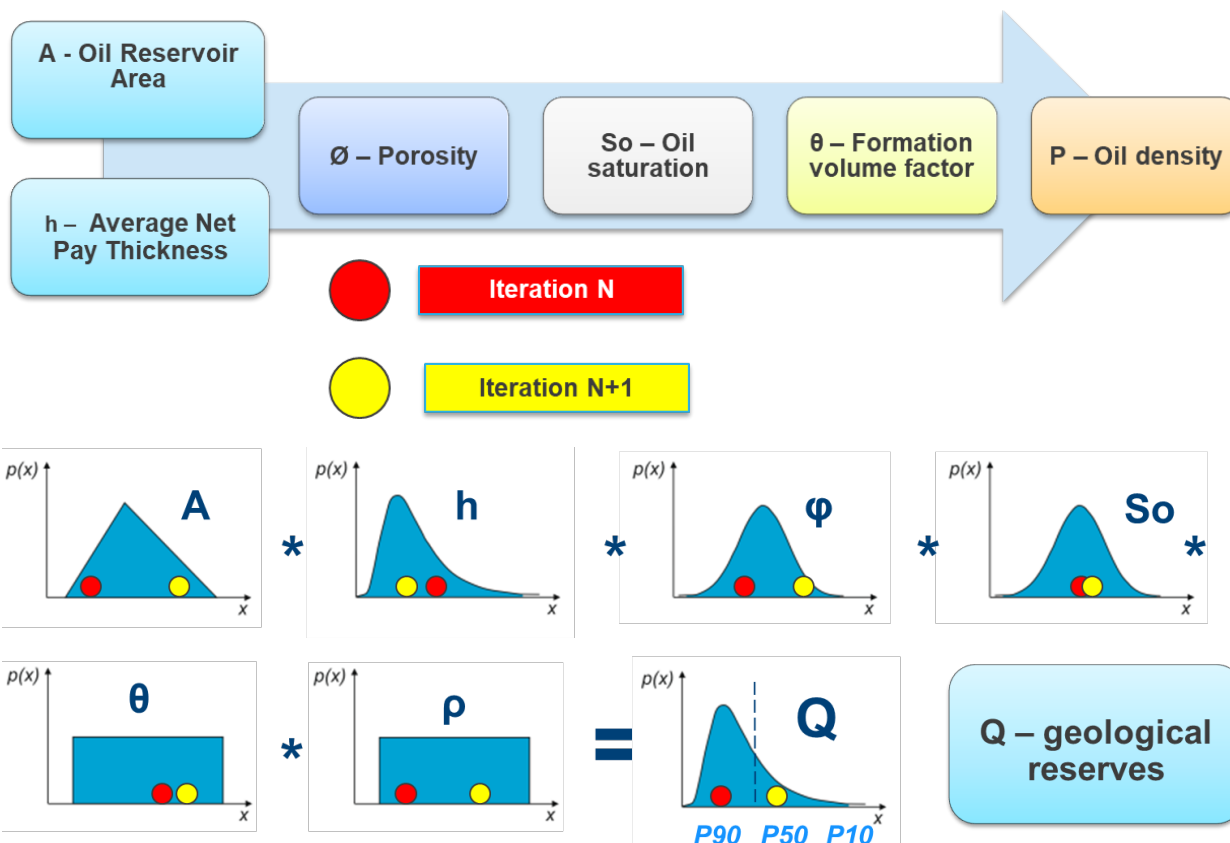
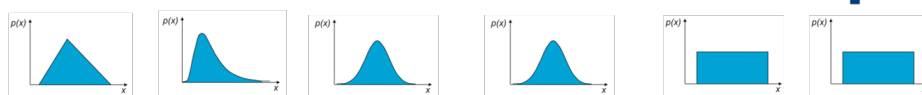


Figure 1.6 – Conceptual scheme of calculation with input data taken into account

1.7 Classification of the analyzed structure reserves distribution

Consequently, as a result of the multivariate calculation, the distribution function of the calculated value is obtained – a histogram of the volume of resources or reserves of the structure (Figure 1.7).

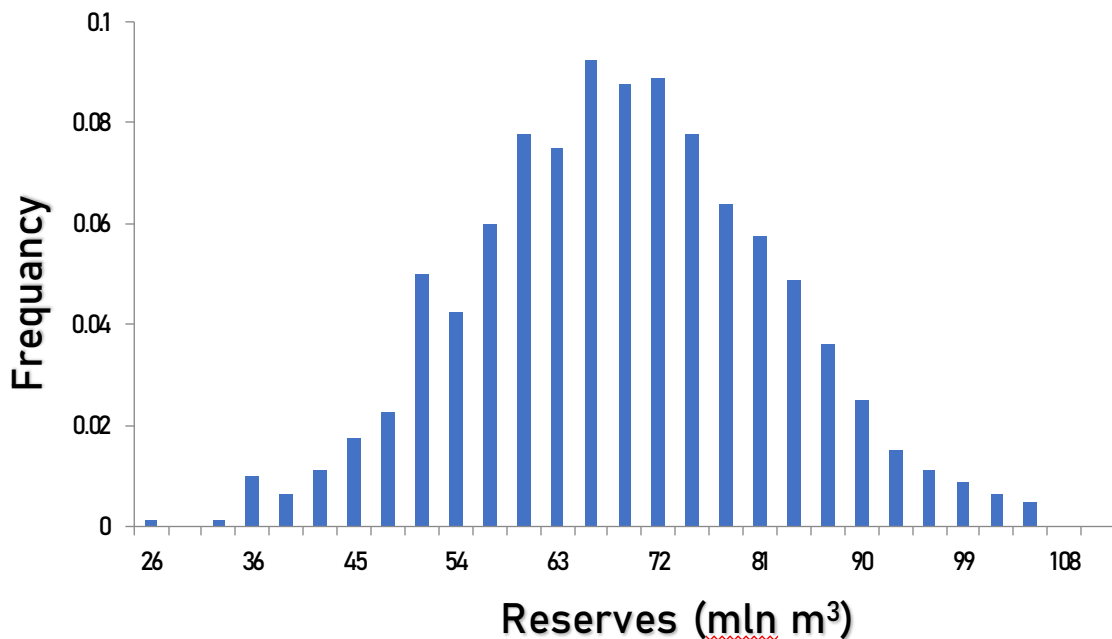


Figure 1.7 – Histogram of the distribution of probabilistic reserves of the structure

When using a probabilistic estimate, the following quantities are determined (Figure 1.8) [1]:

- Minimum or Most Likely Estimate (P90) – A reserve or resource estimate has been confirmed with 90 percent probability.
- Baseline, Average or Expected Value (P50) – A reserve or resource estimate has been confirmed with a 50 percent probability.
- Maximum Value, Most Unlikely Chance (P10) – A reserve or resource estimate has been confirmed with a 10 percent probability.

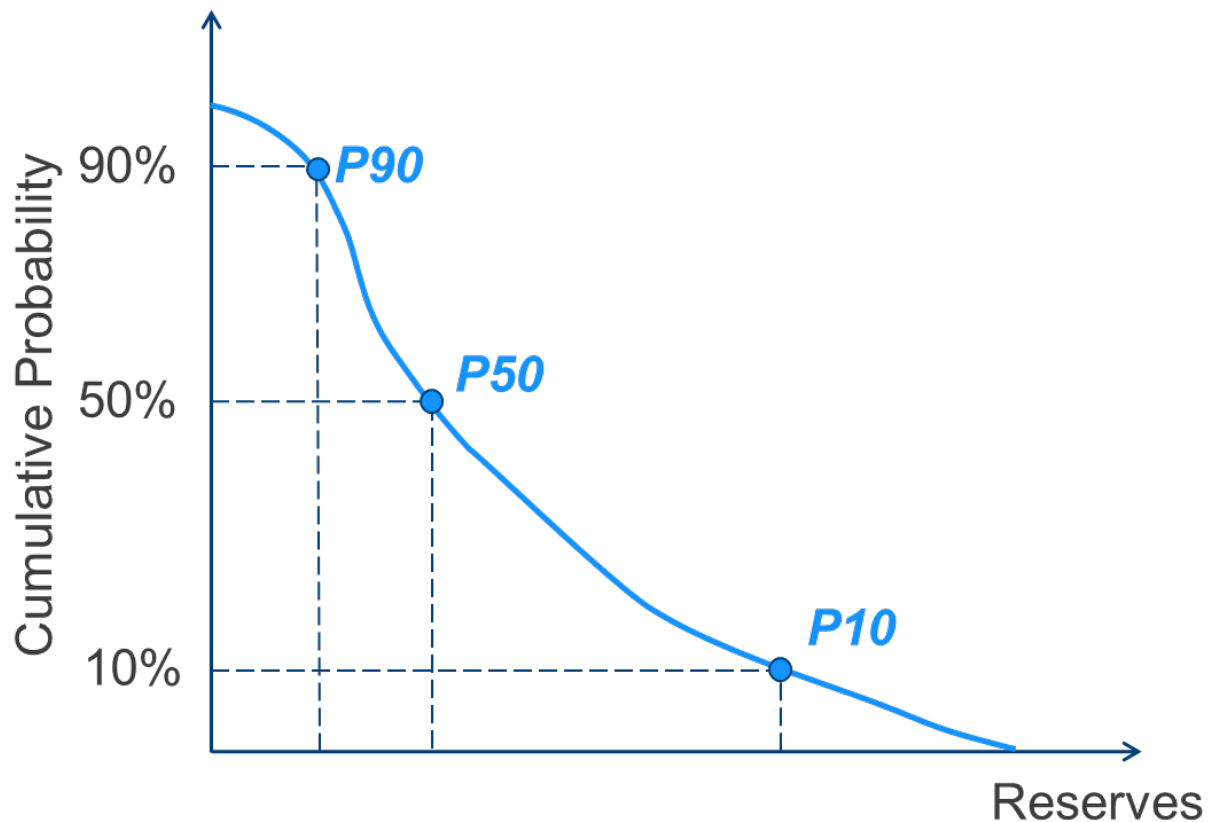


Figure 1.8 – Cumulative probability of reserves

1.8 Tornado plot

In a multivariate calculation, the process of analyzing the input data takes place, i.e., how each of the parameters affects the result. It can be displayed graphically using a tornado diagram to understand which of the parameters has the greatest impact on the volume of reserves (Figure 1.9). The construction of a tornado diagram is based on the base (average) or expected value of reserves (P50) (Figure 1.10). Based on this, it is necessary to determine the most influential parameters in order to draw up a plan for their refinement in order to significantly reduce the final uncertainty interval of the reserves of the analyzed structure. In most cases, the main parameters that have the greatest impact on reserves are the structural and conceptual uncertainties of the traps. This analysis is very important, it concerns not only the probabilistic estimation of reserves. It is always necessary to evaluate and analyze the most influential variables in order to determine the key

activities aimed at further study of this parameter in order to reduce the uncertainties in the assessment of each case.

In the future, to make investment decisions, the chance of geological success is calculated, and traps are selected for oil-saturated thicknesses suitable for drilling from an economic point of view. Calculations are being made for the development of the field, namely, the potential for hydrocarbon recovery, taking into account optimal technical solutions. Further, infrastructure solutions for the project and an assessment of the economic efficiency of the project are analyzed, taking into account all necessary costs, including the program of geological exploration (GE). Finally, an integrated sustainable solution is selected and adopted [2].

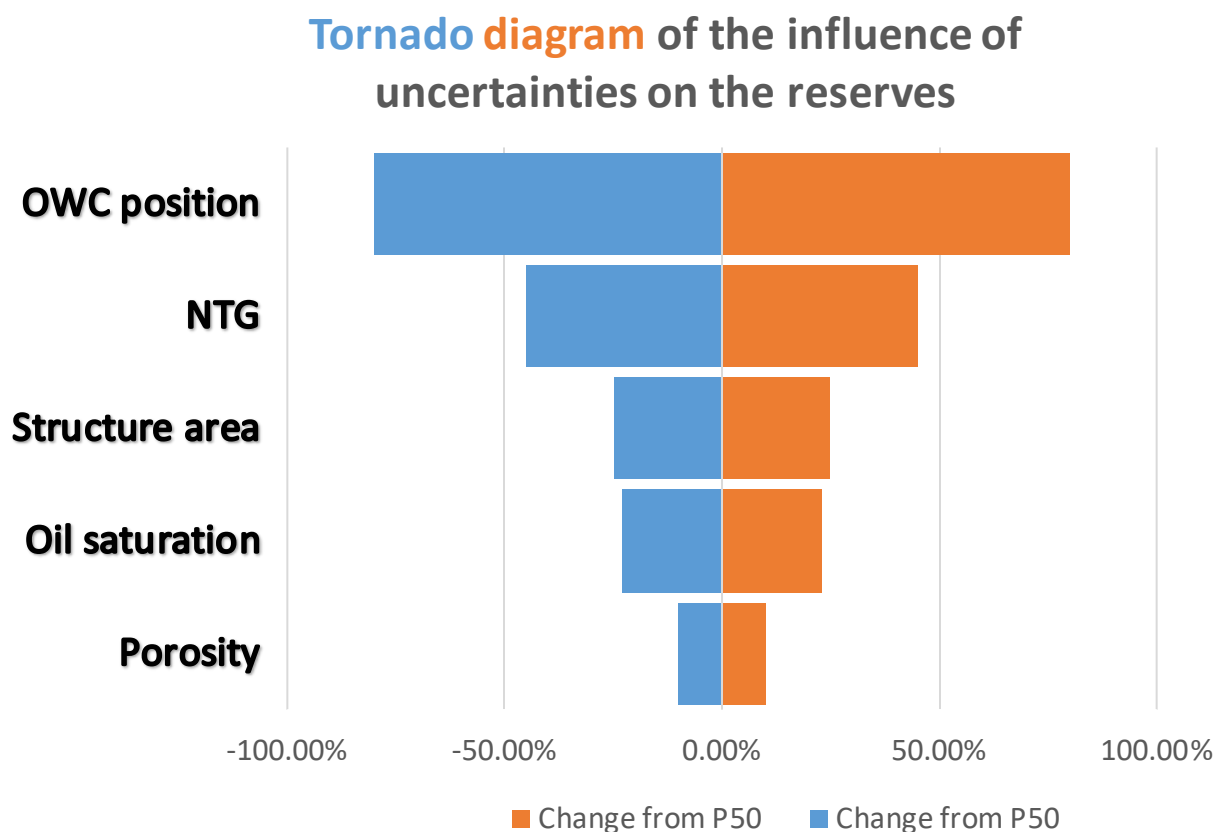


Figure 1.9 – Tornado plot

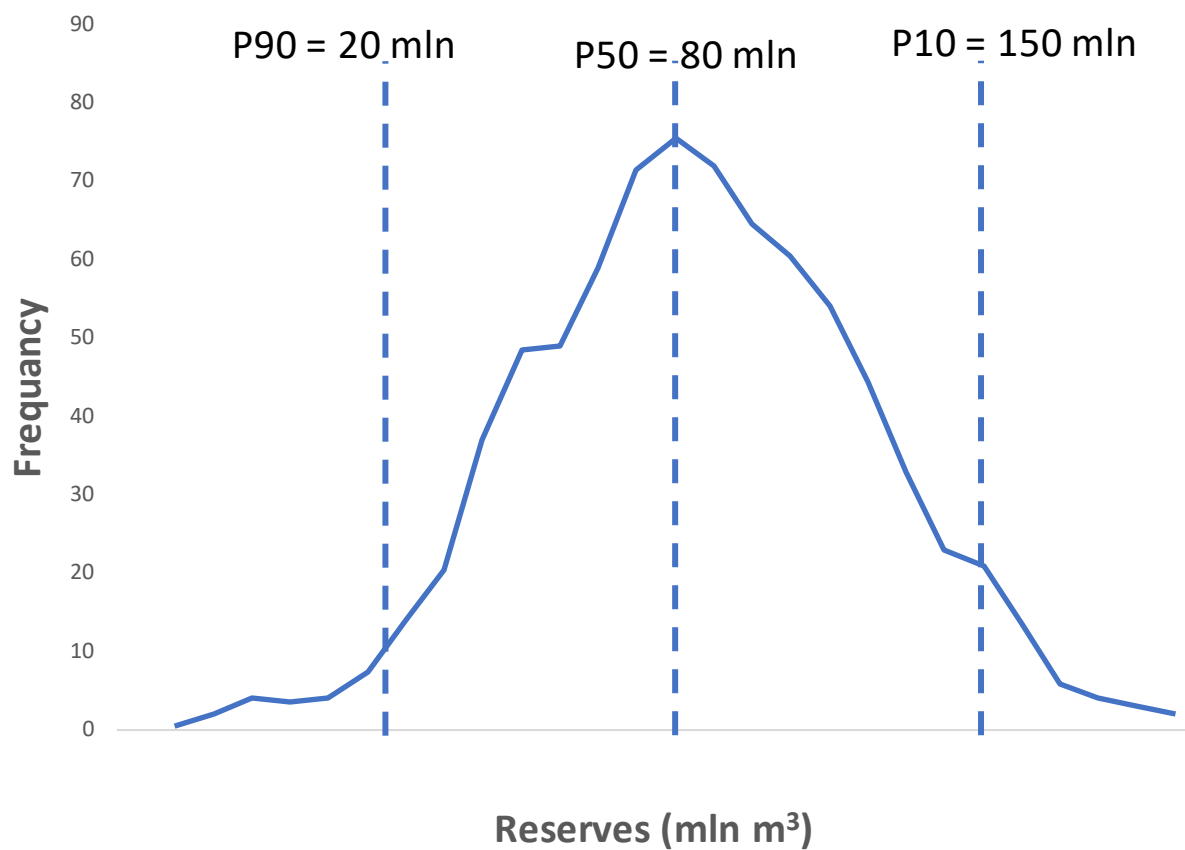


Figure 1.10 – Reserves estimation

REFERENCES

1. Methodology for the geological and economic assessment of new hydrocarbon exploration and production assets. — M.: Gazpromneft PJSC, 2017.
2. M.G. Dymochkina, Ph.D., P.U. Kiselev, M.N. Pislegin, T.G. Kuzmin, A.T. Mullagaliev. Geological and economic evaluation of projects: present and future // PRONEFT. Professionally about oil. - 2018 - No. 3(9). — pp. 18-23.
3. Risk Analysis and Management of Petroleum Exploration Ventures. Peter R. Rose.
4. Vilmaz O. - Processing of seismic data. Volume3 – 1986.
5. The project of work on the geological study of the subsoil, including the search for and evaluation of deposits (deposits) of hydrocarbon raw materials within the Zapadno-Rubezhinsky license area. Gazpromneft PJSC.