

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А.А. ТРОФИМУКА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

ПОНОМАРЕВА ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА

**ГЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА
В БАЖЕНОВСКОМ ГОРИЗОНТЕ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО
НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА**

25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель
Конторович Алексей Эмильевич
доктор геолого-минералогических наук,
академик РАН, профессор

НОВОСИБИРСК
2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИИ БАЖЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА	17
1.1 Стратиграфия, литология	17
1.2 Структурная карта кровли баженовского горизонта. Тектоника	32
1.3 Палеогеография волжского века и раннего берриаса	44
1.4 Катагенез органического вещества	54
1.5 Современные температуры пород	76
Глава 2. МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ	86
2.1 Методика исследований	86
2.1.1 Химический метод определения концентрации $C_{\text{орг}}$ в породах	86
2.1.2 Пиролитический метод определения концентрации $C_{\text{орг}}$ в породах (определение $C_{\text{орг}}$ методом пиролиза Rock-Eval)	89
2.1.3 Определение концентрации $C_{\text{орг}}$ в породах по данным ГИС с использованием гамма-каротажа	92
2.1.4 Методика увязки керна к геофизическим исследованиям «кern – ГИС»	99
2.2 Материал исследования	126
Глава 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ БАЖЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА	148
3.1 Средние содержания органического углерода в баженовском горизонте и отдельных свитах, его слагающих	149
3.2 Пространственные закономерности распределения современных концентраций органического углерода в отдельных разрезах баженовского горизонта	160

3.3 Схематические численные модели пространственного распределения органического углерода в породах баженовского горизонта.....	170
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	178
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	181
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	183
СПИСОК РИСУНКОВ.....	206
СПИСОК ТАБЛИЦ	211

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы и степень разработанности исследования. Уже в самом начале шестидесятых годов XX века благодаря работам Ф.Г. Гурари, Н.П. Запивалова, А.Э. Конторовича, И.И. Нестерова, В.Ф. Никонова, Г.П. Сверчкова, К.А. Черникова стало ясно, что баженовская свита обогащена органическим веществом (ОВ) и является одной из главных нефтепроизводящих свит в осадочном чехле Западно-Сибирской геосинеклизы. Выделил в 1959 г. эту толщу в разрезе осадочного чехла первоначально как пачку, а затем как свиту, Ф.Г. Гурари. Через два года, в 1961 г. он выдвинул гипотезу, что эта свита является не только нефтепроизводящей, но и нефтеносной. В 1967 г. Ф.К. Салманов, Г.Р. Новиков и А.В. Тян на Салымском месторождении впервые получили фонтан нефти из баженовской свиты.

В 70-80-е годы XX века исследованиями баженовской свиты занимались научные коллективы ВНИГРИ, ЗапСибНИГНИ, ИГГ СО АН СССР, ИГИРГИ, СНИИГГиМС, Главтюменьгеологии – Тюменского, Новосибирского, а затем, после создания, и Томского геологических управлений. В последующие тридцать лет баженовскую свиту исследовали специалисты ВНИГНИ, ИГГ СО АН, ныне ИНГГ им. А.А. Трофимука СО РАН, МГУ, РГУ им. И.М. Губкина, Центра рационального природопользования им. В.И. Шпильмана, ТИУ, ведущих нефтегазовых компаний ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК «Лукойл», ПАО «Сургутнефтегаз» и других институтов, университетов, компаний.

В настоящее время Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция, в особенности территории ХМАО, юга ЯНАО и Томской области, вступила в зрелый этап развития, и добыча нефти в ней падает. В этой связи, баженовская свита приобретает особое значение не только как главная нефтепроизводящая формация в осадочном чехле Западно-Сибирского осадочного бассейна, но и как одна из ведущих нефтеносных формаций. По данным ИНГГ СО РАН свыше 80 % от общей массы геологических ресурсов нефти в традиционных залежах Западно-Сибирского осадочного бассейна являются продуктом нефтеобразования в

баженовской свите [Западная..., 2000, с. 117]. Перспективы дальнейшей добычи нефти в Западной Сибири в значительной мере связаны с ресурсами нефти в самой баженовской свите. Она становится основным объектом потенциального прироста запасов и добычи легкой высококачественной нефти [Нестеров и др., 1987; Конторович и др., 2014; и др.].

Проблема нефтеносности баженовской свиты изучается с начала 60-х годов прошлого века. Однако до настоящего времени не выработано единой методики выявления и оконтуривания залежей нефти в ней, не решён однозначно вопрос о природе и типах коллекторов, что не позволяет эффективно проектировать поисковые и геологоразведочные работы, научно обосновать методику подсчета запасов нефти месторождений в баженовской свите и оценить ресурсы нефти и газа.

Баженовская свита представляет собой уникальный по генезису, содержанию органического вещества, литологии, геохимии и роли в нефтегазоносности Западной Сибири объект. Образование баженовских осадков происходило в глубоком эпиконтинентальном море в результате захоронения продуктов жизнедеятельности простейших морских эукариотов и прокариотов (архей, бактерий). Органическое вещество (кероген) баженовской свиты «представляет собой комплекс полимерлипидов (былых липидов) планктонных и бентосных архей, бактерий, простейших эукариотов» [Конторович и др., 2014, с. 2].

На начало 2017 года в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в результате поисково-разведочных работ в пласте Ю₀ баженовской свиты было открыто более 180 залежей нефти на 92 месторождениях. Большинство этих месторождений находится в западных районах ХМАО – в пределах Среднеобской, Фроловской, Красноленинской НГО.

В южной части ЯНАО и северной части Тюменской области открыто по шесть месторождений с залежами в пласте Ю₀. Одно месторождение открыто на территории Томской области. Залежи нефти в пласте Ю₀ выявлены в классических и аномальных разрезах баженовской свиты.

Основные объемы опытно-промышленной эксплуатации залежей нефти в пласте Ю₀ баженовской свиты выполняют четыре нефтегазовые компании: ПАО «Газпром нефть», ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «НК «Роснефть» и ОАО «РИТЭК», в разработке которых находится около 40 залежей на 24 месторождениях. Наиболее крупными объектами с накопленной добычей нефти из пласта Ю₀ являются Салымское (4.1 млн т) и Ай-Пимское (1.8 млн т) месторождения.

Несмотря на то, что в ближайшее десятилетие баженовская свита должна стать одним из главных объектов добычи нефти в Российской Федерации, многие теоретические и прикладные вопросы ее нефтеносности, оценки ресурсов, методики поисков и разведки залежей нефти, методики подсчета запасов, технологий разработки залежей нефти до сих пор не решены.

Многолетние исследования позволили выявить главные факторы, контролирующие формирование залежей нефти в баженовской свите. Выделим главные из них:

- литологический состав пород;
- обстановки захоронения органического вещества в относительно глубоководном морском эпиконтинентальном бассейне;
- аномально высокие концентрации органического вещества;
- планктоно- и бентосогенная природа органического вещества (аквагенное, тип II), источником которого являлись археи, бактерии, сине-зеленые водоросли и простейшие одноклеточные организмы (радиолярии, фораминиферы и др.);
- среда превращений осадков и органического вещества в диагенезе;
- глубина переработки пород и органического вещества в катагенезе;
- уровень изоляции пород баженовского горизонта непроницаемыми породами от подстилающих или перекрывающих отложений и др.

Каждый из этих факторов требует самостоятельного и глубокого анализа.

Обычно при изучении распределения органического углерода ($C_{орг}$) в баженовской свите исследователи ограничивались построением карт средних

содержаний $C_{орг}$ или ОВ, используя при этом ограниченные по объему выборки. Для решения задачи прогноза и поиска залежей нефти в баженовской свите и ее стратиграфических аналогах схематических построений недостаточно. Необходимы максимально детальные, по возможности, трёхмерные построения.

Объектом исследования являются баженовская свита и нижнетутлеймская подсвита и их стратиграфические аналоги (нижняя подсвита мулымьинской свиты, верхняя подсвита даниловской свиты, верхние части марьяновской, яновстанской, гольчихинской, баганской и максимоярской свит) волжско-раннеберриасского возраста в Западно-Сибирском осадочном мегабассейне, т.е. в баженовском стратиграфическом горизонте. **Предметом исследования** является распределение концентраций органического углерода в породах баженовского горизонта.

Цель исследования – выявить главные закономерности распределения и оценить средние содержания органического углерода в породах баженовского горизонта и отдельных свит в его составе; построить карту средних концентраций органического углерода в породах горизонта масштаба 1 : 2 500 000; построить численные модели пространственного распределения концентраций органического углерода в породах горизонта.

Научная задача – изучить закономерности распределения концентраций органического углерода в породах баженовского горизонта Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна и выполнить построение набора карт, дающих детальное, и по возможности, трёхмерное распределение $C_{орг}$ в его породах.

Решение этой задачи является необходимым элементом работы (одной из перечисленных выше подзадач) при оценке ресурсов и выборе методики прогноза нефтеносности, поиска и разведки скоплений нефти в баженовской свите, чем определяется ее **актуальность и экономическая значимость**. Как было отмечено выше, до последнего времени, в силу ограниченности исходного аналитического материала, часто строились схематические карты распределения $C_{орг}$ в породах баженовской свиты и нижнетутлеймской подсвиты, которые при решении задачи зонального и локального прогноза нефтеносности самой баженовской свиты не отвечали по уровню детальности необходимым требованиям. Исследования

поставленной задачи в диссертационной работе должны были компенсировать этот пробел.

Основные этапы исследования:

1. Изучение геологии баженовского горизонта и геохимии органического вещества в породах в Западно-Сибирском осадочном бассейне по опубликованным и фондовым материалам (А.Д. Алексеев, Т.Ф. Антонова, О.К. Баженова, Н.С. Балущкина, В.И. Белкин, Ф.Я. Боркун, Ю.В. Брадучан, Л.М. Бурштейн, Н.Б. Вассоевич, Ф.Г. Гулари, Т.И. Гурова, М.В. Дахнова, В.М. Добрынин, Т.В. Дорофеева, Т.П. Емец, А.Г. Замирайлова, Ю.Н. Занин, Н.П. Запивалов, О.Г. Зарипов, М.С. Зонн, М.Ю. Зубков, В.П. Казаринов, Г.А. Калмыков, Ю.Н. Карогодин, Т.Т. Клубова, А.Э. Конторович, Е.А. Костырева, Б.А. Лебедев, Н.В. Лопатин, В.Н. Меленевский, В.И. Москвин, В.Д. Наливкин, В.Д. Немова, С.Г. Неручев, И.И. Нестеров, Г.М. Парпарова, Г.Н. Перозио, И.И. Плуман, Е.А. Предтеченская, Г.Э. Прозорович, Б.Н. Пьянков, З.З. Ронкина, С.В. Рыжкова, А.В. Рыльков, Ф.К. Салманов, С.В. Сараев, Р.С. Сахибгареев, Г.П. Сверчков, З.Я. Сердюк, В.П. Сонич, А.В. Тян, И.Н. Ушатинский, А.А. Трофимук, П.А. Трушков, В.С. Славкин, В.П. Степанов, С.И. Филина, А.Н. Фомин, А.С. Фомичев, В.В. Хабаров, В.Г. Эдер, П.А. Ян, и др.).
2. Проведение детальной корреляция свит в пределах баженовского горизонта (баженовская свита, нижние подсвиты тутлеймской и мулымьинской свит, верхняя подсвита даниловской свиты, верхние части баганской, максимоярской, марьяновской, яновстанской и гольчихинской свит) по данным геофизических исследований скважин (ГИС) с учётом опубликованной литературы по корреляции баженовского горизонта, палеонтологическим данным и структурным построениям по данным сейсморазведки МОГТ.
3. Сбор материалов о концентрациях органического углерода в породах по данным аналитических (химический и пиролитический методы)

исследований керна, проведенных в геохимических лабораториях ИНГГ СО РАН, ВНИГНИ, ЗапСибНИГНИ, ИГИРГИ, СНИИГГиМС и других организаций.

4. Сбор данных гамма-каротажа о поле естественной радиоактивности пород из электронного банка данных ИНГГ СО РАН.
5. Построение, после привязки керна и ГИС по глубине, зависимостей «кern – ГИС» для скважин хорошо охарактеризованных керном с аналитическими данными и значениями радиоактивности по данным гамма-каротажа (ГК).
6. Районирование территории по типам зависимостей «кern – ГИС», выявленных в эталонных скважинах.
7. Построение в пределах зон развития различных фациальных типов разреза диаграмм распределения органического углерода в каждой скважине с использованием корреляционных зависимостей «кern – ГИС» в программе Geosolver.
8. Составление баз данных в формате Microsoft Excel по соответствующим целевым характеристикам: толщины, содержание органического углерода в породах по данным керна и ГИС.
9. Анализ распределения содержаний $C_{орг}$ в породах и частоты встречаемости значений $C_{орг}$ в интервале баженовского горизонта в целом и в каждой свите по отдельности.
10. Построение в программе Surfer детальных карт распределения $C_{орг}$ в породах баженовского горизонта.

Фактический материал и методы исследования. В процессе выполнения работы были использованы материалы ГИС, собранные специалистами ИНГГ СО РАН, в том числе и автором, в геологических организациях гг. Новосибирск, Омск, Красноярск, Тюмень, Томск, в ходе работ по изучению геологического строения и перспектив нефтеносности баженовской свиты и ее возрастных аналогов; аналитические определения $C_{орг}$ по керновому материалу, полученные в разные годы в геохимических лабораториях ИНГГ СО РАН, ВНИГНИ, СНИИГГиМС и др.

Лабораторные исследования выполнялись на экспресс-анализаторе АН 7529 (высокотемпературный нагрев породы в токе кислорода и определение количества образующегося CO_2 методом титрования), пиролиз Rock Eval (The SR Analyzer™ TRN/TOC WorkStation). Интерпретация ГИС ГК осуществлялась с использованием зависимостей «кern – ГИС». Всего в работе были использованы 4998 химико-аналитических определений (в том числе пиролиз – 3325 анализов из 135 скважин) содержания $C_{\text{орг}}$ в породах баженовского горизонта из 268 скважин и результаты 102320 замеров $C_{\text{орг}}$ по данным ГИС в 1627 скважинах, пробуренных на территории Западно-Сибирского осадочного бассейна. Замеры по данным ГИС проводились в разрезах баженовского горизонта через 0.5 м.

При проведении исследования было принято решение комплексировать определения $C_{\text{орг}}$, полученные при лабораторных методах изучения керна скважин (химический и пиролитический методы) и определения $C_{\text{орг}}$, оцененные по данным ГК с помощью зависимости «кern – ГИС», имеющей вид:

$$C_{\text{орг}} = a \cdot \gamma + b,$$

где **a** и **b** – параметры, значения которых определены по выборке лабораторных определений $C_{\text{орг}}$ в кернах и замеров по каротажу;

γ – значения естественной радиоактивности пород по ГК.

Подобный методический подход применялся и ранее (И.И. Плуман, В.И. Москвин, В.А. Конторович и др.), но авторы этих работ искали корреляционную зависимость между средним содержанием $C_{\text{орг}}$ в разрезе свиты в каждой скважине и средним значением радиоактивности пород, также в целом в разрезе свиты. Такой методический подход обеспечивал необходимую детальность построений 2D, но не давал характеристики изменения значений $C_{\text{орг}}$ в разрезе каждой скважины.

В настоящей работе зависимости «кern – ГИС» строились для всей совокупности значений $C_{\text{орг}}$ в каждой скважине, хорошо охарактеризованной кернами с аналитическими данными и значениями радиоактивности по данным ГК-каротажа. Это позволило значительно повысить плотность наблюдений на площади и оценить концентрации $C_{\text{орг}}$ в породах баженовского горизонта для

каждой изученной скважины во всем разрезе точно через каждые 0.5 м. Затем осуществлялось районирование территории по виду зависимости «керна – ГИС». При этом, как это принято в промышленно-геофизических исследованиях по подсчету запасов, предварительно в каждой скважине осуществлялась увязка измерений керн и ГИС по глубине. Критерием эффективности привязки был принят максимум коэффициента корреляции между $C_{орг}$ – аналитическое и $C_{орг}$ – измеренное на диаграмме.

В ходе выполнения настоящей работы было построено значительное количество целевых (итоговых) и вспомогательных карт различных геологических параметров и характеристик баженовского горизонта. Картопостроения выполнялись в программе Surfer (разработка Golden Software, LLC) методом интерполяции «Kriging», дополнительная обработка (сглаживание, зональная и точечная коррекция) – в редакторе GridMaster. Для окончательного графического оформления карт использовалась программа CorelDRAW X4.

Итоговыми (результатирующими) явились следующие 8 карт:

- Средние концентрации органического углерода в породах баженовского горизонта на территории Западно-Сибирского бассейна, в %;
- Толщины пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода менее 5 % на территории Западно-Сибирского бассейна;
- Толщины пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода 5-7 % на территории Западно-Сибирского бассейна;
- Толщины пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода 7-10 % на территории Западно-Сибирского бассейна;
- Толщины пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода более 10 % на территории Западно-Сибирского бассейна;

- Карта средних концентраций органического углерода в породах нижней части разреза баженовского горизонта центральных и южных районов Западно-Сибирского бассейна, в %;
- Карта средних концентраций органического углерода в породах средней части разреза баженовского горизонта центральных и южных районов Западно-Сибирского бассейна, в %;
- Карта средних концентраций органического углерода в породах верхней части разреза баженовского горизонта центральных и южных районов Западно-Сибирского бассейна, в %.

Достоверность полученных научных результатов и обоснованность выводов автора обусловлена:

- опорой на теоретические основы осадочно-миграционной (биогенной) теории образования нефти и газа, разработанные в трудах Н.Б. Вассоевича, В.С. Вышемирского, И.М. Губкина, Н.А. Еременко, А.Э. Конторовича, С.Г. Неручева, И.И. Нестерова, Б.А. Соколова, А.А. Трофимука, В.А. Успенского, Д. Вельте, Б. Тиссо, Дж. Ханта и др.;
- максимально полным использованием имеющихся геофизических исследований скважин и геолого-геохимических (аналитические определения Сорг по керну) данных для формирования представительной коллекции фактического материала;
- применением современного программно-методического комплекса вычислений (Geosolver, Microsoft Excel) и картопостроений (Surfer, GridMaster, CorelDRAW X4);
- комплексным характером выполненного исследования для выявления закономерностей распределения современных и на начало катагенеза содержаний органического углерода и органического вещества.

Защищаемые научные положения и результаты:

1. Методика определения концентраций органического углерода в породах баженовского горизонта, основанная на комплексировании лабораторных

определений и результатов интерпретации ГИС и адаптированная для зон развития различных типов разреза.

2. Оценка на представительной выборке (4998 прямых определений, 102320 определений по результатам интерпретации ГИС) средних содержаний органического углерода в осадочных породах баженовского горизонта и отдельных свит, его образующих.

3. Карта и численная модель латерального распределения современных средних концентраций органического углерода в баженовском горизонте Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна.

Под численной (сеточной) моделью автор понимает совокупность значений картируемой величины, привязанных к равномерной координатной сетке с шагом 1 км. Основным преимуществом использования численного представления карт геолого-геохимических параметров является возможность их непосредственного использования в различных системах компьютерного моделирования, включая системы моделирования процессов нефтегазообразования в осадочных бассейнах.

4. Численная модель пространственного распределения концентраций органического углерода в баженовском горизонте Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна, представленная в виде набора карт концентраций органического углерода в нижней, средней и верхней частях горизонта и карт толщин пород с содержанием органического углерода менее 5 %, 5-7 %, 7-10 %, более 10 %.

Личный вклад автора. Автором в составе рабочих групп собрана и лично систематизирована в 2012-2016 гг. первичная информация по ГИС (КС, ПС, ИК, БК, ГК, НГК, АК, КВ). Составлена база разбивок баженовской свиты и её стратиграфических аналогов на территории Западно-Сибирского осадочного бассейна. Сформирован банк данных по распределению концентраций $C_{орг}$ в породах баженовского горизонта (аналитические определения $C_{орг}$ – по керну; определения $C_{орг}$ – по материалам интерпретации ГИС (гамма-каротаж) на основании зависимостей «керн – ГИС»). Оценены по большим выборкам средние содержания $C_{орг}$ в отдельных свитах, входящих в баженовский горизонт, и в

породах баженовского горизонта в целом. Построены численные модели пространственного (латерального) распределения концентраций $C_{\text{орг}}$ в породах баженовского горизонта в пределах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна.

Научная новизна. За последние 60 лет неоднократно предпринимались попытки описать закономерности распределения органического углерода в породах баженовского горизонта, и особенно баженовской свиты. Однако это были схематические построения и, они, как правило, опирались на относительно ограниченный аналитический материал. В настоящей работе была выбрана методика, которая опиралась не только на аналитические данные, а также и на определения $C_{\text{орг}}$, полученные с помощью зависимости «кern – ГИС». Это резко повысило плотность наблюдений на площади. Кроме того, использование зависимостей «кern – ГИС» позволило охарактеризовать распределение органического углерода в породах баженовского горизонта не только в отдельных точках отбора проб керна, а для каждой изученной скважины во всем разрезе. Это, в свою очередь, позволило решить три независимые подзадачи:

- оценить средние содержания органического углерода в породах отдельных свит баженовского горизонта;
- построить для большей части территории Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна детальные карты средних содержаний органического углерода в породах баженовского горизонта масштаба 1 : 2 500 000;
- построить численные модели пространственного распределения концентраций органического углерода в породах баженовского горизонта.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов. В настоящее время, когда баженовская свита становится одним из ведущих объектов добычи нефти в уникальном Западно-Сибирском бассейне, детальное изучение литологии и органической геохимии баженовского горизонта становится не только важнейшей задачей фундаментальной геологии (геохимия органического

вещества, геохимия урана, нефтидогенез, природа и механизм формирования коллектора и др.), но и прикладной научной задачей государственной важности при решении широкого круга задач прогноза, поисков и разведки залежей нефти в баженовской свите.

Полученные материалы могут использоваться в бассейновом моделировании и являются исходной базой при оценке перспектив нефтеносности оксфордских (васюганский горизонт), волжско-нижнеберриасских (баженовский горизонт) и берриас-аптских отложений.

Апробация работы и публикация результатов. Основные результаты проведенных исследований полностью изложены в 20 публикациях, в том числе в 9 статьях в журналах, входящих в Перечень научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций («Доклады Академии наук», «Геология нефти и газа», «Геология и геофизика», «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири», «Литология и полезные ископаемые», «Нефтегазовая геология. Теория и практика»).

Основные результаты, представленные в работе, докладывались автором на международных (международная научная конференция «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология». Новосибирск, 2013, 2014, 2017, 2018, 2019; международной научно-практической конференции «Геомодель», г. Геленджик, 2013, 2014, 2015) и всероссийских (4-й международной научно-практической конференции, г. Тюмень, 2015) научных конференциях.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав и заключения. Объем диссертации составляет 212 страниц машинописного текста, включая 63 рисунка и 21 таблицу. Список литературы содержит 178 наименований, включая 6 иностранных работ.

Благодарности. Работа выполнена в ИНГГ СО РАН в лаборатории теоретических основ прогноза нефтегазоносности под руководством д.г.-м.н., профессора, академика РАН А.Э. Конторовича. Автор выражает ему, своему

учителю на протяжении обучения в Новосибирском государственном университете и во время работы в ИНГГ СО РАН, глубокую признательность и благодарность.

Также автор выражает благодарность за консультации, рекомендации, предоставленные материалы и ценные советы при подготовке работы чл.-корр. РАН В.Н. Глинских, чл.-корр. РАН В.А. Каширцеву, д.г.-м.н. Л.М. Бурштейну, д.г.-м.н. А.Н. Фомину, д.г.-м.н. В.В. Лапковскому, к.г.-м.н. В.А. Казаненкову, к.г.-м.н. Е.А. Костыревой, к.ф.-м.н. В.Н. Меленевскому, к.г.-м.н. М.А. Павловой, к.г.-м.н. С.В. Рыжковой, к.г.-м.н. А.Г. Замирайловой, к.г.-м.н. В.Г. Эдер, к.г.-м.н. П.А. Яну, Е.В. Беловой, О.А. Мосиной, а также Н.В. Аксёновой, выполнившей аналитические определения $S_{орг}$ по керну в ИНГГ СО РАН.

Глава 1. КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИИ БАЖЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА

Органическое вещество является наиболее лабильным компонентом в осадках и осадочных породах. Оно претерпевает в процессе седиментогенеза, диагенеза и катагенеза глубокие преобразования, одним из важнейших результатов которых является образование нефти и газа. Поэтому изучение закономерностей распределения органического вещества в той или иной осадочной толще обязательно требует знания его превращений в диагенезе и катагенезе (Н.Б. Вассоевич, Н.М. Страхов, Т.К. Баженова, Ф.Г. Гурари, А.Э. Конторович, С.Г. Неручев, Б.А. Соколов, В.А. Успенский и др.). В настоящей главе описаны наиболее важные элементы геологической истории баженовского горизонта, которые оказали решающее влияние на современное распределение органического вещества в нем, историю и интенсивность процессов нефтегазообразования. Настоящая глава написана, в основном, по литературным публикациям и носит компилятивный характер, но, на взгляд автора, в работе она необходима для целостности описания объекта исследования и его геологической истории. Разделы главы, в разработке которых автор принимал личное участие, будут выделены в тексте главы.

1.1 Стратиграфия, литология

Вопросами стратиграфии юрских отложений Западной Сибири занимались многие исследователи. Наиболее известными являются работы Н.Н. Ростовцева, В.Н. Сакса, Ф.Г. Гурари, В.А. Захарова, М.С. Месежникова, И.И. Нестерова, Б.Л. Никитенко, Б.Н. Шурыгина, Н.И. Байбородских, Ю.В. Бладучана, С.П. Булынниковой, А.В. Гольберта, Е.А. Гайдебуровой, В.П. Девятова, В.И. Ильиной, И.Г. Климовой, В.Ф. Козыревой, В.И. Левиной, П.Ф. Ли, С.В. Мелединой, А.Г. Мухер, Г.П. Мясниковой, А.Н. Резапова, Л.В. Ровниной, Л.Я. Трушковой, В.Я. Шерихоры, Г.С. Ясовича, и др.

Как было отмечено во Введении, объектом исследования в настоящей работе являются породы баженовского горизонта (Рисунок 1.1), которые входят в состав

осадочного чехла Западно-Сибирского бассейна, представленного отложениями мезозоя и кайнозоя. Толщина осадочного чехла в бассейне изменяется от десятков и сотен метров – на окраинах, до 3-4 км – в центральной части бассейна, и до 8-10 км – в северных районах. Литологический состав отложений верхней юры, толщина пачек пород и особенности их переслаивания очень изменчивы как по латерали, так и в разрезе [Алексерова и др., 1958; Гурари, 1959; Гурари и др., 1963; Конторович и др., 1975; Булынникова и др., 1978; Брадучан и др., 1986; Решение..., 2004].

В составе верхнеюрских отложений на территории Западно-Сибирской равнины выделяются васюганский, георгиевский и баженовский горизонты [Конторович и др., 1975; Объяснительная записка..., 1976; Решение..., 2004; Рыжкова и др., 2018] (Рисунок 1.2).

Верхнеюрские отложения вскрыты на глубинах от 1100 м до 4200 м более чем 10000 опорных, параметрических, поисковых и разведочных скважин. Почти повсеместно они залегают трансгрессивно на подстилающих образованиях преимущественно континентального генезиса тюменской свиты (средняя юра) и морской нижней подсвиты васюганской свиты, и перекрываются отложениями куломзинского горизонта (нижний мел) [Решение..., 2004; Брадучан и др., 1986; Шурыгин и др., 2000; Рыжкова и др., 2018].

В соответствии с задачей настоящей работы, ниже рассмотрены стратиграфия и литология баженовского горизонта. Схема распространения свит баженовского горизонта на территории Западно-Сибирского бассейна уточнена в соответствии с новейшими данными [Рыжкова и др., 2018], и показана на рисунке 1.1. Границы кровли и подошвы баженовского горизонта были выделены по материалам ГИС в соответствии с критериями выделения кровли и подошвы баженовской свиты и её стратиграфических аналогов, описанными в работах [Рыжкова и др., 2018; Эдер и др., 2020].

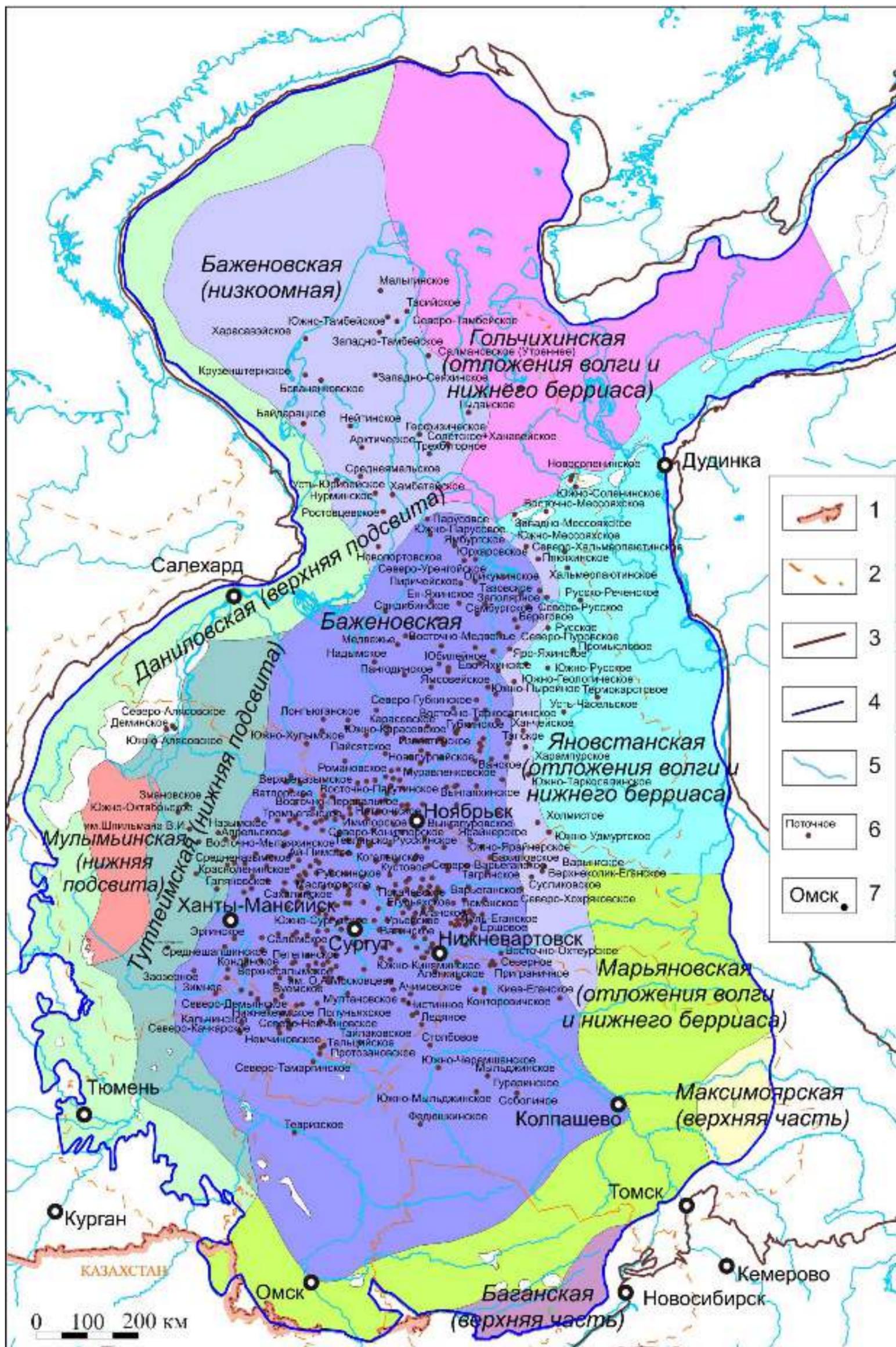


Рисунок 1.1 – Фациально-стратиграфическое районирование отложений баженовского горизонта Западно-Сибирского осадочного бассейна [Рыжкова и др., 2018] со схемой расположения залежей нефти в пласте Ю₀ и горизонтах берриаса-апта

Условные обозначения: 1–4 – границы: 1 – государственная; 2 – административная; 3 – площадного распространения отложений мезозоя; 4 – площадного распространения верхнеюрских отложений. 5 – гидросеть; 6 – центры месторождений с залежами в продуктивных горизонтах Ю₀ и берриаса-апта; 7 – населенные пункты.

Автор принимал непосредственное участие в составлении схем фациально-стратиграфического районирования, приведенных в этой работе.

Баженовский горизонт, согласно официально принятым Межведомственным стратиграфическим комитетом (МСК) стратиграфическим схемам, выделен в объеме верхов нижневолжского подъяруса – нижней части нижнего берриаса [Конторович и др., 1975; Атлас моллюсков..., 1990; Шурыгин и др., 2000; Решение..., 2004]. Изучением вещественного состава баженовского горизонта занимались многие ученые: Т.Ф. Антонова, Т.И. Гурова, Т.В. Дорофеева, А.Г. Замирайлова, Ю.Н. Занин, М.С. Зонн, М.Ю. Зубков, В.П. Казаринов, Г.А. Калмыков, Г.Н. Карцева, Т.Т. Клубова, А.Э. Конторович, Б.А. Лебедев, И.И. Нестеров, Г.М. Парпарова, Г.Н. Перозио, Г.Э. Прозорович, З.З. Ронкина, С.В. Сараев, Р.С. Сахибгареев, З.Я. Сердюк, И.Н. Ушатинский, С.И. Филина, В.В. Хабаров, В.Г. Эдер, П.А. Ян и др.

Система	Отдел	Ярус	Региоярус	Горизонт	Свиты	
Меловая	Нижний	Берриасский	Рязанский	Баженовский	Федоровская	Яноистанская
		Титонский	Волжский		Даниловская (верхняя подсвита)	
Юрская	Верхний	Кимериджский		Георгиевский	Полсинская	Яноистанская
					Даниловская (нижняя подсвита)	
	Средний	Келловейский		Васюганский	Вопулинская толща	Георгиевская
					Абалакская	
	Батский			Маурьянинская	Абалакская	Георгиевская
					Абалакская	
					Абалакская	
					Нурминская	
					Гольничинская	
					Точинская	
Сиговская	Яноистанская					
Абалакская	Баженовская					
Васюганская	Баженовская					
Татарская	Баженовская					
Татарская	Марьяновская					
Татарская	Баганская					
Наукальская	Баженовская					
Наукальская	Марьяновская					
Тажинская	Максимовская					

Рисунок 1.2 – Свиты, выделяемые в составе келловей и верхней юры Западно-Сибирского осадочного бассейна [Рыжкова и др., 2018]

Баженовский горизонт, как показано выше на рисунках 1.1 и 1.2, включает баженовскую, федоровскую свиты, нижние подсвиты тутлеймской и мулымьинской свит, верхнюю подсвиту даниловской свиты и верхние части

разрезов марьяновской, баганской, максимоярской, гольчихинской и яновстанской свит. Породы баженовской свиты залегают трансгрессивно, со стратиграфическим несогласием на верхневасюганской подсвите или согласно перекрывают породы георгиевской, подстилаемой татарской свитой, – в Омском, и наунакской свитой – в Сильгинском структурно-фациальных районах (СФР), абалакской свиты – на западе – в Казым-Кондинском и Фроловско-Тамбейском СФР [Шурыгин и др., 2000; Решение..., 2004; Рыжкова и др., 2018].

Баженовская свита (волжско-нижнеберриасский возраст) выделена Ф.Г. Гурами в 1959 г. как баженовская пачка в составе марьяновской свиты. Решением МСК в 1969 г. она была переведена в ранг свиты [Решения..., 1969; Решение..., 2004]. Стратотипом свиты является разрез скважин Саргатской площади и скважины Большереченская 1-Р [Гурами, 1959]. Баженовская свита распространена в центральных и северных районах Западной Сибири и является хорошо известным репером в мезозойской толще [Конторович и др., 1975; Брадучан и др., 1986; Гурами и др., 1988; Западная Сибирь. Геология..., 2000; Шурыгин и др., 2000].

Относительно названия пород баженовской свиты среди исследователей (Т.И. Гурова [1960]; Т.Т. Клубова [1960]; Б.А. Лебедев [Лебедев и др., 1979]; И.Н. Ушатинский [1981; 1989]; И.И. Нестеров [Салымский..., 1970]; Ю.В. Брадучан [Брадучан и др., 1986]; А.Э. Конторович [Конторович и др., 1998; 2016; и др.] шла длительная дискуссия. Автор придерживается классификации, предложенной А.Э. Конторовичем с соавторами [Конторович и др., 2016], построенной на основе анализа соотношения четырех породообразующих компонентов в баженовской свите: кремнистых, глинистых, карбонатных минералов и органического вещества (керогена). Породы баженовской свиты, в основном, имеют биогенное и, в меньшей степени, аллотигенное происхождение. По результатам аналитического определения химического и минерального состава были выделены четыре основных класса пород, разделённые на подклассы. Для пород баженовской свиты авторами было введено понятие микститы, в которых содержание ни одного из компонентов не достигает 50 % [Конторович и др., 2016]. Микститы, в свою

очередь, подразделяются на подгруппы по минеральному составу и содержанию керогена. Наиболее распространенными подгруппами являются кремнисто-глинистые, кероген-кремнистые, кероген-глинисто-кремнистые микститы и керогеновые силициты, на долю которых приходится около 65 % общей выборки образцов.

А.Э. Конторовичем с соавторами [Конторович и др., 2016] было выявлено, что основная масса пород баженовской свиты сложена нижеперечисленными минеральными и минералоидными компонентами:

- кальцит, кремнезём – это продукты биохимической концентрации минерального вещества;

- планктоно- и бентосогенное органическое вещество (кероген) – это остатки архей, бактерий, простейших морских эукариотов, сохранившиеся после диагенетических и катагенетических превращений;

- глинистый аллотигенный материал – это продукты химического разрушения и тончайшей дисперсии первичных пород, принесённых из областей водосборов;

- аутигенные продукты химической концентрации минерального вещества, образовавшиеся на стадиях позднего диагенеза и катагенеза [Конторович и др., 2016]. В ходе диагенеза осадков формирование аутигенно-минералогических форм железа происходит последовательно от лептохлорита к сидериту, и далее – к пириту [Страхов, 1962].

Авторы описанной классификации [Конторович и др., 2016] обращают внимание, что классификация не является в полной мере генетической. Так как на отдельных этапах образования и преобразования пород баженовской свиты в результате биохимических и химических процессов могли формироваться идентичные по минералогическому и химическому составу фазы, когда источником вещества для минералообразования на более поздних стадиях катагенеза являлись продукты более ранних этапов литификации.

Важной особенностью геохимии баженовской свиты, по мнению большинства исследователей (Н.Б. Вассоевич, Ф.Г. Гурари, Ю.Н. Занин,

Н.П. Запивалов, Ю.Н. Карогодин, А.Э. Конторович, Е.А. Костырева, В.И. Москвин, В.Д. Наливкин, С.Г. Неручев, И.И. Нестеров, В.Ф. Никонов, И.И. Плуман, Г.П. Сверчков, А.А. Трофимук, И.Н. Ушатинский, А.С. Фомичев и др.), является очень высокое содержание в них органического вещества, что отразилось на особенностях накопления в осадках некоторых химических элементов, таких как кремний, кальций, фосфор, уран, ванадий, никель, марганец, железо и сера. По мнению многих исследователей [Конторович и др., 1972а,б; Нестеров и др., 1987; Занин и др., 1997; и др.], существует почти прямая зависимость – с ростом содержания органического вещества увеличивается количество биогенных компонентов (аутигенного кремнезёма, известняков, фосфора, серы). С другой стороны, уменьшается содержание петрогенных компонентов (терригенного кремнезёма, глинозёма, определенной части железа, щелочей). Такая генетическая взаимосвязь отражает условия накопления осадков и дальнейшее их преобразование [Нестеров и др., 1987].

В изученной выборке образцов авторами работы [Конторович и др., 2016] были выявлены следующие содержания компонентов пород (%): минералы кремнезёма – от 0.8 до 88.6 (среднее 37.1), глинистые минералы – от 1.1 до 51.6 (среднее 22.3), альбит – от 0 до 23.9 (среднее 8.4), карбонатные минералы – от 0 до 92.3 (среднее 14.3), органическое вещество – от 0.2 до 27.8 (среднее 10.8), пирит – от 0 до 23.5 (среднее 6.2), апатит – от 0.1 до 14.5 (среднее 0.8). Четыре основные класса пород (кремнистые, глинистые, карбонатные минералы и ОВ (кероген)) разделены, в свою очередь, на 16 подклассов. Для пород баженовской свиты были введены понятия биогенно-хемогенных микститов.

В работе [Конторович и др., 2016] было установлено, что кероген в концентрациях более 10 % встречается прежде всего в породах, в которых преобладает кремнистое вещество:

- в силицитах (8.9 % всей выборки, средняя концентрация $C_{\text{орг}}$ – 13.1 %);
- в кероген-кремнистых микститах (17.8 % выборки, средняя концентрация $C_{\text{орг}}$ – 16.6 %);

- в кероген-глинисто-кремнистых микститах (16.0 % выборки, средняя концентрация $C_{\text{орг}}$ – 14.1 %).

Очень редко повышенные концентрации керогена (>10 %) встречаются в породах, обогащенных карбонатами:

- в карбонатах (0.8 % всей выборки, 10.3 % – от выборки карбонатных пород, средняя концентрация $C_{\text{орг}}$ – 10.8 %);
- в кероген-карбонатных микститах (5.2 % всей выборки, 6.9 % – от выборки микститов, средняя концентрация $C_{\text{орг}}$ – 14.1 %);
- в кероген-глинисто-карбонатных микститах (2.6 % всей выборки, 3.5 % – от выборки микститов, средняя концентрация $C_{\text{орг}}$ – 12.9 %).

Таким образом, согласно данным, полученным в ИНГГ СО РАН, керогеном обогащены силициты (8.9 % всей выборки) и содержащие в повышенных концентрациях кремнезём микститы (43.2 % всей выборки).

В баженовской свите выявлено повышенное, по сравнению с подстилающими и перекрывающими глинами, абсолютное содержание следующих элементов (%): бора (0.007), бария (0.25), ванадия (0.05), марганца (0.04), никеля (0.02), молибдена (0.015), меди (0.012), стронция (0.02), циркония (0.02), серы, урана др. [Конторович и др., 1972а,б; Плуман, 1971; Прозорович и др., 1973а; Лебедев и др., 1979; Гавшин, Бобров, 1982; Нестеров и др., 1987; Занин и др., 1997; Конторович и др., 1998]. По данным Т.И. Гуровой, А.Э. Конторовича и С.Г. Неручева, чаще всего элементы в повышенных концентрациях рассеяны в органо-минеральной массе породы, находясь в форме металлоорганических соединений, и не образуют выделений в виде самостоятельных минералов. Тем не менее отмечаются случаи, когда образуются значительные по массе включения пирита, халькопирита, сфалерита, галенита, барита и фосфорита на фоне общей повышенной концентрации элементов [Гурова, Казаринов, 1962; Конторович, 1967; Неручев, 2007; и др.].

Близкие взгляды на состав пород баженовской свиты развиты в работах многих исследователей [Лебедев и др., 1979; Хабаров и др., 1980; Ушатинский, 1981; Дорофеева и др., 1983; Нестеров, Высоцкий, 1985; Рыльков, Григорьева,

1985; Сараев, 1987; Гурари и др., 1988; Зубков и др., 1998, Зубков, 1999; Занин и др., 1999; Балушкина и др., 2013].

Баженовская свита хорошо выражена по латерали и прослеживается в Западной Сибири на площади около 1 млн км² [Гурари и др, 1963; Новиков, Салманов, Тянь, 1970; Конторович и др., 1975; 2013; Лебедев и др., 1979; Рыжкова и др., 2018; и др.]. На региональных временных разрезах кровля баженовского горизонта соответствует отражающему сейсмогоризонту Б, подошва – отражающему сейсмогоризонту Па. Толщины пород баженовского горизонта изменяются в следующих пределах: от 15 м до 25 м – в области распространения баженовской и тутлеймской свит; 30-35 м – в мулымьинской свите; до 35 м – в баганской свите; 35-40 м – в максимоярской свите; до 45 м – в даниловской свите; 40-65 м – в марьяновской; до 100 м – в гольчихинской свите; до 350 м и более – в яновстанской свите [Рыжкова и др., 2018]. С баженовской свитой связан продуктивный нефтеносный пласт Ю₀.

Границы баженовской свиты со вмещающими породами по керну обычно проявляются нечетко, иногда на протяжении 3-5 м, особенно, с глинами кровли, поэтому часто границы свиты определяются по каротажным кривым радиоактивности, удельного электрического сопротивления и индукционного каротажа [Брадучан и др., 1986; Нестеров и др., 1987; Рыжкова и др., 2018].

Как стратиграфическое подразделение баженовская свита выделяется по характерным комплексам фауны, среди которых аммониты – *Dorsoplanites* spp., *Aulacostephanus* s.str., белемниты – *Cylindroteuthis* sp., *Pachyteuthis* sp., *Simobelus* sp., *Lagonibelus* sp., двустворки – *Buchia* spp., фораминиферы – *Ammodiscus veteranus*, *Dorothia tortuosa* и др. (С *Hectoroceras* spp. – Омский ФР, С *Surites* spp. – Сильгинский, *Evolutinella emeljanzevi*, *Trochammina septentrionalis* – Пур-Иртышский ФР) [Решение..., 2004].

Несмотря на длительное изучение юрских и нижнемеловых разрезов, до сих пор не решена проблема определения нижней границы берриаса – базального яруса меловой системы [Шурыгин, Дзюба, 2015]. Трудность выделения границы в межрегиональной биостратиграфической корреляции приграничных толщ юры и

мела Сибири, связана с различиями биот бореальных и тетических палеобассейнов в конце юрского и начале мелового периода. Помимо этого, вопрос определения стратотипа границ берриасского яруса осложняется непрекращающейся дискуссией о выборе уровня и природы маркера границы, в качестве которого рассматриваются биостратиграфические либо магнитостратиграфические реперы [Шурыгин, Дзюба, 2015].

При использовании набора параллельных биостратиграфических шкал с учётом изотопных и палеомагнитных событий [Булынникова, 1973; Конторович и др., 1975; Бладучан и др., 1986; Атлас моллюсков..., 1990; Захаров и др., 1999; Шурыгин и др., 2000; Маринов и др., 2006; 2009; и др.] интервал неопределённости положения границы юры и мела в сибирских разрезах приурочен к верхней части регионального баженовского горизонта, соответствующей верхней части аммонитовой зоны *Craspedites taimyrensis* – коинтервала этой зоны с белемнитовой зоной *Arctoteuthis tehamaensis*. К этому же интервалу относится подошва палеомагнитной зоны M18r и широко коррелируемый положительный изотопный экскурс изотопов углерода [Шурыгин, Дзюба, 2015]. По мнению Б.Н. Шурыгина и О.С. Дзюбы, в конкретных бореальных разрезах при оперативном определении положения границы юры и мела необходимо использовать коинтервалы параллельных зональных шкал по разным группам фоссилий.

При названии литологического состава пород баженовского горизонта многими авторами используется эпитет «битуминозные». Согласно данным И.И. Нестерова с соавторами [Атлас и объяснительная записка..., 1976] термину «глины с битуминозными прослоями» соответствуют содержания органического вещества в породах 3-6 %; «породы с высоким содержанием ОВ» – породы с концентрациями ОВ 8-15 %, «битуминозные породы» – породы с содержанием ОВ 4-8 % [Атлас и объяснительная записка..., 1976]. Этот же подход автор использовал в данной работе.

По мнению А.Э. Конторовича, термин «битуминозные» правильнее применять к породам, содержащим более 5 % битумоидов. А поскольку содержание битумоидов в баженовском горизонте в них редко превышает 2-3 %, то логичнее

называть такие породы – «углеродистые», «высокоуглеродистые», и подчеркивать аквагенную (акритархо-, бактерио- планктоно и бентосогенную) природу органического вещества.

Баженовская свита резко отличается от выше- и нижележащих пород по своим литологическим характеристикам и химическому составу, в частности, по содержанию урана, что позволяет выделять её в разрезе осадочного чехла по результатам интерпретации геофизических исследований скважин и материалов сейсморазведки МОГТ.

Тутлеймская свита ранневолжско-ранневаланжинского возраста распространена в Казым-Кондинском СФР [Решение..., 2004]. Свита была выделена в 1956 г. П.Ф. Ли в разрезе скважин Тутлеймской площади [Конторович и др., 1975]. По данным Ю.В. Брадучана тутлеймская свита состоит из низкоуглеродистых глинистых пород – на севере, южнее – глин и известковистых пород с повышенной углеродистостью. Стратиграфическим аналогом баженовской свиты является нижнетутлеймская подсвита (ранневолжского-раннеберриасского возраста). В нижней части свиты отмечаются кремнистость, прослои известняков и радиоляритов, пирит, одиночные конкреции фосфоритов [Брадучан и др., 1986]. Цвет пород свиты от темно-серого, коричневатого до черного. В западном направлении количество углеродистых пород уменьшается [Конторович, 1967; Конторович и др., 1967; 1975; Шурыгин и др., 2000]. Толщина тутлеймских отложений составляет до 40 м. В свите найдены следующие комплексы фоссиллий: *Praetollia* spp., *Dorsoplanites* spp., *Pachyteuthis mosquensis*, *Simobelus mamillaris*, *Buchia* spp., *Evolutinella emeljanzevi*, *Spiroplectammina vicinalis*, *Trochammina septentrionalis* и др.

Мулымьинская свита выделяется в объеме ранневолжско-раннеготеривского возраста, была выделена в 1972 г. В.Г. Елисеевым и В.С. Бочкаревым в Шаимском НГР по разрезу скважины 13-Р Мулымьинской площади. Свита представлена глинами темно-серыми, листоватыми, низкоуглеродистыми. Встречаются редкие конкреции фосфатов, карбонатные прослои, стяжения пирита, онихиты, остатки рыб [Брадучан и др., 1986]. В мулымьинской свите встречаются характерные

остатки фауны в виде *C Craspedites sp.*, *Dorsoplanites sp.*, *Evolutinella emeljanzevi*, *Dorothia tortuosa* и др. Толщина свиты составляет порядка 60 м. В пределах Шаимского мегавала в основании свиты развита трехзерная толща, достигающая толщины до 70 м, состоящая из конгломератов, гравелитов, песчаников, которые замещаются на глины. В толще встречаются остатки *C Laugeites sp.*, *Dorsoplanites* и др. [Решение..., 2004]. Стратиграфическим аналогом баженовской свиты является нижнемулымьинская подсвита (ранневолжского-раннеберриасского возраста).

Марьяновская свита (верхнеоксфордско-нижнеберриасский возраст) выделена З.Т. Алескеровой и Т.И. Осыко в 1957 г., название дано по селу Марьяновка Омской области. Свита имеет сложную историю изменения территории, на которой она выделялась, и стратиграфического объема [Решения..., 1991]. Переведена в ранг свиты по предложению Ф.Г. Гурари в 1959 г., развита в пределах Тебисского и Ажарминского СФР [Решение..., 2004]. В качестве эталонного разреза баженовского горизонта для территории южных районов Западно-Сибирского осадочного бассейна принят стратотип свиты в скважине Татарская 1 [Шурыгин и др., 2000]. Марьяновская свита представлена глинами, прослоями углеродистыми, на юго-востоке территории – с прослоями песчаников и алевролитов. Стратиграфическое положение марьяновской свиты определяется по находкам многочисленных представителей морской фауны: *C Hectoroceras cf. kochi*, *Dorsoplanites sp. ind.*, *Rasenia sp.*, *Aulacostephaninae*, *Pictonia sp.*, *Buchia cf. mosquensis*, *Trochammina rosaceaformis*, *Ammodiscus veteranus*, *Spiroplectammina vicinalis*, *Dorothia tortuosa*, *Pseudolamarckina lopsiensis*, *P. voliaensis*, *Trochammina omskensis*, *Verneuilioides graciosus* и др. [Решение..., 2004]. Свита залегает на татарской свите в Тебисском СФР и на наунакской свите – в Ажарминском ФР. В низах марьяновской свиты встречаются песчаники глауконитовые *барабинской пачки* с карбонатными конкрециями, объединенными в пласт Ю₁⁰.

Даниловская свита (келловой-волжско-нижнеберриасский возраст) была выделена Ю.В. Бладучаном и Г.С. Ясовичем в 1977 г. в разрезах Даниловской и Лемьинской площадей. Свита развита на западной и северо-западной окраине

Западно-Сибирского осадочного бассейна в Ямало-Тюменском СФР [Решение..., 2004]. Стратотипом свиты является разрез скважины Даниловская 62-Р в интервале глубин 1734-1824 м [Брадучан, Ясович, 1984]. Стратиграфическим аналогом баженовской свиты является *верхнеданиловская подсвита* волжско-нижнеберриасского возраста.

Состав отложений верхнеданиловской подсвиты глинистый, прослоями углеродистый, темно-серого, буроватого цвета с карбонатными конкрециями. Как стратиграфическое подразделение верхнеданиловская подсвита выделяется по характерным комплексам фауны, среди которых *C Buchia ex gr. Rugosa*, *B. ex gr. mosquensis*, *Ammodiscus veteranus*, *Evolutinella emeljanzevi*, *Trochammina septentrionalis*, *Spiroplectammina vicinalis*, *Pseudolamarckina voliaensis* [Решение..., 2004]. Толщина верхнеданиловской подсвиты до 45 м.

Федоровская свита (волжско-нижнеберриасский возраст) выделена В.А. Лидером в 1956 г. со стратотипом по рекам Лопсии, Толье, Яны-Манье и Сев. Сосьвы [Решения..., 1969; Решение..., 2004]. Свита распространена в Приуральском СФР. Свита представлена алевролитами и песчаниками зеленовато-серыми, глауконито-кварцевыми с оолитами шамозита, линзами гравия, известковыми конкрециями, ходами червей [Шурыгин и др., 2000]. В федоровской свите найдены многочисленные остатки следующих микроорганизмов: *C Borealites* sp., *Chetaites* spp., *Praetollia* spp., *Strajevskya* spp., *Lagonibelus* spp., *Simobelus* spp., *Pachyteuthis* sp., *Aguilerella* sp., *Inoceramus* spp., *Spiroplectammina vicinalis*, *Dorothia tortuosa*, *Pseudolamarckina voliaensis*, *Tolyrammina virgula*, *Planularia pressula* и др. Толщина отложений достигает до 100 м. Свита залегает на глинистых породах лопсинской свиты [Решение..., 2004].

Гольчихинская свита (верхний бат-нижнеберриасский возраст) была выделена в 1986 г. Кислухиным В.И. у пос. Гольчиха близ устья р. Енисей, в скважине Дерябинская 5, в интервале глубин 2937-3312 м [Кукушкина, Кислухин, 1983; Кислухин, 1986]. Свита находится на северо-восточной окраине Западно-Сибирского бассейна в Гыданском СФР. Породы свиты представлены мощной толщей до 950 м аргиллитов, с прослоями алевролитов, реже песчаников. С

гольчихинскими отложениями связаны следующие фоссилии: *C Craspedites sp. ind.*, *Quenstedtoceras spp.*, *Longaeviceras spp.*, *Cadoceratinae*, *Kosmoceras*, *Arctocephalitinae*, *Buchia spp.*, *Tolypammina virgula*, *Planularia pressula* и др. [Решение..., 2004]. Стратиграфическим аналогом баженовской свиты являются верхние горизонты глинистых, прослоями углеродистых отложений гольчихинской свиты, охарактеризованные комплексами морских макро- и микрофоссилий, типичных для баженовского горизонта [Шурыгин и др., 2000; Рыжкова и др., 2018].

Яновстанская свита (верхнекимериджско-нижнеберриасский возраст) была выделена А.А. Булыниной и А.Н. Резаповым в 1965 г. со стратотипом в Туруханской опорной скважине в интервале 2032-2260 м [Белкина и др., 1965; Решения ..., 1969]. Свита развита на востоке Западной Сибири в пределах Тазо-Хетского СФР [Решение..., 2004]. Свита состоит из глин и аргиллитов с подчиненным количеством пластов песчаников и алевролитов. Как стратиграфическое подразделение яновстанская свита выделяется по характерным комплексам фоссилий, среди которых *C Craspedites sp.*, *Laugeites sp. ind.*, *Dorsoplanites spp.*, *Pectinatites spp.*, *Amoeboceras spp.*, *Rasenia spp.*, *Prorasenia sp. ind.*, *Pictonia sp. ind.*, *Lagonibelus gustomesovi*, *Simobelus russiensis*, *S. mamillaris*, *Cylindroteuthis comes*, *Pachyteuthis spp.*, *Buchia spp.*, *Ammodiscus veteranus*, *Evolutinella emeljanzevi*, *Spiroplectammina vicinalis*, *Dorothia tortuosa*, *Pseudolamarckina lopsiensis*, *Nauplophragmoides canuiformis* и др. Толщина яновстанской свиты достигает до 700 м. Свита подстилается песчаниками и алевролитами сиговской свиты [Решение..., 2004]. Стратиграфическим аналогом баженовской свиты являются верхние горизонты глинистых, прослоями углеродистых отложений яновстанской свиты, содержащие комплексы морских макро- и микрофоссилий, характерных для баженовского горизонта [Шурыгин и др., 2000; Рыжкова и др., 2018].

Максимоярская свита (кимеридж-берриасский возраст) была выделена М.А. Толстихиной в 1965 г. в разрезе Максимоярской опорной скважины в интервале 1916-2009 м [Решения ..., 1969; Шурыгин и др., 2000; Решение ..., 2004].

Свита развита на территории Чулымо-Тасеевского СФР (Чулымо-Тасеевская ФО). К максимоярской свите относятся прослой прибрежно-морских отложений в составе существенно континентальной толщи [Шурыгин и др., 2000]. Свита представлена голубовато- и зеленовато-серыми песчаниками с прослоями алевролитов и красно-коричневых глин, толщина отложений до 90 м. В южном направлении толщина свиты сокращается до 64-73 м, несмотря на существенное опесчанивание разреза, ещё южнее (Чулымская площадь) происходит сокращение толщины свиты до полного отсутствия отложений баженовского горизонта. С максимоярской свитой связаны находки *Meleagrinnella ovalis*. Свита с перерывом залегает на глинах и алевролитах с прослоями песчаников тяжинской свиты (верхний бат-оксфордский возраст) [Булынникова и др., 1968; Шурыгин и др., 2000; Решение..., 2004; Рыжкова и др., 2018].

Баганская свита (кимеридж-берриасский возраст) выделена В.А. Мартыновым по разрезу скважины Южно-Чулымская 1, в интервале 1090-1214 м [Решения..., 1991; Решение..., 2004]. Свита распространена на крайнем юге Западной Сибири в Баганском СФР. Свита состоит из светло-серых и зеленовато-серых песчаников, иногда с глауконитом, и глин известковистых до мергелей. Как стратиграфическое подразделение баганская свита выделяется по характерным комплексам фауны, среди которых *Meleagrinnella recta*, *M. Subovalis*, *Liostrea sibirica*, *Echogyra nana*, *Miliammina zolotorevae*, *Trochammina elevate*. Баганская свита с перерывом залегает на глинах с прослоями песчаников татарской свиты. Толщина свиты достигает до 130 м [Шурыгин и др., 2000; Решение..., 2004].

Изучением коллекторских свойств баженовской и тутлеймской свит начиная с 70-х годов XX века занимались Ф.Г. Гулари, И.И. Нестеров, Ф.К. Салманов, Г.Р. Новиков, А.В. Тянь, А.Д. Алексеев, Н.С. Балущкина, Ф.Я. Боркун, В.М. Добрынин, Т.В. Дорофеева, Ю.В. Желтов, О.Г. Зарипов, Б.Н. Зубарев, М.Ю. Зубков, Г.А. Калмыков, Ю.Н. Карогодин, А.Э. Конторович, Б.А. Лебедев, К.И. Микуленко, В.Д. Немова, И.Н. Ушатинский, Г.Э. Прозорович, Б.Н. Пьянков, В.П. Толстолыткин, А.А. Трофимук, В.С. Славкин, В.П. Степанов, и др. [Салымский..., 1970; Прозорович и др., 1973б; Гулари, 1974; Гулари, 1981;

Микуленко, 1974; Зарипов, Нестеров, 1977; Булынникова и др., 1978; Нестеров, 1979; Вебер, Коцеруба, 1979; Лебедев и др., 1979; Дорофеева и др., 1979; Трофимук, Карогодин, 1981; Доманикиты..., 1982; Добрынин, 1982; Дорофеева и др., 1983; Желтов и др., 1984; Толстолыткин, Зубарев, 1984; Зубков и др., 1986; Нестеров и др., 1987; Ушатинский, 1989; Степанов и др., 2007; Славкин и др., 2007; Алексеев и др., 2009; Немова и др., 2011; Балушкина и др., 2013; Калмыков и др., 2015; Конторович и др., 2018; и др.].

При изучении геохимических особенностей нефтей баженовской свиты были выявлены и изучены твёрдые битумы, наблюдаемые в виде тонких линз, прослоек и заполнений онихитес [Конторович и др., 1999а]. По комплексу признаков твердые битумы отнесены к керитам. При исследовании твердых битумов, как и для нормальных битумоидов и нефтей генетически связанных с баженовской свитой, было отмечено высокое содержание ванадия (ванадиловых порфиринов), наследующего углеродный скелет от хлорофиллов живого вещества [Колганова, Конторович, 1966; Конторович, 1967; Конторович и др., 1975; Гончаров и др., 1985; Конторович и др., 1999б; Peters et al., 1994; и др].

1.2 Структурная карта кровли баженовского горизонта. Тектоника

Тектоническое строение районов Западной Сибири рассматривается во многих научных публикациях. Наиболее известными являются карты под редакцией Н.Н. Ростовцева, В.Д. Наливкина, Г.К. Боярских, В.Г. Смирнова, М.Я. Рудкевича, Ф.Г. Гурари, И.И. Нестерова, Л.И. Ровнина, В.И. Шпильмана, А.Э. Конторовича, В.А. Конторовича, в которых отражена структура юрского тектонического яруса, а также работы В.С. Бочкарева, Г.К. Боярских, В.В. Гребенюка, О.Г. Жеро, И.А. Иванова, В.П. Казаринова, А.Э. Конторовича, В.А. Конторовича, К.И. Микуленко, В.Д. Наливкина, И.И. Нестерова, Л.И. Ровнина, Н.Н. Ростовцева, М.Я. Рудкевича, Ф.К. Салманова, В.Г. Смирнова, В.С. Старосельцева, В.С. Суркова, В.М. Тищенко, В.И. Шпильмана и др.

Формирование осадочного чехла Западно-Сибирского бассейна началось примерно 230 млн лет назад (средний триас) [Конторович и др., 1975]. В

геологической истории Западно-Сибирской плиты на протяжении мезозоя и кайнозоя существовало несколько крупных этапов эволюции седиментационного бассейна, связанных с особенностями структуры, тектоническими движениями (рельеф) и изменениями климата, влияющих на толщину накапливающихся осадков, их размещение, вещественный состав и размерность терригенного материала [Казаринов, 1958, Конторович и др., 1975; Булыникова и др., 1978; Нестеров и др., 1987; Конторович и др. 2013; Конторович и др. 2019].

Структурный план мезозойско-кайнозойского чехла Западно-Сибирской плиты был сформирован под воздействием завершающих движений структурных зон и блоков фундамента, образованных покровно-складчатými системами рифейского, палеозойского возрастов и раннетриасовой рифтовой системой, поскольку импульс направленных тектонических движений в структурных зонах сохраняется после их образования в течение 200-250 млн лет [Западная Сибирь. Геология..., 2000].

До начала широкомасштабных геофизических исследований Западно-Сибирской плиты и бурения в 1949-1955 гг. опорных скважин тектонические схемы строения складчатого фундамента плиты основывались только на анализе тектонических структур складчатого обрамления фундамента по результатам магнитных съемок, геологических и геоморфологических карт.

В последующие годы схемы тектонического районирования платформенного чехла Западной Сибири и отдельных её крупных частей были построены следующими авторскими коллективами: в 1958 г., 1961 г., 1964 г., 1968 г. – под редакцией Н.Н. Ростовцева [Алексерова и др., 1958; Ростовцев, 1961]; в 1958 г. – под редакцией Д.В. Дробышева и В.П. Казаринова [Геология и нефтеносность..., 1958]; в 1964 г. – под редакцией Г.К. Боярских [Боярских и др., 1965]; в 1971 г. – под редакцией Ф.Г. Гурари [Гурари и др., 1971]; в 1974 г. – под редакцией И.И. Нестерова [Конторович и др., 1975]; в 1981 г. – под редакцией В.С. Суркова и О.Г. Жеро [Сурков, Жеро, 1981]; 1984 г. – под редакцией В.С. Суркова [Мегакомплексы..., 1986]; 1987 г., 1999 г., 2005 г. – под редакцией В.С. Бочкарева [Бочкарев, 1987; Бочкарев, 1999; Бочкарев и др., 2014]; в 1998 г. – под редакцией

В.И. Шпильмана, Н.И. Змановского и Л.П. Подсосовой [Атлас..., 2004]; в 2001 г. – под редакцией А.Э. Конторовича [Конторович и др., 2001] и др.

Вопросы классификации тектонических структур платформенного чехла освещены в работах В.Д. Наливкина, В.С. Бочкарева, Г.К. Боярских, Ф.Г. Гулари, В.П. Казаринова, А.Э. Конторовича, В.А. Конторовича, К.И. Микуленко, И.И. Нестерова, Н.Н. Ростовцева, М.Я. Рудкевича, В.С. Старосельцева, Ф.К. Салманова, В.С. Суркова и др.

Изучение разными авторами структурных поверхностей мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, построенных по различным реперным горизонтам, выявило в их строении на территории Западно-Сибирского бассейна принципиальные отличия.

Принципы и классификация платформенных тектонических структур были разработаны в 1963 г. В.Д. Наливкиным. Позднее М.Я. Рудкевичем и Ф.Г. Гулари были предложены существенные уточнения классификации и выделены 3 региональные структуры: Внешний пояс геосинеклизы, Ямало-Карская региональная депрессия; Среднеобская региональная ступень. В 2001 г. в ИГНГ СО РАН в соавторстве со специалистами научных коллективов и ведущих производственных геологических организаций с учетом предложенных В.А. Конторовичем с соавторами уточнений классификации тектонических структур (Таблица 1.1) были построены тектонические карты юрского и нижний мел-туронского комплексов [Конторович и др., 2001].

В осадочном чехле Западной Сибири выделяются два мегарегиональных флюидоупора, представленные выдержанными по толщине глинистыми и кремнисто-глинистыми толщами, сформировавшимися в эпохи трансгрессий и распространенными на обширных территориях, – баженковский горизонт и кузнецовская свита. Этим же геологическим реперам соответствуют наиболее энергетически выраженные отражающие сейсмические горизонты, что позволяет по результатам сейсморазведочных работ картировать поверхности мегарегиональных флюидоупоров [Конторович и др., 2001].

В основу описания современного структурного плана территории исследования положена карта тектонического районирования под редакцией А.Э. Конторовича [Конторович и др., 2001] по кровле юры Западно-Сибирского осадочного бассейна (Рисунок 1.3, Рисунок. 1.4).

Площадь распространения юрского структурно-формационного комплекса Западно-Сибирской геосинеклизы составляет почти 2692 тыс. км². В его пределах выделены 595 тектонических элементов, в том числе 3 – региональные структуры, 12 – надпорядковые структуры, 13 – структуры нулевого порядка, 65 – структуры I порядка, 103 – структуры II порядка и 399 – структуры III порядка [Конторович и др., 2001]. Среди структур, выделенных на тектонической схеме юрского структурного яруса, положительными являются 294, отрицательными – 269, промежуточными – 29. По «критерию замкнутости» тектонические элементы являются: замкнутыми, полузамкнутыми, незамкнутыми. Согласно «критерию формы», выделяются изометричные и линейные тектонические элементы.

Таблица 1.1 – Классификация тектонических элементов мезозойско-кайнозойских платформенных отложений Западно-Сибирской геосинеклизы [по В.Д. Наливкину (1963 г.) с уточнениями В.А. Конторовича и др., 2001]

Порядок структур	ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ											
	Положительные					Отрицательные					Промежуточные	
	Замкнутые		Полузамкнутые		Незамкнутые	Замкнутые		Полузамкнутые		Незамкнутые	Незамкнутые	
	Изометричные	Линейные	Изометричные	Линейные	Линейные	Изометричные	Линейные	Изометричные	Линейные	Линейные	Изометричные	Линейные
Над-порядковые $S > 60000-200000 \text{ км}^2$	Мега-антеклиза	Мега-гряда	Мега-геми-антеклиза	Наклонная мегагряда Мегагемигряда		<i>Мега-синеклиза</i>	Мега-желоб	Мега-геми-синеклиза	Наклонный мегажелоб Мегагемижелоб		-	<i>Мега-моно-клиза</i>
0 порядка $S > 20000-60000 \text{ км}^2$	Антеклиза	Гряда	Геми-антеклиза	Наклонная гряда Гемигряда		<i>Синеклиза</i>	Желоб	Геми-синеклиза	Наклонный желоб Гемижелоб		-	<i>Моно-клиза</i>
I порядка ($S = >6000 - 20000 \text{ км}^2$)	Свод Куполо-видное мегапод-нятие	Мегавал	Структурный мегамыс	Наклонный мегавал	Мега-выступ	Мега-впадина	Мега-прогиб	Структурный мезозалив	Наклонный мега-прогиб	Мега-врез	Мега-седло-вина	Мега-моно-клиналь
II порядка ($S = >2000 - 6000 \text{ км}^2$)	Куполо-видное мезо-поднятие	Мезовал	Структурный мезо-мыс	Наклонный мезовал	Мезо-выступ	Мезо-впадина	Мезо-прогиб	Структурный мезозалив	Наклонный мезо-прогиб	Мезо-врез	Мезо-седло-вина	Мезо-моно-клиналь
III порядка ($S = >200 - 2000 \text{ км}^2$)	Куполо-видное поднятие	Вал	Структурный мыс	Наклонный вал	Выступ	Впадина	Прогиб	Структурный залив	Наклонный прогиб	Врез	Седло-вина	Моно-клиналь
IV порядка ($S < 200 \text{ км}^2$)	Локальное поднятие		-	-	-	Локальная впадина		-	-	-	-	-

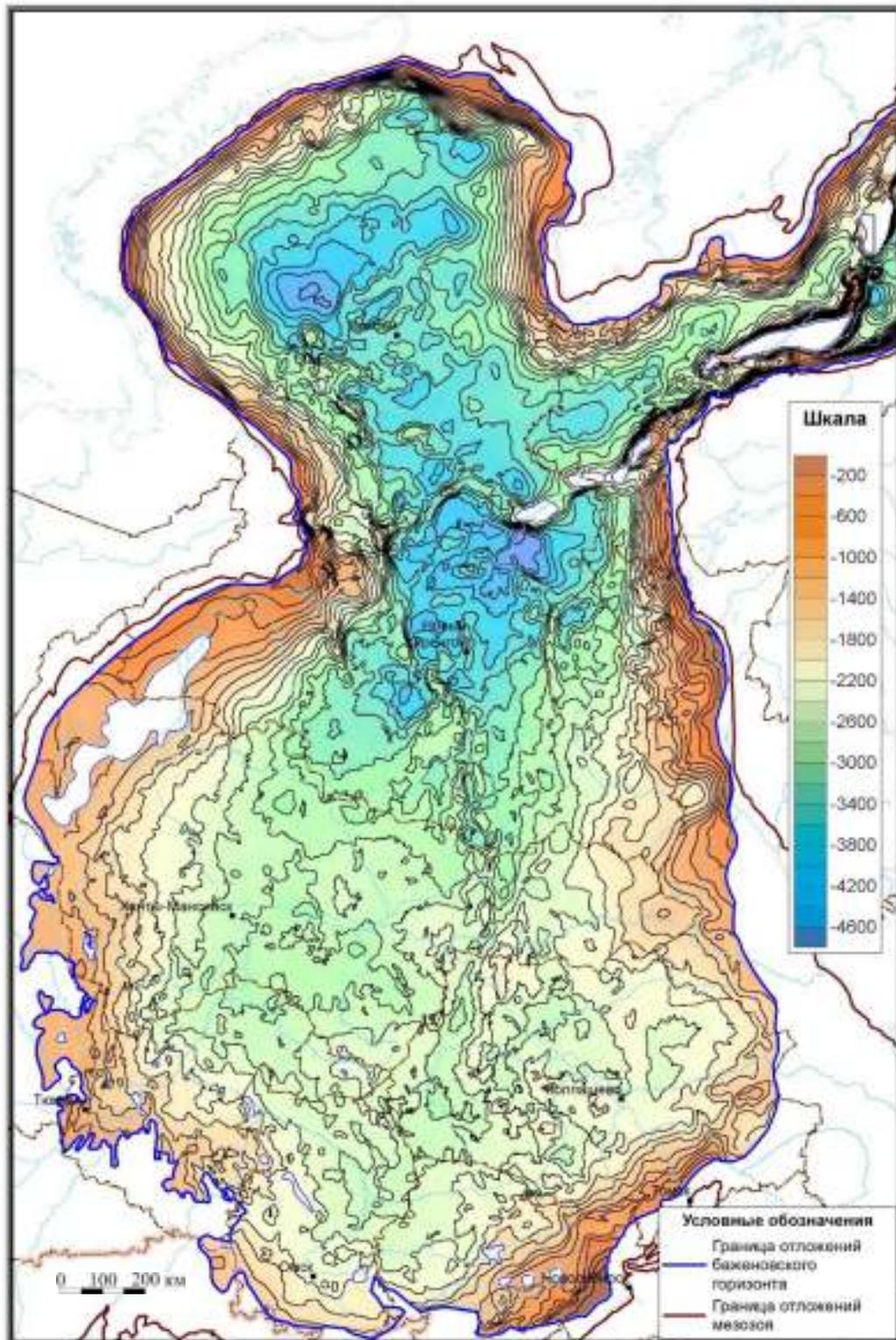


Рисунок 1.3 – Структурная карта по кровле юрского комплекса Западно-Сибирской геосинеклизы [Конторович и др., 2001]

Условные обозначения к Рисунку – 1.4

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ надпорядковые, 0, I, II, III порядков

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ

	Надпорядковые структуры и структуры 0 порядка		II порядка		III порядка		III порядка		III порядка
	Мессояхская наклонная гряда	32	Пайдугинско-Береговое куполовидное мезоподняtie	52	Тазовское кп	119	Борский вал	186	Ягыл-Яхский вал
B	Хантейская гмиантеклиза	33	Васюгаский мезовал	53	Усть-Юридейское кп	120	Еврикское кп	187	Юбилейное кп
C	Обь-Васюганская гряда	34	Белоноговское куполовидное мезоподняtie	54	Русско-Реченское кп	121	Верхнеажарминское кп	188	Яртояхский вал
D	Куржинская гряда	35	Нововасюганский мезовал	55	Западно-Песцовое кп	122	Сосновский вал	189	Чинжарское кп
E	Верхневасюганская антеклиза	36	Степановское куполовидное мезоподняtie	56	Песцовый вал	123	Ореховское кп	190	Игольско-Таловое кп
	I порядка	37	Копашевский мезовал	57	Заполярье кп	124	Советско-Соснинское кп	191	Тайчинский вал
I	Северо-Тамырский наклонный мегавал	38	Пудинское куполовидное мезоподняtie	58	Русский вал	125	Центрально-Ажарминский вал	192	Нововасильевское кп
II	Северо-Гыданский мегавыступ	39	Васильевый мезовал	59	Шугинский вал	126	Вахское кп	193	Тигинский вал
III	Припайхойский мегавыступ	40	Смоленский наклонный мезовал	60	Ярудейский вал	127	Охтейское кп	194	Лавровский вал
IV	Тундровый мегавыступ	41	Горелоярское куполовидное мезоподняtie	61	Юбилейное кп	128	Южно-Майзасское кп	195	Ивановское кп
V	Бованенковско-Нурминский наклонный мегавал	42	Белолярский мезовыступ	62	Фарковское кп	129	Зайцевский вал	196	Зимнее кп
VI	Гыданский мегавыступ	43	Лавровский наклонный мезовал	63	Уренгойское кп	130	Южно-Ажарминский вал	197	Седельниковское кп
VII	Усть-Портковский мегавыступ	44	Зимовский мезовыступ	64	Западно-Пангодинский вал	131	Зап.-Александровский стр. мыс	198	Таволжское кп
VIII	Ярудейский мегавыступ	45	Западно-Межовское куполовидное мезоподняtie	65	Южно-Русский вал	132	Окуневский вал	199	Бочкаревско-Камышинское кп
IX	Медвежье-Нугинский наклонный мегавал	46	Верхнешегарский мезовыступ	66	Ямсовейское кп	133	Кривоуццкий вал	200	Олимпийское кп
X	Часельский наклонный мегавал		III порядка	67	Красноселькупское кп	134	Верхнесалымское кп	201	Муромцевское кп
XI	Северный свод	1	Грушовое кп	68	Северо-Губкинский вал	135	Колонковский вал	202	Братский вал
XII	Сургутский свод	2	Серповый вал	69	Восточно-Таркосалинское кп	136	Киньяминский вал	203	Сергеевское кп
XIII	Варьеганско-Тагринский мегавыступ	3	Северо-Карский вал	70	Хойтаркинское кп	137	Полуденный стр. мыс	204	Паганийское кп
XIV	Шаимский мегавыступ	4	Мотыжное кп	71	Западно-Таркосалинский вал	138	Тыжское кп	205	Южно-Калгачский вал
XV	Нижневартовский свод	5	Внешнее кп	72	Верхнетанловское кп	139	Северо-Демьянское кп	206	Веселовское кп
XVI	Пыль-Караминский мегавал	6	Копьеовое кп	73	Пурпейское кп	140	Кедровско-Матюшкинское кп	207	Голубкинское кп
XVII	Александровский свод	7	Щитовое кп	74	Южно-Худосейский вал	141	Граничный вал	208	Воробьевское кп
XVIII	Пайдугинский мегавал	8	Моноклиналиное кп	75	Пякупурское кп	142	Мурасовский выступ	209	Пихтовское кп
XIX	Средневасюганский мегавал	9	Выступное кп	76	Ингуземское кп	143	Ледовое кп	210	Большереченское кп
XX	Владимировский структурный мегамыс	10	Седловинное кп	77	Хеттинское кп	144	Западно-Пайдугинское кп	211	Дубровское кп
XXI	Верхнекетский мегавыступ	11	Притаймырское кп	78	Восточно-Толькинское кп	145	Северо-Васюганский вал	212	Чернолучинское кп
XXII	Каймысовский свод	12	Согласное кп	79	Муравленковское кп	146	Трассовое кп	213	Нижнеомское кп
XXIII	Казачинский мегавыступ	13	Южно-Седловинное кп	80	Потымецкий наклонный вал	147	Кальчинско-Демьянское кп	214	Тебисский выступ
XXIV	Верхнедемьянский мегавал	14	Ножовый вал	81	Северо-Етыпурский вал	148	Береговое кп	215	Индерский вал
XXV	Парабельский наклонный мегавал	15	Меридиональное кп	82	Харампурский вал	149	Катыльгинское кп		
XXVI	Пологурдинский мегавал	16	Шубертowski вал	83	Вынгаяхинский вал	150	Вездоходное кп		
XXVII	Калгачский наклонный мегавал	17	Северо-Западное кп	84	Коллективное кп	151	Первомайский вал		
XXVIII	Межовский структурный мегамыс	18	Северо-Рагозинское кп	85	Западно-Вагловское кп	152	Тростниковый стр. мыс		
XXIX	Тебисско-Воробьевский структурный мегамыс	19	Подшапочное кп	86	Северо-Сургутское кп	153	Минкайское кп		
	II порядка	20	Западно-Маточкинское кп	87	Вынгайкутинское кп	154	Ларломкинское кп		
1	Рагозинский мезовал	21	Восточно-Маточкинское кп	88	Южно-Потымецкий накл. Вал	155	Тибинакское кп		
2	Неупокоевское куполовидное мезоподняtie	22	Дровяное кп	89	Ноябрьское кп	156	Новотевризский вал		
3	Северо-Тамбейский мезовал	23	Западно-Карское кп	90	Раттовское кп	157	Ярское кп		
4	Южно-Тамбейское куполовидное мезоподняtie	24	Малыгинский вал	91	Итурский стр. мыс	158	Ингузецкий вал		
5	Нурминский мезовал	25	Западно-Зеленомысовское кп	92	Ярайнерское кп	159	Тамаргинское кп		
6	Геофизический мезовал	26	Восточно-Зеленомысовский вал	93	Холмогорское кп	160	Куржинское кп		
7	Рассохинский мезовыступ	27	Харасавэйское кп	94	Кельсинское кп	161	Двойной стр. мыс		
8	Нижнемессояхский мезовал	28	Пэкседское кп	95	Вынгапуровское кп	162	Лонтыняхский вал		
9	Среднемессояхский мезовал	29	Восточно-Бованенковский вал	96	Няргинский выступ	163	Сильгинское кп		
10	Южно-Ямальский мезовал	30	Бованенковское кп	97	Пограничное кп	164	Мыльджинское кп		
11	Юрхаровский мезовал	31	Верхнеягодинское кп	98	Верхнекаралькинское кп	165	Усть-Тегусский вал		
12	Щучьинский мезовал	32	Гыданское кп	99	Северо-Сымское кп	166	Нарымский вал		
13	Тогульский мезомыс	33	Северо-Арктический вал	100	Ендырский вал	167	Длинный вал		
14	Оликуминский мезовал	34	Суходудинское кп	101	Верхнетазовское кп	168	Минасовское кп		
15	Медвежий мезовал	35	Южно-Арктический вал	102	Верхненадымский вал	169	Герасимовский вал		
16	Центрально-Уренгойский мезовал	36	Южно-Гыданское кп	103	Северо-Зенковское кп	170	Сенькинское кп		
17	Северо-Красноселькупский мезовыступ	37	Устьмалохеттинское кп	104	Среднеяминский вал	171	Соболинный вал		
18	Ярэйский наклонный мезовал	38	Трехбугорное кп	105	Верхнеколикьеганское кп	172	Южно-Демьянское кп		
19	Среднепурпейское куполовидное мезоподняtie	39	Пагодское кп	106	Ягунское кп	173	Карандашовское кп		
20	Алтатумское куполовидное мезоподняtie	40	Устьсолёный вал	107	Среднезенковское кп	174	Западно-Чачанское кп		
21	Южно-Красноселькупский мезовыступ	41	Нижнетотояхский вал	108	Южно-Селькупское кп	175	Болотинское кп		
22	Етыпуровский мезовал	42	Устьхорутгэнское кп	109	Северо-Тетеревское кп	176	Чачанское кп		
23	Вынгапуровский мезовал	43	Парусный вал	110	Варьеганский вал	177	Фестивальный вал		
24	Ортыгунский мезомыс	44	Малоямальское кп	111	Среднекасский вал	178	Лугинское кп		
25	Лукьявинский наклонный мезовал	45	Новопортковский вал	112	Тевлинско-Венглинский вал	179	Крапивинско-Моисеевское кп		
26	Центрально-Сургутское куполовидное мезоподняtie	46	Еркутаяхинское кп	113	Федоровско-Минчинское кп	180	Инкинское кп		
27	Айтульский мезовал	47	Находкинский вал	114	Северо-Майзасский вал	181	Тайтымское кп		
28	Салымское куполовидное мезоподняtie	48	Ямбургское кп	115	Южно-Зенковское кп	182	Шудельское кп		
29	Сосново-Борское куполовидное мезоподняtie	49	Юрхаровское кп	116	Пимский вал	183	Натальинский вал		
30	Трайгородский вал	50	Танловояхинский вал	117	Сев.-Ажарминский вал	184	Восточно-Казачинский вал		
31	Демьянское куполовидное мезоподняtie	51	Хадытаяхинское кп	118	Самотлорское кп	185	Кулайский вал		

Условные обозначения к Рисунку – 1.4

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ надпорядковые, 0, I, II, III порядков

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ

	Надпорядковые структуры и структуры 0 порядка		II порядка		III порядка		III порядка		III порядка
A	Карская мегасинеклиза	29	Безымянный мезопргиб	43	Нижнемессояхский прогиб	108	Малореченская впадина	173	Северо-Казанская впадина
B	Агапско-Енисейский желоб	30	Сытоминская мезовпадина	44	Верхнепойловыхский прогиб	109	Северо-Косецкий прогиб	174	Южно-Казанская впадина
C	Антипаютинско-Тадобяхинская мегасинеклиза	31	Верхневяхская мезовпадина	45	Верхнеиндикьяхинская впадина	110	Южно-Гангельская впадина	175	Южно-Седельниковский прогиб
D	Большехетская мегасинеклиза	32	Ларьякская мезовпадина	46	Хаддугейский прогиб	111	Северо-Рысинская впадина	176	Пешковская впадина
E	Мегасинеклизаддымская гемисинеклиза	33	Северо-Юганский мезопргиб	47	Среднетабохнинский прогиб	112	Восточно-Кондинский прогиб	177	Муромцевская впадина
F	Среднепурский наклонный мезагелоб	34	Салымский мезопргиб	48	Верхнеиндикский прогиб	113	Сангильская впадина	178	Среднеиншимская впадина
G	Мансийская мегасинеклиза	35	Косецкий мезопргиб	49	Западно-Уренгойская впадина	114	Южно-Косецкая впадина	179	Шипицинский накл. прогиб
H	Колтогорско-Нюрольский желоб	36	Усть-демьянская мезовпадина	50	Южно-Ньдинская впадина	115	Южно-Рысинский прогиб	180	Дедовская впадина
I	Тегульдская мегасинеклиза	37	Придемьянский мезопргиб	51	Сидоровская впадина	116	Лымкойская впадина	181	Николаевская впадина
	I порядка	38	Верхнекетский мезоврез	52	Правонадымская впадина	117	Западно-Юганская впадина	182	Михайловская впадина
I	Северо-Карская мегавпадина	39	Колтогорский мезопргиб	53	Западно-Коротчаевская впадина	118	Малоюганская впадина	183	Чулымская впадина
II	Центрально-Карская мегавпадина	40	Неготский мезопргиб	54	Правохеттинская впадина	119	Юровская впадина		
III	Южно-Карская мегавпадина	41	Пыжинский мезопргиб	55	Хеттинский прогиб	120	Южно-Юганская впадина		
IV	Агапский мезопргиб	42	Варгатский мезопргиб	56	Пыряхинская впадина	121	Северо-Тоголикская впадина		
V	Среднегданский мезоврез	43	Сампатский мезопргиб	57	Среднечасельский накл. прогиб	122	Северо-Ледовая впадина		
VI	Тадобяхинский мезопргиб	44	Южно-Киселевская мезовпадина	58	Среднеямбьяхинский накл. прогиб	123	Неготская впадина		
VII	Енисейская мегавпадина	45	Центральнонюрольская мезовпадина	59	Верхнехейгеяхская впадина	124	Большекуньянский прогиб		
VIII	Яптикасалинская мегавпадина	46	Тегульдский мезопргиб	60	Левохеттинская впадина	125	Ильяская впадина		
IX	Восточно-Антипаютинская мегавпадина	47	Южно-Нюрольская мезовпадина	61	Северо-Харампурская впадина	126	Кульганский накл. прогиб		
X	Северо-Тазовская мегавпадина	48	Бакчарская мезовпадина	62	Левонадымский прогиб	127	Заболотная впадина		
XI	Нерутинская мегавпадина	49	Муромцевская мезовпадина	63	Восточно-Пурпейский прогиб	128	Тургасский прогиб		
XII	Тазовский структурный мыс	50	Кыштовский наклонный мезопргиб	64	Среднехарампурская впадина	129	Северо-Пыжинская впадина		
XIII	Верхнеганская мегавпадина		III порядка	65	Верхнекуповатский прогиб	130	Западно-Пихтовская впадина		
XIV	Среднепурский наклонный мезопргиб	1	Промежуточная впадина	66	Новинская впадина	131	Бореуковская впадина		
XV	Висимский наклонный мезопргиб	2	Северо-Восточный прогиб	67	Восточно-Харампурская впадина	132	Южно-Таголикская впадина		
XVI	Пякупурско-Ампутинский наклонный мезопргиб	3	Белая впадина	68	Южно-Харампурская впадина	133	Северо-Варгатская впадина		
XVII	Тундринская мегавпадина	4	Внешняя впадина	69	Етыпуровский прогиб	134	Южно-Неготская впадина		
XVIII	Юганская мегавпадина	5	Тареская впадина	70	Унторский прогиб	135	Южно-Пыжинский прогиб		
XIX	Нижнедемьянская мегавпадина	6	Шапочная впадина	71	Верхнепякупурская впадина	136	Атниская впадина		
XX	Кетский мезоврез	7	Скуратовская впадина	72	Вынглорская впадина	137	Северо-Мыльджинская впадина		
XXI	Усть-Тымская мегавпадина	8	Шокальская впадина	73	Раттовская впадина	138	Южно-Колтогорская впадина		
XXII	Восточно-Пайдугинская мегавпадина	9	Северо-Вайгачская впадина	74	Восточно-Вынглорский прогиб	139	Бичаская впадина		
XXIII	Среднетобольский наклонный мезопргиб	10	Песчаная впадина	75	Верхнеятунгунская впадина	140	Южно-Турьянская впадина		
XXIV	Киселевский структурный мезагалив	11	Южно-Вайгачская впадина	76	Северо-Аганская впадина	141	Авякская впадина		
XXV	Нюрольская мегавпадина	12	Дровяной прогиб	77	Ярайнерская впадина	142	Балкинская впадина		
XXVI	Муромцево-Седельниковский наклонный мезопргиб	13	Оленья впадина	78	Поколькинская впадина	143	Центральный прогиб		
	II порядка	14	Шараповская впадина	79	Южно-Аганская впадина	144	Восточно-Тамаргинская впадина		
1	Новоземельская мезовпадина	15	Среднеесаяхская впадина	80	Восточно-Ярайнерский прогиб	145	Тоголикская впадина		
2	Северная мезовпадина	16	Пыкахояхская впадина	81	Нягенская впадина	146	Карагайский прогиб		
3	Извилистая мезовпадина	17	Якимская впадина	82	Верхнегазовская впадина	147	Восточно-Варгатская впадина		
4	Северо-Гыданская мезовпадина	18	Тивтеяхская впадина	83	Ваньганская впадина	148	Южно-Варгатская впадина		
5	Припроливный мезопргиб	19	Поруйская впадина	84	Соимский прогиб	149	Салатский прогиб		
6	Верхнегамбейский мезопргиб	20	Поликарповская впадина	85	Аганский прогиб	150	Южно-Каймысовская впадина		
7	Агапская мезовпадина	21	Мунгуйский прогиб	86	Итъяхская впадина	151	Озерная впадина		
8	Монгтеяхинская мезовпадина	22	Первая Белая впадина	87	Ягунская впадина	152	Еленкинский прогиб		
9	Дудылтинская мезовпадина	23	Верхнеесавэйяхская впадина	88	Сынварский прогиб	153	Кулан-Игайская впадина		
10	Парисентовская мезовпадина	24	Нябьяхский прогиб	89	Ай-Пимская впадина	154	Аремзянская впадина		
11	Беловская мезовпадина	25	Крестовский прогиб	90	Седельная впадина	155	Киселевская впадина		
12	Чугорная мезовпадина	26	Муртыяхский прогиб	91	Нижнеколикьеганская впадина	156	Чернокольский прогиб		
13	Внутренняя мезовпадина	27	Носокский прогиб	92	Южно-Ягунская впадина	157	Южно-Соболиная впадина		
14	Южно-Мессояхская мезовпадина	28	Среднеюрибейская впадина	93	Верхнеаганская впадина	158	Северо-Карандашовский врез		
15	Нижнегазовская мезовпадина	29	Карауловская впадина	94	Северо-Безымянная впадина	159	Тамрадская впадина		
16	Ягенеттинская мезовпадина	30	Верхнеяхская впадина	95	Дубчесский прогиб	160	Южно-Чачанская впадина		
17	Маретяхинская мезовпадина	31	Южно-Геофизическая впадина	96	Пимский прогиб	161	Форпостовая впадина		
18	Среднегазовский наклонный мезопргиб	32	Сыдыйский прогиб	97	Верхнеколикьеганская впадина	162	Северо-Парбигский прогиб		
19	Южно-Ягенеттинский наклонный мезопргиб	33	Долгонский прогиб	98	Усть-Кульганская впадина	163	Осовой прогиб		
20	Северо-Сосьвинская мезовпадина	34	Каменномысская впадина	99	Южно-Безымянный прогиб	164	Ерытовский прогиб		
21	Корелькинская мезовпадина	35	Адерпаютинская впадина	100	Западно-Тундринская впадина	165	Восточно-Нюрсинский прогиб		
22	Пякупурский мезопргиб	36	Еркутаяхская впадина	101	Западно-Ларьякский прогиб	166	Тамрадская впадина		
23	Налимья мезовпадина	37	Усть-Пойловыхская впадина	102	Северо-Колтогорская впадина	167	Южно-Пудинский прогиб		
24	Ляминско-Ганловская мезовпадина	38	Нижнеиндикьяхинская впадина	103	Северо-Гангельская впадина	168	Таманский прогиб		
25	Ярайнерско-Етыпуровский мезопргиб	39	Среднеиндикьяхинская впадина	104	Алтайская впадина	169	Южно-Парбигская впадина		
26	Верхнеаганский мезопргиб	40	Среднепойловыхская впадина	105	Южно-Сымская впадина	170	Антоновская впадина		
27	Среднеелогуйская мезовпадина	41	Западно-Новопортовская впадина	106	Кондинский прогиб	171	Ошский прогиб		
28	Северо-Сымская мезовпадина	42	Ямбургская впадина	107	Северо-Салымский прогиб	172	Северо-Межовский накл. прогиб		

Внешний пояс Западно-Сибирской геосинеклизы площадью 1165.6 тыс. км² охватывает краевые районы бассейна. Для него характерно наличие крупных моноклиналей, разделенных незамкнутыми и полузамкнутыми положительными тектоническими элементами I порядка. Среди надпорядковых структур сочленения выделяются следующие структуры: Пайхойско-Новоземельская, Зауральская, Тюменская, Предтаймырская, Предъенисейская и Барабинско-Пихтовская мегамоноклизы; и одна отрицательная полузамкнутая структура – Тегульдетская мегаемисинеклиза. Площади мегамоноклиз, осложняющих Внешний пояс, изменяются в интервале от 93 тыс. км² до 314.3 тыс. км². В пределах надпорядковых структур и структур I порядка отмечается незначительное развитие тектонических элементов II и III порядка, представленных куполовидными поднятиями и валами, впадинами и прогибами [Конторович и др., 2001].

Внутренняя область Западно-Сибирской геосинеклизы состоит из Ямало-Карской депрессии площадью 809.8 тыс. км² (30 % от площади геосинеклизы) и Обской ступени площадью 716.6 тыс. км² (27 % от площади геосинеклизы). Ямало-Карская региональная структура представляет собой впадину с изогипсой в рельефе юрских отложений минус 2800 м. Среднеобская региональная ступень является полузамкнутым отрицательным тектоническим элементом. В меридиональном сечении она представляет собой моноклираль, а в широтном – депрессию. В пределах Ямало-Карской региональной депрессии выделяются три отрицательные надпорядковые структуры: Карская, Антипаютинско-Тадебяхинская и Большехетская мегасинеклизы, со средней площадью структуры 85.3 тыс. км² [Конторович и др., 2001].

В пределах Внутренней области геосинеклизы находятся промежуточные надпорядковые тектонические элементы, представляющие собой зоны сочленения Внешнего пояса и синклинальных зон, осложняющих геосинеклизу – региональных структур: в Ямало-Карской региональной депрессии – Южно-Надымской мегамоноклизы с площадью структур 166.6 тыс. км²; в Среднеобской региональной ступени – Красноленинской мегамоноклизы с площадью структур 163.2 тыс. км².

Анализ изменения толщин отложений позволил В.А. Конторовичу с соавторами [Конторович и др., 2001] прийти к выводу, что при унаследованном развитии территории Западно-Сибирского бассейна в целом, когда происходило погружение внутренних районов бассейна относительно внешнего обрамления, а также северной части бассейна относительно южной, в ранний мел-туронский и коньяк-кайнозойский этапы развития территории имели место некоторые принципиальные отличия.

Во время раннего мел-туронского этапа тектонического развития Западно-Сибирской геосинеклизы (этап формирования изометричных структур) происходило активное постоянное погружение северных районов геосинеклизы, в результате которого была образована Ямало-Карская региональная депрессия с осложняющими ее отрицательными надпорядковыми структурами. В отличие от неё, Среднеобская региональная ступень в туронском палеорельефе волжских отложений представляла собой ровную, почти горизонтальную поверхность, не имеющую регионального наклона, которая была осложнена структурами разных порядков. В пределах Среднеобской структуры происходил относительный рост изометричных положительных структур, приуроченных к монолитным выступам палеозойского фундамента с сокращенными толщинами домеловых платформенных отложений. Гипсометрическое положение положительных структур I порядка относительно друг друга в туронском палеорельефе кровли юры было отличным от современного. На структурной карте по кровле юрского комплекса наблюдается ступенчатое погружение рельефа структур по линии Александровский свод (с оконтуривающей изогипсой минус 2380 м) – Нижневартовский свод (с оконтуривающей изогипсой минус 2520 м) – Сургутский свод (с оконтуривающей изогипсой минус 2740 м). Авторами [Конторович и др., 2001] отмечается, что в туронском палеорельефе волжских отложений еще не существовало контрастного Колтогорского мезопрогиба (формирование большого количества положительных структур II и III порядка произошло к концу аптского времени, но они не были объединены в современные тектонические структуры более низких рангов), а смежные структуры I порядка принадлежали единому

тектоническому элементу 0 порядка – Александровско-Нижневартовской палеоантеклизе, с перепадом отметок глубин между этой структурой и Сургутским сводом в три раза меньше современного. В результате дальнейшей перестройки рельефа была сформирована новая положительная полузамкнутая структура 0 порядка – Хантейская гемиантеклиза [Конторович и др., 2001].

Принципиальным отличием туронского палеорельефа юрского структурно-формационного комплекса от современного, по мнению В.А. Конторовича с соавторами [Конторович и др., 2001], является «почти полное отсутствие линейно-вытянутых структур, приуроченных к бортовым частям Колтогорского мезопрогиба и Среднепурского жёлоба» [Конторович и др., 2001, с. 1840].

На основе анализа распределения толщин ранних мел-туронских отложений было выявлено, что в пределах Ямало-Карской депрессии тенденцию к воздыманию испытывали следующие тектонические элементы: Мессояхская наклонная гряда; в пределах Южно-Карской мегаседловины – осложняющие её структуры II порядка; Северный свод, являющийся единственной замкнутой положительной структурой I порядка в пределах Ямало-Карской депрессии, которая носит унаследованный характер тектонического развития (наиболее активно структура формировалась в кайнозойское время).

Изучение дизъюнктивной тектоники авторами работы «Тектоническое строение...» [Конторович и др., 2001] проводилось на основе анализа следующих параметров: региональных сейсмических разрезов; структурных карт; карт изопахит и градиентов структурных поверхностей; толщин структурно-формационных комплексов. В основе выделения разрывных нарушений, трассирования разломов и их дифференциации по времени формирования и глубине проникновения находятся классические сейсмостратиграфические критерии: нарушение осей синфазности отражающих горизонтов, наличие дифрагированных волн, падение энергетического уровня сейсмической записи и т.д. Зоны увеличенных значений параметра на картах градиентов структурных поверхностей соответствуют зонам разломов [Конторович и др., 2001].

Протяженность и характер разрывных нарушений зависят от интенсивности происходивших на разных этапах развития региона тектонических процессов. На основе анализа сейсмических материалов В.А. Конторовичем с соавторами [Конторович и др., 2001] было выделено два класса постъюрских разрывных нарушений:

1) сформированные в берриас-барреме, проникающие в нижнемеловые горизонты. Разрывные нарушения характеризуются разнонаправленностью и незначительной протяженностью;

2) сформированные в позднем палеоцене, проникающие в кайнозойские отложения. Разрывные нарушения характеризуются четкой ориентацией север-северо-восточного простирания, образуют региональную систему разломов с протяженностью до сотен километров.

Следует заметить, что близкие по глубине проникновения в осадочный чехол разломы выделяли в 1971 г. Ф.Г. Гурари и его соавторы [Гурари и др., 1971].

Особенностями неотектонических движений на территории Западной Сибири, по данным И.П. Варламова и др. [Варламов и др., 1981], А.Э. Конторовича, В.С. Суркова и др. [Западная Сибирь. Геология..., 2000], являются их общая восходящая направленность. Суммарная амплитуда новейших движений в пределах Западно-Сибирской плиты изменяется от 50-100 до 300-400 м, что значительно меньше по сравнению с амплитудой областей новейшего горообразования Алтае-Саянской области [Западная Сибирь. Геология..., 2000].

1.3 Палеогеография волжского века и раннего берриаса

Палеогеографические реконструкции играют важную роль при анализе закономерностей накопления органического вещества. На территории Западной Сибири палеогеографическими исследованиями мезозойско-кайнозойских пород занимались многие ученые. Наиболее известными являются работы В.П. Казаринова, В.Н. Сакса, А.В. Гольберта, Ф.Г. Гурари, Т.И. Гуровой, М.С. Зонн, А.Э. Конторовича, И.И. Нестерова, И.Д. Поляковой, З.З. Ронкиной, С.И. Филиной, А.А. Булынниковой, Ю.В. Брадучана, В.П. Девятова,

В.А. Захарова, Ю.Н. Занина, А.М. Казакова, И.Г. Климовой, Л.Ф. Найденова, Л.В. Ровниной, С.В. Рыжковой, В.В. Сапьяника, Б.Н. Шурыгина, В.Г. Эдер, Г.С. Ясовича и др.

В течение юрского периода на территории Западной Сибири произошло несколько этапов смен палеогеографических обстановок. В позднем оксфорде в Евразии началась самая крупная длительная трансгрессия, наступавшая со стороны Арктического бассейна. На значительной территории Западно-Сибирского морского бассейна был сформирован маломощный и хорошо выдержанный по площади глауконитовый глинисто-алевролитопесчаный базальный пласт Ю₁⁰ (барабинская пачка) биотурбированный, со множеством остатков морской флоры и фауны [Гурова, Казаринов, 1962; Булынникова и др., 1978; Шурыгин и др., 2000; Эдер, 2006; и др.].

Площадь морского бассейна в кимеридже составляла более 2 млн км². В волжском веке контуры бассейна остались такими же, как и в кимеридже, но увеличились его глубины. Значительно расширились площади глубоководных зон, они составляли около 1 млн км² [Конторович и др., 1975; Брадучан и др., 1986].

По данным исследований большинства авторов (В.П. Казаринов, С.П. Булынникова, А.В. Гольберт, Т.И. Гурова, В.П. Девятов, В.А. Захаров, М.С. Зонн, А.Э Конторович, М.В. Корж, И.И. Нестеров, И.Д. Полякова, В.Н. Сакс, С.И. Филина, А.С. Фомичев, и др.) образование баженовской свиты происходило в условиях максимума позднеюрско-неокомской трансгрессии моря эвстатической природы при относительном тектоническом покое на территории Западной Сибири и выравнивании рельефа в её обрамлении [Казаринов, 1958; Гурари и др., 1963; Конторович и др., 1971; Конторович и др., 1975; Гурари, 1981; Брадучан и др., 1986; Девятов и др., 2011; и др.]. В это время в результате устойчивого тектонического опускания значительных территорий произошло погружение под уровень моря кимериджских островов в пределах бассейна [Атлас и объяснительная записка..., 1976].

Согласно палеогеографическим реконструкциям волжского века с учетом результатов исследований последних лет (Рисунок 1.5) главными формами рельефа

были: внутренняя область плиты, представляющая собой обширную Центральную впадину, и внешний пояс, охватывающий впадину. Объектами денудации и источниками терригенного материала были наиболее расчленённые холмогорья Енисейского кряжа и возвышенное плато западных районов Восточно-Сибирской суши с высотами 200-500 м, а также холмогорья и низкогорья Алтае-Саянской складчатой области, денудационная равнина Казахской складчатой страны с небольшими абсолютными высотами порядка 0-200 м [Булынникова и др., 1978; Брадучан и др., 1986; Девятов и др., 2011; Конторович и др., 2013; 2019; и др.].

Сушей в волжское время оставались лишь юго-западные, южные (приказахстанские) и юго-восточные районы плиты. Континентальные отложения в волжское время накапливались лишь на склонах восточного Урала (лангурская свита) [Конторович и др., 1975]. Побережье волжского моря на западе и юге было покрыто зарослями папоротников, среди которых произрастали хвойные леса. Южные береговые зоны также были заняты и хейролепидиевыми кустарниками [Брадучан и др., 1986; Западная Сибирь. Геология..., 2000; Конторович и др., 2019].

На севере, северо-востоке и северо-западе бассейна, на территории палеоостровов Новой Земли, Палеотаймыра и Палеоурала, существовали архипелаги островов, с которых поступало незначительное количество терригенного материала [Булынникова и др., 1978; Брадучан и др., 1986; Девятов и др., 2011; Конторович и др., 2019; и др.] Пролив на северо-востоке был сравнительно мелководным, его существование не оказывало значительного влияния на газовый режим придонных вод Центральной впадины баженовского моря, в то время как через северный глубоководный пролив поступал большой объем арктической воды. По мнению В.А. Захарова [Захаров, 2006], в районе этого порога существовало подводное поднятие, регулировавшее поступление водных масс и аэрацию на дне Центральной впадины при вертикальных движениях [Нестеров и др., 1987; Захаров, 2006].

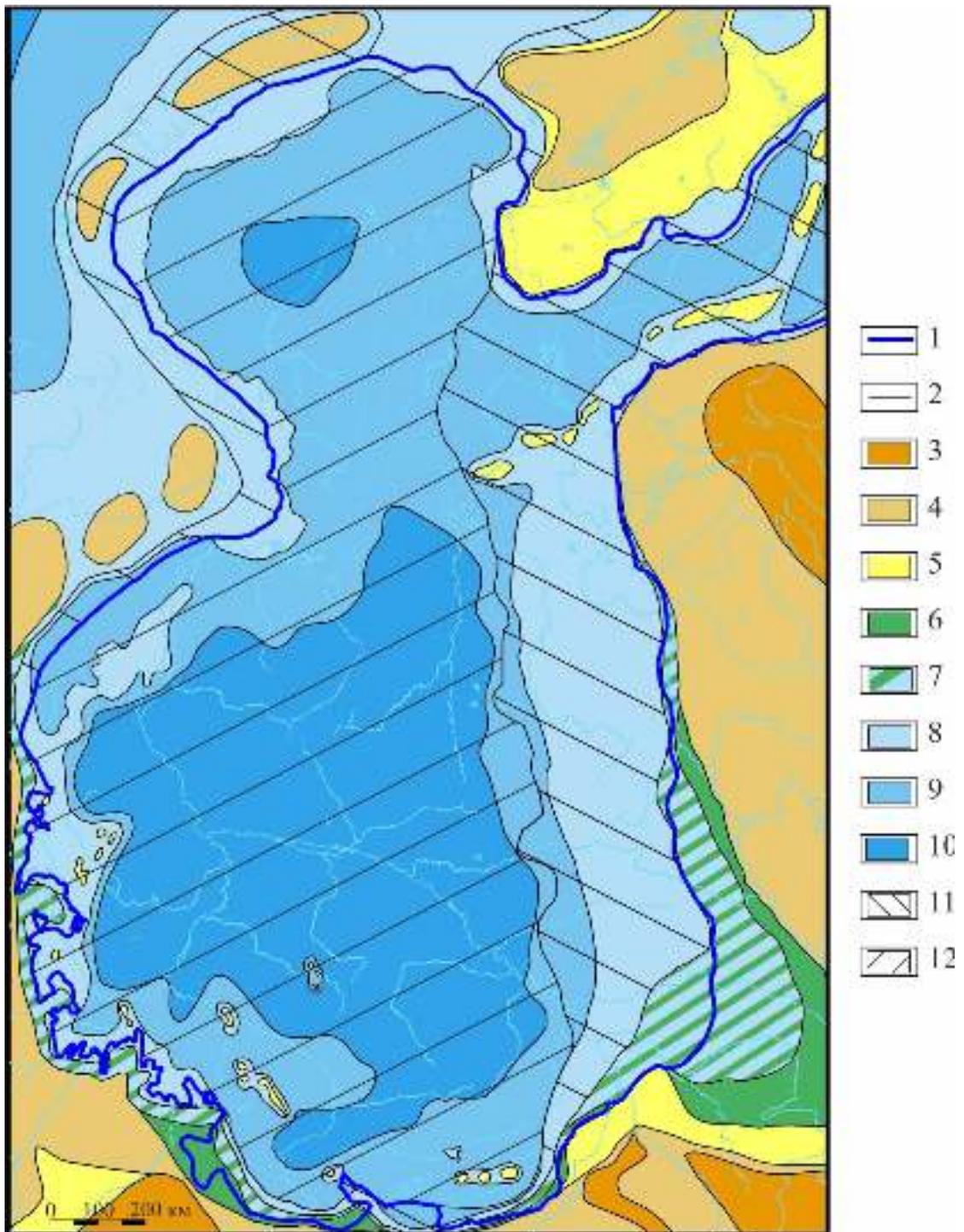


Рисунок 1.5 – Палеогеографическая карта. Волжский век [Конторович и др., 2019]

Условные обозначения: 1 – современная граница регионального распространения пород баженовского горизонта, 2 - границы палеогеографических элементов, 3 - горы низкие, 4 – суша холмистая; равнины: 5 – денудационная, 6 – аккумулятивная, низменная, 7 – аккумулятивная низменная, периодически заливавшаяся морем; море (глубина), м: 8 – <100, 9 – 100-200, 10 – 200-500; 11 – акватория развития маргинальных фильтров, 12 – акватория «голодного» морского бассейна.

В ранневожское время связь морей Западной Сибири с восточно-европейскими морями (Печорское море и др.) осуществлялась через Уральские проливы. Эта связь в средневожское время была периодической и непродолжительной и прекратилась в поздневожское время [Булынникова и др., 1978; Нестеров и др., 1987].

Реконструкции условий осадконакопления в вожско-берриасское время позволили Ф.Г. Гурари, А.В. Гольберту, В.А. Захарову, А.Э. Конторовичу, Б.Л. Никитенко, В.Н. Саксу, Б.Н. Шурыгину и другим исследователям прийти к выводу, что баженовское море было с нормальной солёностью (близкой к современной океанической – 35 ‰). Ю.В. Бладучан с соавторами считают, что даже в прикраевых частях моря, таких как Приполярное Зауралье и Хатангский пролив, согласно составу фауны и биохимическим исследованиям, палеосолёность воды составляла 33-34 ‰ [Бладучан и др., 1986]. При изучении изотопного состава ростров белемнитов В.М. Мазур (1971) пришла к выводу, что температура морского бассейна в начале вожского века была порядка 21 °С, а на границе с валанжинским веком температура понизилась до 15 °С [Филина и др., 1984].

В ориктоценозах баженовского моря разными авторами [Атлас и объяснительная записка..., 1976; Булынникова и др., 1978; Бладучан и др., 1986; Ильин и др., 2005; Захаров, 2006; Девятков и др., 2011; и др.] отмечается преобладание планктонных и нектонных форм и подчинённое значение бентосных фильтраторов низкого уровня, а также отсутствие следов жизнедеятельности редуцентов.

На основе изучения количества и таксономического разнообразия вожских представителей разных групп фауны в разрезах юры Приуралья В.П. Девятков с соавторами [Девятков и др., 2011] пришли к выводу, что в этой части бассейна существовали условия более теплого и мелководного шельфа с наличием медленных поверхностных течений в Западно-Сибирской акватории, направленных против часовой стрелки [Булынникова и др., 1978]. Существует мнение, что имело место также придонное противотечение, несшее холодные воды Восточной Арктики [Девятков и др., 2011]. В наддонных водах за счет придонных

течений была улучшена аэрация, что способствовало появлению многочисленного и разнообразного микробентоса – фораминифер.

Массовая гибель морских организмов в баженовском море, отмечаемая в работах многих исследователей, была вызвана различными причинами: в центральных районах – наличием мигрирующего сероводородного облака в придонной и наддонной частях бассейна [Булынникова и др., 1978; Конторович и др., 2013; и др.]; в южных и западных прибрежных зонах на большей части открытого моря – проникновением с севера холодных арктических вод [Конторович и др., 1975; Нестеров и др., 1987; и др.]. Ещё одной причиной, обуславливающей угнетенность микрофауны и моллюсков, по мнению С.Г. Неручева и И.И. Нестерова, было наличие уранового заражения вод центральных районов бассейна [Неручев, 1974, 1982; Нестеров и др., 1987]. Уран и другие элементы, вероятно, поступали в бассейн с фумарольными водами по периодически оживлявшимся глубинным разломам Колтогорско-Уренгойского жёлоба в пределах комплексов позднегерцинской складчатости [Неручев, 1982; Пономарева, 2018].

Оставаясь теплым, климат волжского времени был прохладнее кимериджского и келловейского. Позднеюрский климат на юге Западной Сибири был семиаридным, а в северных районах – гумидный, способствующий более интенсивному выносу терригенного материала с Восточно-Сибирской суши. Значительное похолодание произошло в поздневолжское время [Брадучан и др., 1986; Западная Сибирь. Геология..., 2000; Конторович и др., 2013; 2019].

При изучении геоморфологии дна и гидрогеологии баженовского моря С.П. Булынниковой, А.В. Гольбертом, А.Э. Конторовичем и др. [Булынникова и др., 1978] было отмечено, что глубина баженовского моря в широтном направлении была асимметричной: центр глубокого моря был смещен на юго-запад, что позднее было отмечено и в работе В.А. Захарова [Захаров, 2006].

Согласно палеогеографической карте [Конторович и др., 2019], в Западно-Сибирском море волжского века было обособлено несколько палеогеографических областей (Рисунок 1.5). Наиболее глубоководные условия с глубинами 200-500 м

существовали на большей территории южной части Западной Сибири и в пределах центральной части Карской мегасинеклизы. Здесь накапливались черные и буровато-черные, тонкоотмученные, тонкослоистые глинистые илы, обогащенные органическим веществом. Характер распределения органического вещества отмечается двух видов – в виде тонко рассеянного в глинистой массе и в виде самостоятельных прослоек и линзочек [Атлас и объяснительная записка..., 1976].

Акваторию глубокого моря населяли планктонные организмы – кокколитофориды, перединеи, динофлагеллаты, радиолярии, головоногие моллюски, аммониты, теутиды и белемниты. Макробентос был представлен двустворками рода *Vuciria* и иноцерамами. Анализ состава фауны и органического вещества, высокие концентрации пирита и серы позволили многим исследователям предположить о существовании сероводородного заражения или дефицита кислорода в придонных и, иногда, наддонных водах, в удаленных глубоководных частях бассейна, где сформировались листоватые высокоуглеродистые кремнисто-глинисто-карбонатные осадки, содержащие более 8-15 % органического вещества [Булынникова и др., 1978; Брэдучан и др., 1986; Амон и др., 2011; Конторович и др., 2013; Конторович и др., 2018; Конторович и др., 2019; и др.].

В зоне мелкого моря с глубинами 100-200 м формировались тонкоотмученные черные и буроватые высокоуглеродистые осадки. К периферии Западно-Сибирского бассейна содержание органического вещества в породах уменьшается, породы становятся более светлыми, прослоями встречаются алевролиты и песчаники [Булынникова и др., 1978; Конторович и др., 2013; 2018]. Области морских осадков сублиторали, примыкающие к палеоберегу, непрерывной полосой огибали глубоководную часть. В этой палеогеографической зоне органический мир был более разнообразен и многочислен и представлен: nektonом (аммониты, белемниты, рыбы), микропланктоном (радиоляриями и кокколитофоридами) и бентосом (двустворки, брахиоподы, гастроподы и фораминиферы). На северо-востоке, в районе Енисей-Хатангского прогиба, шло накопление осадков гольчихинской свиты на глубинах 100-200 м – в центральной

части прогиба, и глубинах менее 100 м – в прибрежной зоне и вдоль архипелага островов [Брадучан и др., 1986; Ильин и др., 2005; Конторович и др., 2013; 2019; и др.].

Мелкое море с глубиной менее 100 м простиралось узкой полосой (10-100 км) на западе и юге волжского бассейна, и ширина его увеличивалась почти до 300 км – на востоке территории. Здесь накапливались тонкоотмученные и алевроитовые разности глин, иногда углеродистых. В породах встречаются остатки морских двустворок, фораминифер, гастропод и водорослей. На юго-западе территории, вокруг Североуральской полуостровной суши и на юго-востоке территории, в пределах Чулымо-Енисейского района, существовали обширные приморские равнины. В южной и юго-восточной части бассейна накапливались пески и глины марьяновской, яновстанской свит. В зоне прибрежной равнины, временами заливаемой морем, шло накопление песчаников с прослоями алевролитов и глин максимоярской и баганской свит [Рыжкова и др., 2018] (толщина до 100-130 м). В северо-западной части бассейна существовала система островов Палеоурала, вокруг которых в неширокой прибрежной зоне накапливались трёхозерная толща (до 70 м), состоящая из кластических отложений, и федоровская свита (толщина до 100 м), представленная глауконитокварцевыми и лептохлоритовыми песками и алевролитами [Девятов и др., 2011], которые замещались глинистыми илами (даниловская свита), сменяющимися на юг углеродистыми разновидностями волжско-берриасских отложений (тутлеймская и мулымьинская свиты) [Девятов и др., 2011; Конторович и др., 2013; и др.].

Современная толщина пород баженовского горизонта в пределах Западно-Сибирской геосинеклизы меняется от 0-5 м до 450 м (Рисунок 1.6), причем толщины более 40 м характерны для восточных и северо-восточных областей. В центральных и западных областях геосинеклизы толщины пород горизонта не превышают 35-40 м. Такое распределение толщин объясняется наличием маргинального по А.П. Лисицину фильтра [Лисицын, 1994] в волжско-берриасское время в морском бассейне [Конторович и др., 2019], который за счет биогеохимической трансформации осадочного материала рек привел к переводу

растворенных и коллоидных частиц во взвешенные формы с последующим их осаждением на дно в зоне фильтра. Результат работы маргинального фильтра показан на рисунке 1.7.

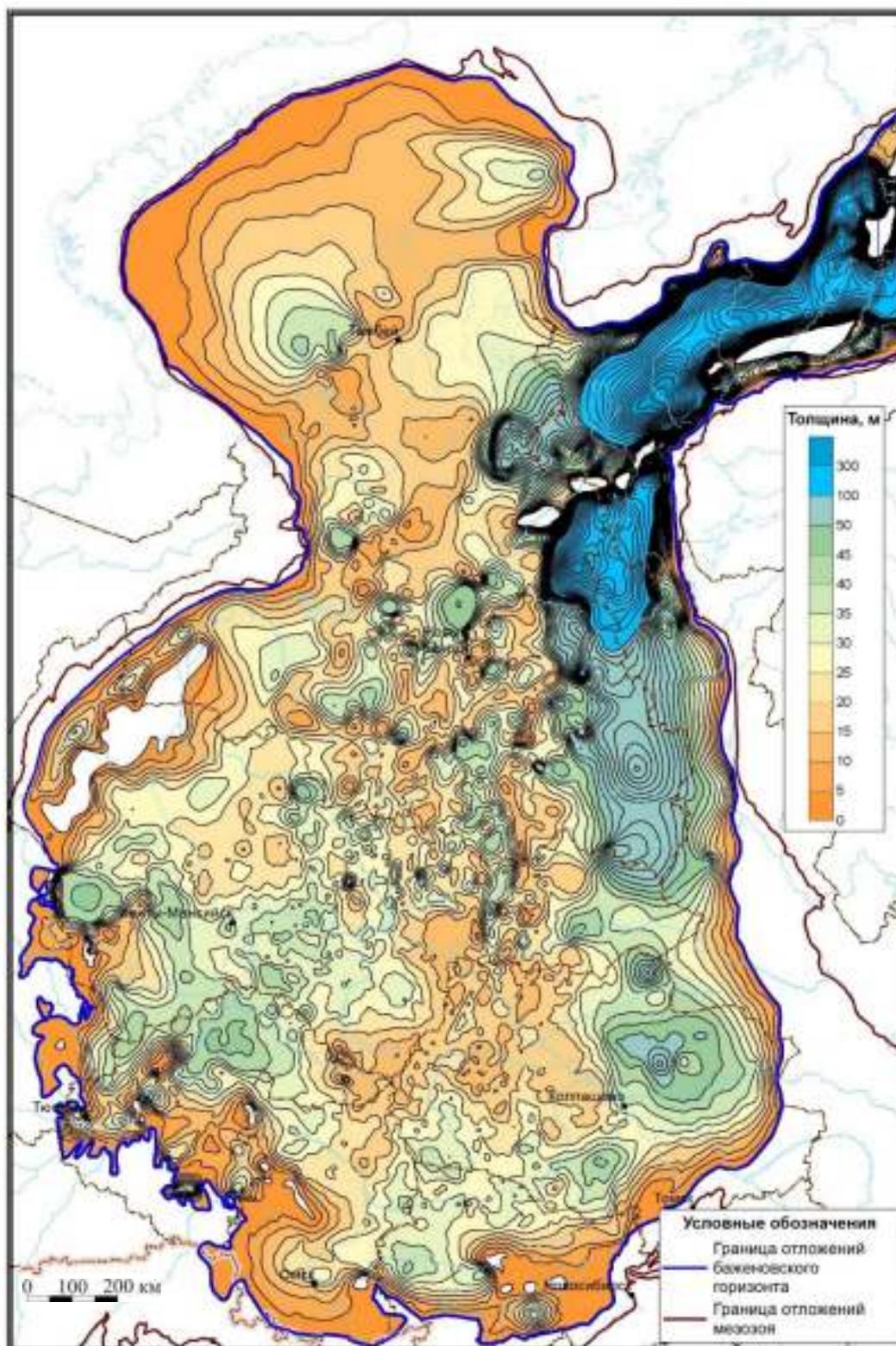


Рисунок 1.6 – Карта толщин базеновского горизонта [Рыжкова и др., 2018]

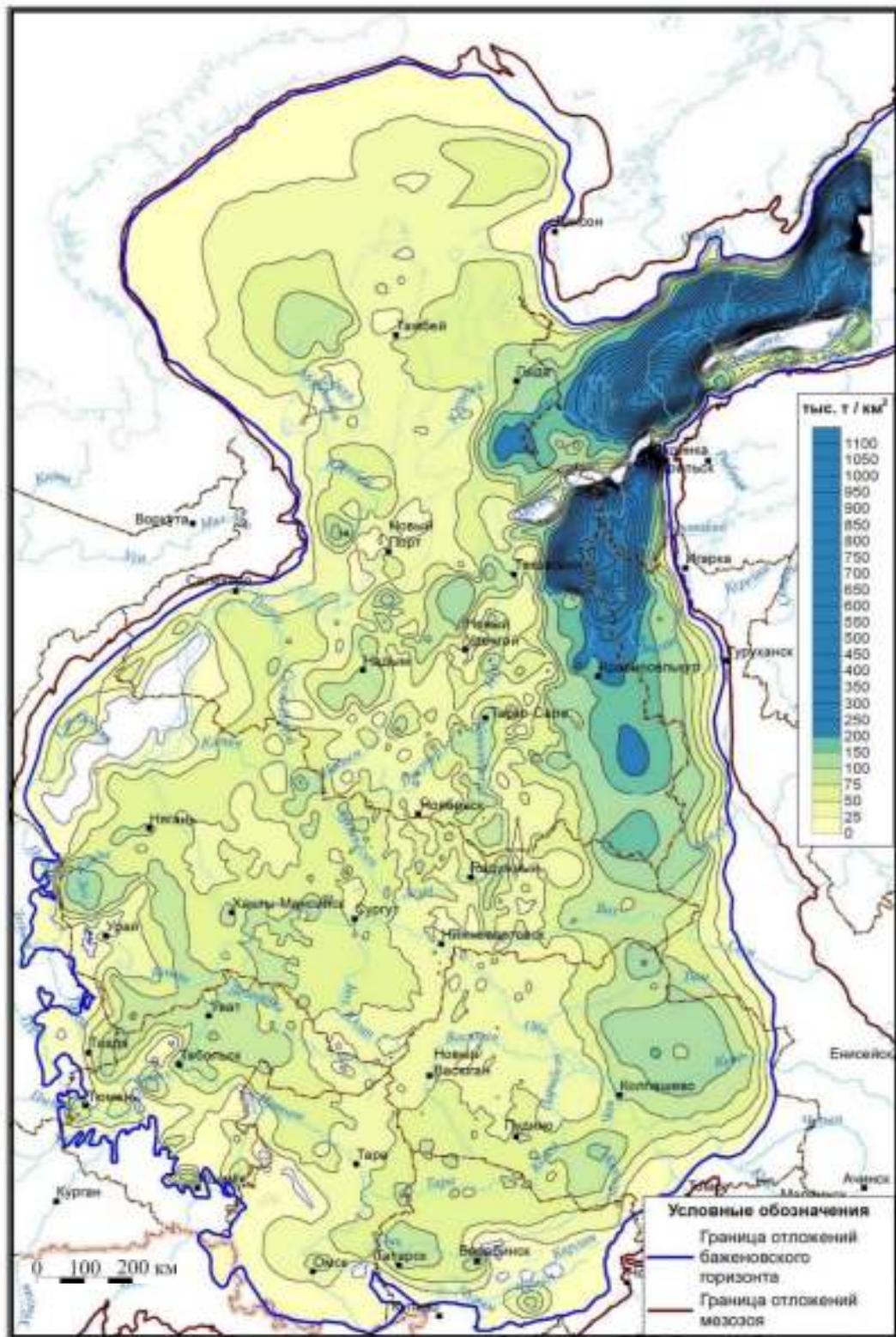


Рисунок 1.7 – Карта массы минеральных компонентов в осадках (безводных) баженовского горизонта на конец диагенеза, тыс. т/км² [Конторович и др., 2019]

1.4 Катагенез органического вещества

Задача настоящей работы – анализ закономерностей размещения органического вещества в породах баженовского горизонта. Исследования последних 70 лет однозначно показали, что органическое вещество является самым лабильным компонентом осадков и осадочных пород.

Значительная часть живого вещества, продуцируемого в осадочном бассейне теряется в трофических (пищевых) наземных и морских трофических цепях еще в седиментогенезе. Процесс окисления, биохимической деструкции и преобразования фоссилизированного и живого вещества продолжается в диагенезе, в ходе которого осадки продолжают терять органическое вещество. При этом образуются углекислый газ, вода, метан, сульфат-ион воды восстанавливается до пирита, сероводорода, элементарной серы. С геохимической точки зрения этот вопрос впервые был детально рассмотрен Н.М. Страховым и К.Ф. Родионовой [1954].

Процесс деструкции органического вещества в результате термokatалитических реакций продолжается и в катагенезе, при этом новообразуются все компоненты нафтидов – углеводородные газы C_1 , C_2 - C_4 , высокомолекулярные углеводороды и гетероциклические соединения (смолы, асфальтены и др.) нефти, CO_2 , H_2O , NH_3 , H_2S и другие соединения.

Все эти диагенетические и катагенетические процессы ведут к сокращению концентрации биогенного углерода ($C_{орг}$) в осадках и породах. При изучении геохимии органического углерода в осадочном процессе и оценке генерационного потенциала органического вещества в осадках и породах учет этих процессов обязательно необходим.

В геологическом пространстве Земли процессы нефтегазообразования четко локализованы. Одним из первых вертикальную зональность (биохимическая, переходная и термokatалитическая зоны) процессов нефтегазообразования предложил в 1948 г. В.А. Соколов. В 1967 г. Н.Б. Вассоевич [1967] выделил главную фазу нефтеобразования (ГФН), представляющую собой этап в геохимической истории осадочной толщи, когда в результате погружения она

находится под действием температуры и давления, при которых в составе рассеянного органического вещества (РОВ) происходит новообразование битумоидов (в том числе УВ) наиболее интенсивно. В этом же году, независимо, А.Э. Конторович и Е.А. Рогозина [Конторович, Рогозина, 1967] эту же часть зоны катагенеза, назвали главной зоной нефтеобразования (ГЗН). Во время проявления ГЗН основная масса липидного материала расходуется на образование жидких и газообразных углеводородов, что подтверждается изменением состава РОВ (потерей липидного материала) и одновременным быстрым возрастанием количества образующегося битумоида и углеводородных газов в расчете на ОВ [Неручев, 1973].

Наличие в разрезе стратисферы ГЗН и зон интенсивного газообразования в настоящее время признается абсолютным большинством исследователей. Согласно А.Э. Конторовичу, в осадочной толще при реализации единого цикла нефтеобразования выделяются последовательно следующие фазы: созревание потенциально нефтегенерирующих отложений; начало и прогрессивное развитие нефтепроизводящих процессов; главная фаза процессов нефтеобразования; затухание нефтеобразовательных процессов; и заключительная фаза – существование нефтепроизводивших отложений [Конторович, 1976]. Зоны, соответствующие каждой из фаз, выделяются в разрезах осадочных бассейнов [Конторович, Неручев, 1971; Конторович, 1976].

Изучение катагенеза (метаморфизма) рассеянного ОВ и углей в мезозойских отложениях Западно-Сибирской равнины было начато в пятидесятых годах А.Б. Травиным (1955) и В.А. Успенским (1956). Было выявлено, что с ростом катагенетической превращенности, подобно углю, кероген обогащается углеродом, теряет водород и гетероэлементы. Изменение величины соотношения С/Н в процессе катагенеза для генетически однородного ОВ позволяет использовать этот параметр в качестве показателя уровня зрелости ОВ [Успенский и др., 1958].

В 1964 г. на территории Западно-Сибирской равнины Л.И. Богородской, Ф.Г. Гурари, А.Э. Конторовичем, В.В. Иванцовой, И.И. Нестеровым, П.А. Трушковым, Г.М. Парпаровой и другими было выявлено, что катагенез ОВ

возрастает от периферии к наиболее погруженной центральной части равнины. При определении стадий катагенеза органического вещества А.Э. Конторович с соавторами [Конторович и др., 1967а] использовали в качестве основных показателей отражательную способность витринита и, в меньшей степени, элементарный состав ОВ. По полученным данным были построены схематические карты катагенеза ОВ в юрских и нижнемеловых отложениях. Было отмечено, что катагенез ОВ определяется, в первую очередь, геотермическими условиями и контролируется современным структурным планом бассейна. Отложения с повышенным катагенезом приурочены к отрицательным структурам первого порядка – впадинам и мегапрогибам [Конторович и др., 1967а].

Начиная с 70-х годов прошлого века, определение уровня катагенетической зрелости юрских пород проводилось авторскими коллективами следующих научных организаций: СНИИГГиМС, ВНИГРИ, ИГИРГИ, ИГиМ, ВНИИгеосистем, ВНИИгаз, ЗапСибНИГНИ и др. Верхнеюрские (баженовская свита и ее аналоги) морские и озёрные отложения, являющиеся основными нефтегенерирующими толщами в Западно-Сибирской провинции, в настоящее время вскрыты тысячами скважин. Интерпретация огромного количества фактического материала по уровню катагенеза ОВ в породах с использованием аппарата математического моделирования позволила сотрудникам ИНГГ СО РАН [Фомин и др., 2001; Конторович и др., 2009; Фомин, 2011] детализировать выполненные в предыдущие годы построения. На основе анализа более 4000 замеров отражательной способности витринита (R_{vt}^0) с учетом опубликованных данных по уровню зрелости ОВ сотрудниками ИНГГ СО РАН были построены схемы катагенеза ОВ на всю территорию Западно-Сибирского мегабассейна [Конторович и др., 2009].

До середины 70-х годов прошлого века для обозначения степени преобразованности ОВ использовались углемарочные названия и буквенные индексы стадий (марок угля): Б – бурoughольная, Д – длиннопламенная, Г – газовая, Ж – жирная, К – коксовая, ОС – отощенно-спекающаяся, Т – тощая, ПА – полуантрацитовая, А – антрацитовая. В 1976 г. С.Г. Неручев, Н.Б. Вассоевич и

Н.В. Лопатин [Неручев и др., 1976] опубликовали проект международной шкалы преобразованности ОВ, в основу которой был положен термин «катагенез». Независимо от этих авторов, в этом же году, близкая шкала несколько иных градаций катагенеза была предложена А.Э. Конторовичем [Конторович, 1976]. Обозначения градаций катагенеза, применяемые российскими исследователями приведены в таблице 1.2. Основным критерием шкалы принят показатель отражательной способности витринита [Фомин, 2011].

Таблица 1.2 – Обозначения градаций катагенеза, применяемые российскими исследователями (по [Неручев и др., 1976], [Конторович, 1976])

Стадия	Подстадия	Этапы / Подэтапы (Конторович, 1976)		Подэтапы (Неручев, Васосевич, Лопатин, 1976)	Марки углей	R _{тп} %
литогенеза					ГОСТ 12113-94	на начало градации
катагенез	Прото (ПК)	Начальный (МК)	ПК ₁	ПК ₁	Б ₁	0.25
			ПК ₂	ПК ₂	Б ₂	0.30
			ПК ₃	ПК ₃	Б ₃	0.40
	МК ₁		МК ₁	Д	0.50	
	МК ₁ ²		МК ₂	Г	0.65	
	МК ₂		МК ₃	Ж	0.85	
	Мезо (МК)	Глубинный (МК ₃)	МК ₃ ¹	МК ₃	К	1.15
			МК ₃ ²	МК ₃	ОС	1.50
	Апо (АК)		АК ₁	АК ₁	Т	2.00
			АК ₂	АК ₂	ПА	2.50
АК ₃			АК ₃	А	3.50	
АК ₄			АК ₄	А	5.00	

Катагенетическая стадия начинается на конечном этапе диагенеза и продолжается до начала метагенеза, при этом пластовая температура пород возрастает до 250-300 °С. Свойства ОВ претерпевают изменения при перестройке его структуры во время погружения пород на глубину. Согласно исследованиям по катагенезу органического вещества в угленосных бассейнах, степень углефикации ОВ изменяется как по разрезу, так и по площади. Такая же ситуация отмечается повсеместно в пределах Западно-Сибирской равнины при нарастании катагенеза ОВ с глубиной [Конторович и др., 1967а].

Катагенетические преобразования ОВ.

Для катагенетической стадии, наиболее длительной, в истории ОБ определяющими являются две группы процессов:

- 1) глубокие и направленные преобразования физико-химических свойств и структуры ОБ, сопровождающиеся большим количеством новообразований;
- 2) миграция в огромных масштабах продуктов катагенетических превращений ОБ.

Согласно А.Э. Конторовичу [1976], обязательной и неотъемлемой чертой катагенеза осадочных пород является первичная миграция УВ, CO_2 , H_2S , NH_3 и других продуктов катагенетических превращений ОБ. Результатом этого процесса, при благоприятных геологических условиях, является образование скоплений нефти газа [Конторович, 1976].

По данным И.И. Аммосова [1961], В.С. Вышемирского [1973], А.Э. Конторовича [1976] и других авторов, главными факторами катагенеза являются температура и давление. В зоне катагенеза происходит значительное изменение состава ОБ. Концентрация углерода в ОБ, при прочих равных условиях, тем выше, чем в более жестких термодинамических условиях оно находилось, и, соответственно, ниже содержание водорода, кислорода, азота и серы [Конторович, 1976].

Аналогичная закономерность, давно известная и хорошо изученная для углей, для РОВ и КОВ (концентрированное ОБ) была впервые отмечена В.А. Успенским и Ф.Б. Инденбомом в 1958 г. [Успенский и др., 1958]. При общей направленности процессов катагенетических превращений ОБ сапропелевого и гумусового типов в них имеются и заметные различия – сапропелевое РОВ морских толщ имеет более высокие содержания водорода, азота и серы, и пониженное – кислорода [Успенский и др., 1958].

Изменение глубины погружения нефтематеринских толщ (НМТ) влияет на основные характеристики керогена и битумоидов, а также на физические свойства пород – плотность, общую и открытую пористость, а также расчетные величины закрытой пористости, объем закрытых пор, отношение закрытой пористости к

общей и т.д. По направленности изменения этих параметров С.Г. Неручев и Е.А. Рогозина [2010] для баженовской свиты (Рисунок 1.8) выделили этапы, на которых процесс преобразования РОВ пород подчиняется определенным закономерностям:

Первый этап. Стадия катагенеза МК₁ (МК₁¹ – по шкале А.Э. Конторовича). Глубина погружения отложений 1.7-2.0 км. На этом этапе преобладают процессы декарбонилирования и дегидратации, для этапа характерно:

- максимальное, по сравнению с последующими, содержание $\beta_{\text{СВБ}}$;
- максимальное (до 82.1 об. %) содержание CO_2 ;
- незначительное (до 2.0 об. %) содержание CH_4 ;
- элементный состав НОВ (дебитуминизированная, нерастворимая в хлороформе часть ОВ) хорошо согласуется с характеристиками вышеуказанных продуктов преобразования РОВ [Неручев, Рогозина, 2010].

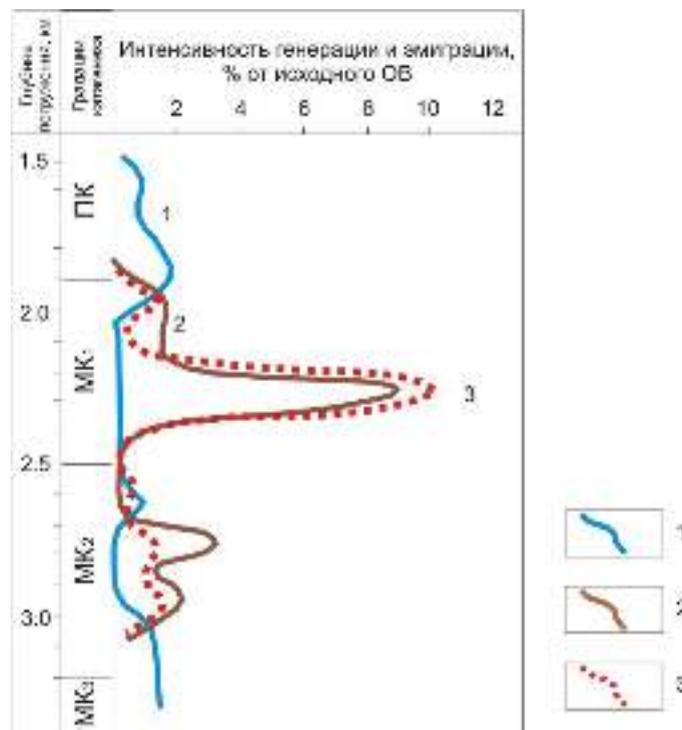


Рисунок 1.8 – Интенсивность генерации углеводородных газов и битумоидов и эмиграции битумоидов ОВ баженовской свиты [Неручев, Рогозина, 2010]

Условные обозначения:

- 1 – 2 – интенсивность генерации: 1 – углеводородных газов; 2 – битумоидов.
3 – интенсивность эмиграции битумоидов.

Второй этап. Стадия катагенеза МК₁ (МК₁² – по шкале А.Э. Конторовича). Глубина погружения отложений 2.0-2.4 км. На этом этапе изменение многих характеристик перестает быть однонаправленным, что подтверждает сложность процессов генерации и миграции подвижных продуктов превращения органического вещества. По направленности изменения элементного состава керогена второй этап разделяется на два подэтапа (2.0-2.2 км и 2.2-2.4 км). Согласно данным экспериментальных исследований баженовской свиты, на глубине 2.0 км начинается процесс интенсивной генерации нейтральных битумоидов и метаново-нафтеновых УВ. Изучение состава битумоидных компонентов позволяет сделать вывод, что процессы генерации УВ на этом подэтапе ещё преобладают над процессами эмиграции УВ. Происходит резкое снижение содержания СО₂ в составе газовых компонентов и нарастание содержания гомологов СН₄. На этом подэтапе уменьшается закрытая пористость, доля её в общей и объем закрытых пор. Снижение в породе общего содержания газовых компонентов приурочено к глубине 2.2 км [Неручев, Рогозина, 2010].

Второй подэтап второго этапа преобразования РОВ баженовской свиты (2.0-2.4 км) является переломным – с резким снижением основных параметров НОВ – С^Г, Н^Г и V^Г (выход летучих), свидетельствующем о возросшем масштабе генерации и одновременной миграции всех подвижных продуктов преобразования РОВ. В интервале глубин этого подэтапа прослеживается два импульса по газовым компонентам:

– на глубине 2.3 км – за счет ухода СО₂ с резким уменьшением общей и закрытой пористости, доли закрытой пористости в общей и объема закрытых пор. Данные по качественному составу газовых компонентов позволяют сделать предположение, что миграция битумоидных компонентов до глубины 2.3 км стимулировалась, в основном, двуокисью углерода. Согласно исследованиям С.Н. Белецкой, растворяющая способность СО₂, являющегося активным агентом, позволяет уже при температуре 40 °С и давлении 100 атм. растворить более 3 г/кг породы битуминозных веществ [Неручев, Рогозина, 2010];

– в интервале глубин 2.3-2.4 км отмечается очередное возрастание в составе газов – CO_2 , а в углеводородной части – метана, этана и пропана. В результате этого происходит небольшое увеличение объёма закрытых пор. С глубины 2.4 км отмечается нарушение фазового состояния системы флюидов, характерное термобарическим условиям для этих глубин, за счёт ухода самых подвижных продуктов генерации органического вещества из породы. Что влечёт за собой выпадение высокомолекулярных асфальтово-смолистых компонентов битумоидов с образованием отложений на стенках пор. В породе происходит перезакрытие пор и снижение плотности [Неручев, Рогозина, 2010].

Третий этап выделяется на глубинах от 2.4 до 2.7 км на градации катагенеза MK_1 - MK_2 (MK_1^1 - MK_1^2 – по шкале А.Э. Конторовича). Для этого этапа характерно однонаправленное увеличение содержания C^Γ в НОВ при том, что остальные параметры ведут себя неоднонаправленно:

– на глубине 2.4 км меняется направленность изменения H^Γ и V^Γ в составе НОВ, что свидетельствует о переходе асфальтово-смолистых компонентов битумоида в нерастворимое состояние. Качественное изменение состава НОВ ведёт к преобразованию ОВ с нового уровня. Переход на путях миграции высокомолекулярных компонентов битумоида в нерастворимое состояние ведёт к увеличению пористости пород и ее разуплотнению [Неручев, Рогозина, 2010]. Максимальное действие этого процесса происходит в интервале глубин 2.4-2.5 км. Изучение величины $\beta_{\text{ТУ}}$ и концентрации гомологов метана позволяет прийти к выводу, что глубже отметки 2.3 км в процессе миграции происходят значительные изменения в составе газовых компонентов с преобладанием гомологов метана, которые в отличие от CO_2 (на предыдущих этапах), обладают большей растворяющей и другой избирательной способностью. По мнению С.Г. Неручева и Е.А. Рогозиной, к глубине 2.5 км в составе газов значительно возрастает содержание метана при уменьшении общей концентрации газов и гомологов метана, что позволяет значениям закрытой пористости и объёму закрытых пор оставаться достаточно высокими [Неручев, Рогозина, 2010];

– с глубины 2.5 км, на фоне неоднозначности поведения V^{Γ} и сложности происходящих процессов генерации и миграции, происходит дальнейшее увеличение содержания C^{Γ} в НОВ, что связано с усилением процесса газообразования при снижении содержания H^{Γ} и V^{Γ} в НОВ. Подчиненное значение битумоидов в продуктах преобразования ОВ, при преобладании газовых компонентов, ведёт к карбонизации НОВ. Анализ изменения концентраций метана и углеводородов в составе битумоидов позволяет предположить, что в интервале глубин ниже 2.5 км (максимальное проявление в интервале 2.6-2.7 км) процесс генерации битуминозных веществ непрерывно сопровождается их эмиграцией. На этих глубинах, видимо, CH_4 становится ведущим в этом процессе. При уходе из породы новой порции новообразованных подвижных продуктов, происходит нарушение фазового состояния системы, сопровождающееся, как и ранее, «высаживанием высокомолекулярных компонентов в нерастворимое состояние» на путях миграции и новой фазой разуплотнения пород. Несмотря на увеличение доли общей и открытой пористости, на этом подэтапе происходит снижение закрытой пористости, что объясняется, по всей видимости, максимальным уходом из породы CH_4 и уменьшением интенсивности последующей его генерации в этих термобарических условиях. На этой глубине закрытые поры пород содержат, в основном, гомологи CH_4 и CO_2 [Неручев, Рогозина, 2010].

Четвертый этап катагенетического преобразования ОВ начинается с глубины 2.7 км, в конце градации MK_2 (MK_1^2 – по шкале А.Э. Конторовича). На глубинах 2.7-3.2 км отмечается новая фаза деструкционных процессов, сопровождающаяся уменьшением содержания C^{Γ} и H^{Γ} и увеличением доли гетероэлементов в составе НОВ. Происходит значительное уменьшение летучих соединений (V^{Γ}). Согласно данным изучения состава $\beta_{ХЛ}$ на этом подэтапе при деструкции ОВ происходит разрыв «более прочных» молекул циклического строения, что говорит о глубоких процессах преобразования ОВ. На этих глубинах в породе отмечается увеличение плотности пород и уменьшение пористости общей и открытой на фоне относительно постоянного объёма закрытой пористости и величины закрытой пористости в общей пористости [Неручев, Рогозина, 2010].

На глубине 2.8 км начинается интенсивное газообразование. Доля метана в составе газов закрытых пор возрастает с увеличением его содержания в породе и в ОВ. Этот процесс продолжается до определенного уровня, после чего происходит резкое импульсное снижение генерации метана. В очередной раз идёт перестройка поровой системы в породе, в результате чего увеличиваются все виды пористости, но, в отличие от предыдущих подэтапов, не происходит разуплотнения породы, так как в процессе миграции участвуют битуминозные компоненты, которые значительно подвижнее, чем были ранее. В шлифах пород с этих глубин фиксируется сильное преобразование нерастворимых веществ асфальтово-смолистого состава, которыми заполнены пути миграции флюидов, образованные в предыдущие фазы [Неручев, Рогозина, 2010].

На глубинах, превышающих 3.0 км, в породах баженовской свиты происходит резкое снижение $C_{орг}$, отмечается общий высокий уровень преобразованности ОВ, градация катагенеза соответствует МК₃ (МК₂ – по шкале А.Э. Конторовича), R_{vt}^0 – 0.85 %. Генерация битумоидов в свите прекращается. В процессе реализации нефтематеринского потенциала происходят значительные преобразования молекулярной структуры ОВ, что влечёт за собой утрату им сапропелевого облика. При дальнейшем превращении рассеянное органическое вещество пород баженовской свиты способно генерировать газ, так как показатели содержания летучих ($V^Г$) и водорода ($H^Г$) свидетельствуют о ещё высоком генерационном потенциале. На глубинах более 3.0 км наблюдается увеличение концентраций метана и двуокси углерода в составе газа. Третью часть объема в составе углеводородной части газовых компонентов занимают метан (CH_4) и этан (C_2H_6). Доля битумоида в ОВ увеличивается, и его состав становится более благородным. На этом подэтапе отмечается значительное снижение всех видов пористости и уменьшение в породе объёма закрытых пор на фоне продолжающегося уплотнения пород [Неручев, Рогозина, 2010].

На основе комплексного подхода к рассмотрению закономерностей преобразования ОВ баженовской свиты С.Г. Неручев и Е.А. Рогозина выявили, что в составе газовых компонентов для сапропелевого и гумусового РОВ наблюдается

определенная зональность: зона углекислых газов сменяется зоной углекисло-углеводородных газов, затем преимущественно углеводородных газов [Неручев, Рогозина, 2010].

В таблице 1.3 приведена информация по потерям массы керогена и количеству новообразованных соединений (в кг) в результате катагенетических преобразований аквагенного керогена для всех градаций катагенеза по данным Л.М. Бурштейна и А.Э. Конторовича [Геологическая..., 2014-2016ф].

В диапазоне глубин от 5-6 км до 8-10 км наступает этап затухания процессов нефтегазообразования, происходящий после главной фазы газообразования. Этот этап характеризуется очень слабой генерацией жидких УВ и относительно небольшой генерацией УВ газа, представленного преимущественно метаном. Существенной чертой этого времени является развитие собственно метаморфических процессов, в результате которых РОВ взаимодействует с минеральной частью пород, чаще всего с окислами железа, генерируя при этом огромные количества углекислоты, которая становится преобладающим компонентом образующегося газа. По преобладанию CO_2 в составе газов этот заключительный этап катагенеза РОВ сходен с начальным этапом, но на начальном этапе катагенеза CO_2 полностью растворяется в водах и при реагировании с минеральной частью пород удаляется из них, в отличие от конечного этапа катагенеза, когда углекислота остается в водах в растворенном или в свободном состоянии, предопределяя углекисло-метановый состав газов больших глубин [Генерация углеводородов..., 1976].

На протяжении периода от начальной стадии протокатагенеза до высоких стадий катагенеза постепенно изменяется молекулярная структура ОВ, происходит его деструкция, на заключительной стадии катагенеза органическое вещество по своему строению приближается к графиту [Неручев, Рогозина, 2010].

Таблица 1.3 – Выход продуктов катагенетических преобразований аквагенного керогена по данным Л.М. Бурштейна, А.Э. Конторовича [Геологическая..., 2014-2016ф]

Градации катагенеза	Диапазон концентраций углерода, %	Потери массы керогена, кг	Новообразованные соединения, кг					
			CO ₂	H ₂ O	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	нефть
ПК ₁	55-62	16.40	9.42	2.22	1.91	2.31	0.44	0.09
ПК ₂	62-67	8.05	4.41	1.20	0.63	1.30	0.29	0.21
ПК ₃	67-75	9.87	4.87	1.64	0.80	1.66	0.49	0.41
МК ₁₁	75-80	7.01	2.20	0.83	0.62	0.75	0.30	2.31
МК ₁₂	80-83	6.54	0.95	0.38	0.48	0.34	0.15	4.24
МК ₂	83-85	5.14	0.47	0.20	0.34	0.17	0.08	3.89
МК ₃₁	85-87	3.63	0.35	0.16	0.32	0.14	0.07	2.59
МК ₃₂	87-91	3.88	0.49	0.23	0.56	0.21	0.11	2.29
АК ₁	91-92	3.58	0.09	0.05	0.12	0.04	0.02	3.25
АК ₂	92-93	0.88	0.08	0.05	0.12	0.04	0.02	0.56
АК ₃	93-95	0.78	0.15	0.09	0.24	0.08	0.05	0.17
Антрацитовая	95-97	0.74	0.11	0.09	0.32	0.08	0.06	0.07
Протокатагенез	55-75	34.32	18.71	5.06	3.35	5.27	1.23	0.71
Ранний-средний мезокатагенез	75-85	18.69	3.62	1.41	1.43	1.26	0.53	10.44
Поздний мезокатагенез, апокатагенез	85-97	13.49	1.27	0.67	1.68	0.59	0.34	8.92
Всего	50-97	66.50	23.60	7.14	6.46	7.13	2.09	20.08

При анализе потерь органического вещества в катагенезе С.Г. Неручевым [2007] были рассчитаны поэтапные потери, связанные с разными стадиями катагенеза. На начальной стадии катагенеза (породы с концентрированным сапропелевым ОВ соответствуют сапропелевым горючим сланцам) в результате медленных и незначительных превращений сапропелевого ОВ пород, в связи с отщеплением летучих газообразных продуктов (CO_2 , H_2O , NH_3 , CH_4 и H_2S), происходит уменьшение исходной массы ОВ на 18-20 % [Неручев, 2007].

На этапе мезокатагенеза в ГЗН при температурах от 90-100 °С до 160-170 °С начинается процесс интенсивной термодеструкции полимерлипидных компонентов, в результате чего значительно увеличивается битуминозность ОВ с последующей миграцией подвижных нефтяных углеводородов при дальнейшем погружении НМТ. В этом процессе теряется порядка 30 % от исходного количества ОВ, в результате чего масса ОВ в долях от первоначальной его массы в начале катагенеза составляет не более 50-55 % [Неручев, 2007].

При росте температуры от 160-170 °С до 200-250 °С и дальнейшем погружении толщи (ГФГ углеводородных газов) продолжается быстрое термическое разложение ОВ, которое сопровождается затуханием генерации жидких УВ при активном образовании газообразных, в составе которых резко преобладает метан. За счёт потери газообразных летучих компонентов преобразования органическое вещество теряет ещё порядка 13 % от исходного количества ОВ, и остаточная его масса составляет уже не более 40-45 % от исходной массы. К завершению этого этапа планктоногенное ОВ, потерявшее большую часть летучих компонентов, уже полностью теряет свои исходные генетические черты. Отложения, содержащие сапропелевое ОВ, преобразованное на стадии МК₄ (МК₃¹ – по шкале А.Э. Конторовича) и выше, квалифицируются как «бывшие нефтегазоматеринские породы» [Неручев, 2007].

На антрацитовой и более высоких стадиях катагенеза происходит термический распад углеродистого ($\text{C}^{\Gamma} = 80-90 \%$) сапропелевого ОВ с одновременным упорядочением молекулярной структуры и выделением летучих газообразных продуктов – водорода, метана, сероводорода и азота в сравнительно

небольших количествах. Затем существенно изменяется характер процесса превращения ОВ. При повышении температуры более 250-300 °С начинается процесс взаимодействия ОВ с окислами металлов (в основном железа), содержащимися в минеральной части породы. Происходит восстановление окислов железа в результате окисления углерода, и образование большого количества метаморфогенного CO₂. На этом этапе потеря ОВ составляет ещё порядка 7-10 % от исходной массы. В итоге остаточная масса ОВ равна не более 30 % от исходной [Неручев, 2007].

Таким образом, по данным С.Г. Неручева [2007], от начала катагенеза до стадии «углеродистых» и «графитовых» сланцев на всех стадиях литогенеза суммарная потеря массы сапропелевого ОВ составляет от 70 до 80 % – за счёт процесса генерации газообразных и жидких летучих продуктов, оказывающих влияние на преобразование минеральной части породы и перенос различных элементов, включая металлы.

На рисунках показаны современное (Рисунок 2.13) и к началу катагенеза (Рисунок 2.14) содержание органического вещества в породах баженовской свиты по данным ИНГГ СО РАН.

Обобщая опубликованную разными авторами информацию по условиям катагенетических превращений РОВ, масштабам и условиям проявления ГФН и первичной миграции УВ, А.Э. Конторович [1976] отметил, что катагенетическая история ОВ предопределяется палеоландшафтами бассейнов осадконакопления, контролировавших литологию, состав глинистых минералов, и захоронившееся в бассейне ОВ. Также значительная роль принадлежит тектоническому развитию территории и геотермическому режиму.

Определение уровня катагенетической зрелости ОВ проводится различными методами: углепетрографическими, геохимическими, пиролитическими, минералогическими и др. Основным, наиболее надежным, методом диагностики уровня зрелости гумусового органического вещества является углепетрографический метод – выявление показателей отражения (отражательная способность витринита (коллинита) (R_{vt}^0) и преломления ($N_{пр}$)) мацералов ОВ.

Источником витринита являются лигниноцеллюлозные материалы растений (стебли, древесина и т.д.). Витринит – это основной мацерал гумусовых углей, также он имеет большое распространение среди растительных остатков, рассеянных в породе. С возрастанием степени катагенеза происходит равномерное увеличение показателей преломления всех мацералов ОВ. По степени чувствительности к изменению термобарических условий мацералы гумусового ОВ находятся в ряду (по убыванию): альгинит, лейптинит, витринит. Наиболее закономерно показатель преломления изменяется у витринита. Если эти мацералы отсутствуют или плохой сохранности, то привлекаются следующие мацералы: семивитринит, семифюзинит, фюзинит и лейптинит [Фомин, 2011].

Преобразованность ОВ в морских и древних (додевонских) отложениях, где витринит отсутствует, определяется по мацералам аквагенного РОВ – псевдовитриниту, коллоальгиниту, коллохитиниту и сорбомикстиниту [Фомин, 2011]. В 1985 г. А.Н. Фоминым [1985] для диагностики уровня зрелости составлена шкала отражательной способности псевдовитринита, исходным материалом которого являются остатки донных водорослей. Схожесть витринита и псевдовитринита обусловлена близостью химического состава донных водорослей и стеблевых тканей высших растений.

Для РОВ баженовской свиты, представленного аквагенным материалом, по которому нет пока стандартных шкал для оценки степени зрелости по мацералам, используются онихиты (остатки зооорганизмов). Для стадий катагенеза ПК-МК₁² Г.М. Парпаровой и А.В. Жуковой [1990] построена шкала отражения по онихитам. При сравнении отражательной способности витринита и онихитов выявлено, что отражательная способность у онихитов ниже [Фомин, 2011].

В результате сопоставления отражательной способности витринита с другими параметрами, характеризующими уровень зрелости материнских пород, а также с распределением нефтяных и газовых залежей, были выделены стадии созревания ОВ [Серебренникова, 2008]:

1. значения $R_{vt}^0 < 0.5-0.7 \%$; стадия диагенеза, материнская порода незрелая;

2. $0.5-0.7 \% < \text{значения } R_{vt}^0 < 1.3 \%$; стадия катагенеза, главная зона нефтеобразования «oil window»;
3. $1.3 \% < \text{значения } R_{vt}^0 < 2.0 \%$; стадия катагенеза, зона жирного газа и конденсата;
4. значения $R_{vt}^0 > 2.0 \%$; стадия метакатагенеза; метан остается единственным углеводородом (зона сухого газа).

Нерезкость границ стадий созревания объясняется различиями в составе гумусового и сапропелевого ОВ и, соответственно, темпами превращения органического вещества [Серебренникова, 2008].

Определение показателя преломления $N_{пр}$ мацералов ОВ, в основном витринита, является другим (менее распространенным) углепетрографическим методом количественной оценки уровня зрелости ОВ. Как и отражательная способность витринита, показатель преломления мацералов ОВ характеризует изменения молекулярной структуры ОВ в процессе катагенеза. Определение $N_{пр}$ происходит за счёт сравнения показателя преломления мацералов исследуемого ОВ с $N_{пр}$ иммерсионной жидкости с помощью полоски Бекке [Богородская и др., 2005].

До внедрения в практику углепетрографических методов (показатели отражения и преломления мацералов) углехимические параметры (элементный и групповой состав) служили основными критериями для диагностики уровня зрелости ОВ. В качестве главного параметра для определения стадий катагенеза использовался элементарный состав горючей массы РОВ и углей.

Основными углехимическими параметрами являются $C^Г$ (содержание углерода), $V^Г$ (выход летучих веществ). Информативность этих параметров не одинаковая и их роль меняется в зависимости от стадий катагенеза. Существенное влияние на них оказывает состав исходного материала ОВ и минеральные примеси. Чтобы минимизировать это влияние, используют анализы гелиолитов. Гелифицированное вещество имеет однородный состав и реагирует на термобарические условия, плавно изменяя свои характеристики при возрастании катагенеза [Богородская и др., 2005].

Химические показатели степени зрелости породы основаны на изучении керогена (элементный анализ) и битумоида (содержание битумоида; количество и состав УВ, легких УВ; коэффициент преобладания нечетных n-алканов над четными; распределение изопреноидов, нафтенов по числу колец, стеранов и гопанов, ароматических УВ, отношение изотопов углерода). Важным геохимическим параметром, характеризующим зрелость ОВ, является СРІ – соотношение нечетных насыщенных УВ к четным [Борисова и др., 2011; Васильев, 2012].

Определение элементного состава керогена основано на удалении минеральной компоненты тонкозернистых пород соляной и плавиковой кислотой, с последующим элементным анализом низкосолевого концентрата керогена. При катагенетических преобразованиях ОВ под действием температуры из керогена удаляется кислород – в виде воды и двуокиси углерода; водород – в виде воды, УВ и, частично (на заключительных этапах), – в виде H_2S , углерод – в виде двуокиси углерода и УВ [Васильев, 2012].

Групповой состав ОВ определяется при «техническом анализе», в результате которого определяются следующие параметры: $V^Г$ – выход летучих веществ; Q – теплотворная способность; $W^Г$ – влажность; A – зольность; ρ – плотность. Горючую массу ОВ характеризуют $V^Г$, Q и ρ . К балласту ОВ относятся $W^Г$ и A . Для определения уровня зрелости ОВ наиболее информативным показателем является $V^Г$ [Фомин, 2011].

Процесс метаморфизма ОВ сопровождается выделением летучих углефикаций, в состав которых входят углекислота, метан и другие газообразные УВ, сероводород, аммиак и вода. Зная выход летучих, можно рассчитать количество летучих углефикаций, потерянных ОВ при достижении им определенной стадии метаморфизма [Конторович, 1964].

Выход летучих веществ ($V^Г$) – это масса летучих компонентов преобразования органического вещества, выделяющихся при нагревании ОВ до $850\text{ }^\circ\text{C}$. Величина $V^Г$ характеризует потенциал нефтегазообразования органического вещества. На начальной стадии катагенеза, согласно С.Г. Неручеву

и Е.А. Рогозиной [2010], содержание летучих веществ достигает 50-90 %, а на последующих стадиях происходит снижение $V^Г$.

Показатель $V^Г$ коррелируется с содержанием водорода, т.к. связан с генетическим типом ОВ и уровнем его зрелости. Для ОВ, сформировавшегося в восстановительных условиях, характерно повышенное содержание $V^Г$, хотя это отражается до среднего мезокатагенеза. На выход летучих существенное влияние оказывают минеральные примеси. У аквагенного ОВ в начале катагенеза отмечается повышенное содержание $V^Г$ по сравнению с террагенным (гумусовым). После завершения ГФН значения параметра $V^Г$ у аквагенного и террагенного типов ОВ постепенно выравниваются в апокатагенезе. Наличие липоидных компонентов в керагене оказывает влияние на величину выхода летучих, подобно аквагенному типу ОВ [Богородская, Конторович, 1982; Фомин, 2011].

Влажность ($W^Г$). С ростом катагенеза ОВ постепенно теряет влагу, содержание которой связано с пористостью органической массы, с одной стороны, и с наличием в составе ОВ гидрофильных групп. Плотность гелитолитов (ρ) с нарастанием катагенеза постепенно понижается, достигая минимальных значений на стадиях на $МК_1^2$ – $МК_2$. При последующих стадиях катагенеза отмечается увеличение этого показателя. Это связано с тем, что в начале катагенеза ОВ теряет соединения, богатые кислородом, в виде летучих продуктов – воду и углекислоту. В результате чего происходит относительное обогащение ОВ водородом [Богородская и др., 2005; Фомин, 2011].

Теплотворная способность (Q). Этот показатель подходит для характеристики ОВ, которое не претерпело сильного окисления и преобразования. Величина Q зависит от типа ОВ. Повышенная теплота сгорания свойственна липтобиолитам и сапропелитам, имеющим высокие концентрации водорода, по сравнению с гумолитами. Теплотворная способность является малоинформативным параметром для определения уровня зрелости органического вещества [Фомин, 2011].

Т.о., поскольку для определения уровня зрелости ОВ нет равноценного одного углехимического показателя для всех градаций катагенеза, то для надежной

диагностики углехимические данные должны быть сопоставлены с углепетрографическим, которые информативны по всей шкале катагенеза.

Термические методы определения степени преобразованности ОВ используются в случаях, когда невозможно выполнить углепетрографические или углехимические анализы (или в дополнение к ним). К термическим методам исследования керогена относятся следующие методы: пиролиз, показатель термической устойчивости, дифференциально-термический анализ [Фомин, 2011].

Для определения степени катагенеза ОВ метод пиролиза первыми в СССР применили Л.И. Богородская и А.Э. Конторович. В работе «Метод определения показателей термической устойчивости ОВ (ПТУ)» они связали температуры нагрева ОВ со стадиями катагенеза, а также составили карты катагенеза ОВ Западной и Восточной Сибири [Меленевский, 1991]. Степень преобразованности ОВ по данным пиролиза T_{\max} коррелирует с определениями отражательной способности витринита: T_{\max} до 435°C – соответствует значениям $R_{\text{vt}}^0 < 0.5$; $435-460^{\circ}\text{C}$ – $R_{\text{vt}}^0 = 0.5-1.15$; выше 460°C – $R_{\text{vt}}^0 > 1.15$ [Peters, 1986; Геология и геохимия..., 2000].

Метод пиролиза керогена применяют в основном для оценки нефтегенерационного потенциала ОВ осадочных отложений. Помимо этого, пиролитические характеристики керогена дают возможность судить об уровне зрелости ОВ. Преимуществом метода является быстрота процесса определения и небольшая масса навесок пробы [Фомин, 2011].

На рисунке 1.9 приведена карта катагенеза органического вещества в баженовском горизонте и ее стратиграфических аналогах на территории Западно-Сибирского мегабассейна. Согласно карте катагенеза (Рисунок 1.9), уровень катагенетической зрелости ОВ в кровле юрского комплекса изменяется в пределах ПК₃-АК₁ градаций.

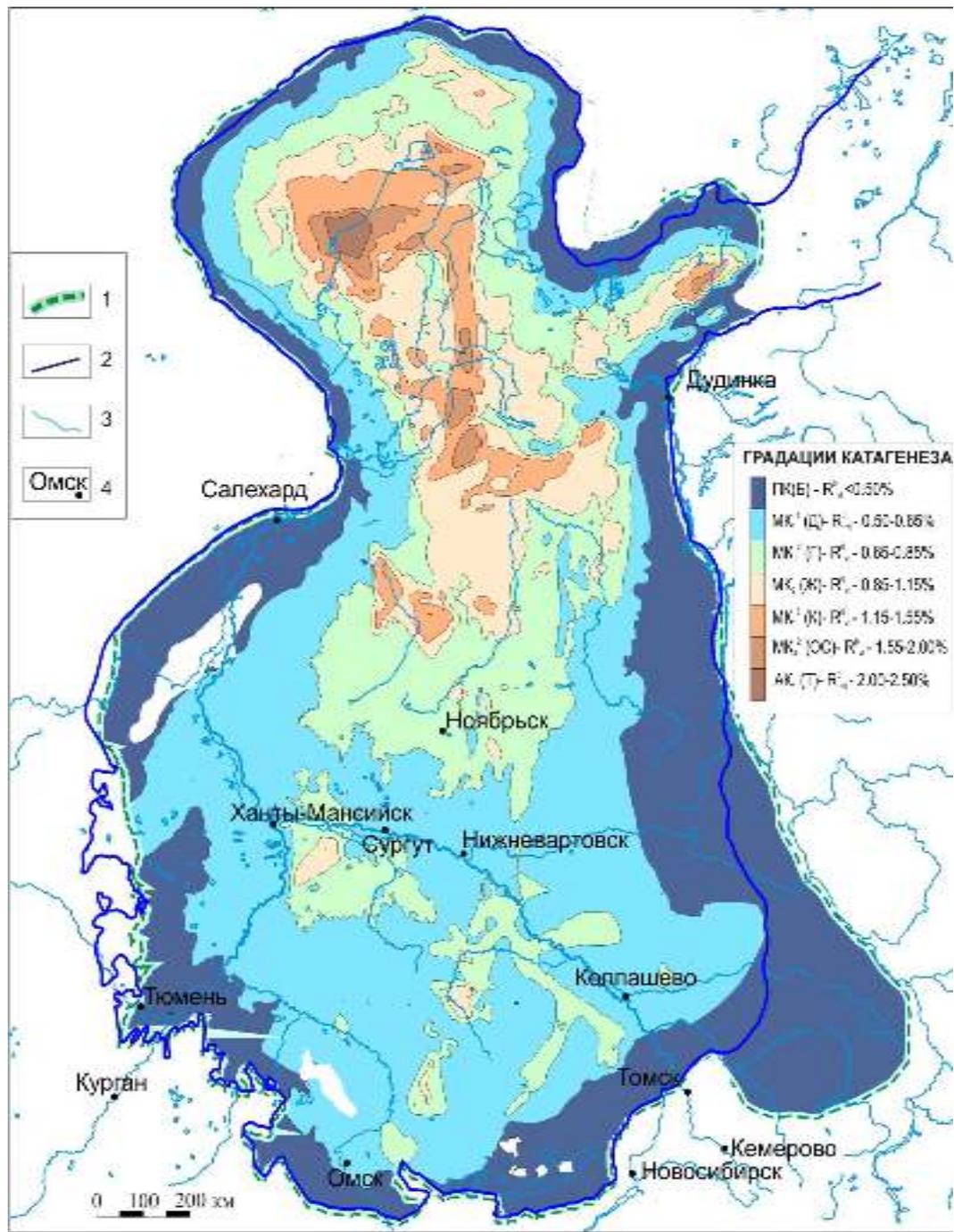


Рисунок 1.9 – Схематическая карта катагенеза органического вещества в кровле юрского комплекса Западно-Сибирского мегабассейна [Конторович и др., 2009, с изменениями автора]

Условные обозначения: 1–2 – границы: 1 – юрского осадочного бассейна; 2 – площадного распространения верхнеюрских отложений по [Рыжкова и др., 2018]. 3 – гидросеть; 4 – населенные пункты.

Наименее преобразованное ОВ – градация ПК₃, $R_{vt}^0 - 0.40-0.50 \%$ – находится на окраинах мегабассейна, что соответствует в тектоническом плане (за исключением северных и северо-западных территорий) Внешнему поясу [Конторович и др., 2001] с осложняющими его структурами. В юго-западной части провинции (Тюменская мегамоноклиза) уровень зрелости ОВ соответствует концу ПК₃ ($R_{vt}^0 - 0.48 \%$). На восточной окраине мегабассейна (Предъенисейская мегамоноклиза) катагенез отвечает началу ПК₃ ($R_{vt}^0 - 0.40 \%$). Южнее, в пределах Барабинско-Пихтовской мегамоноклизы и на юге Тегульдетской мегаемисинеклизы отражательная способность витринита составляет $R_{vt}^0 - 0.42-0.45 \%$ до $R_{vt}^0 - 0.48 \%$. Зона протокатагенеза ОВ с градацией $R_{vt}^0 - 0.45 \%$ находится в окраинных частях Енисей-Хатангского прогиба. В пределах северных и западных окраин мегабассейна, на территории Предтаймырской, Пайхойско-Новоземельской и Зауральской мегамоноклиз отмечается переходное состояние между градациями ПК₃ и МК₁¹ ($R_{vt}^0 - 0.48-0.52 \%$). Низкая преобразованность ОВ в этих районах связана с тем, что в прошлом здесь существовал слабый геотермический режим. Современные пластовые температуры на участках пониженного катагенеза значительно меньше (50-60 °С), чем температуры в соседних районах (80-100 °С). По данным А.Н. Фомина [Фомин, 2011] уровень зрелости ОВ в пределах Шаимского мегавала соответствует градации МК₁¹ $R_{vt}^0 - 0.50-0.52 \%$, а на некоторых площадях мегавала до $R_{vt}^0 - 0.55-0.59 \%$.

Для Внутренней тектонической области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции отмечаются следующие закономерности:

- на территории Среднеобской региональной ступени преимущественно развиты отложения, в которых катагенетическая зрелость ОВ соответствует градации МК₁¹ ($R_{vt}^0 - 0.50-0.65 \%$);

- в пределах Ямало-Карской региональной депрессии наиболее широко распространены отложения с уровнем зрелости ОВ градации МК₁² ($R_{vt}^0 - 0.65-0.85 \%$) и МК₂ ($R_{vt}^0 - 0.85-1.15 \%$).

В южной части провинции (Среднеобская региональная ступень) преобразованность ОВ середины градации $МК_1^2$ ($R_{vt}^0 - 0.65-0.85 \%$) находится в пределах нескольких территорий:

- Мансийской синеклизы – с увеличением степени катагенеза до $МК_2$ ($R_{vt}^0 - 0.85-1.15 \%$) в районе Салымского куполовидного поднятия;
- локального участка Красноленинской мегамоноклизы с увеличением степени катагенеза до $МК_2$ ($R_{vt}^0 - 0.85-1.15 \%$) в северо-западной части;
- на севере и юге Нюрольской мегавпадины с более сильным преобразованием ОВ до $МК_2$ ($R_{vt}^0 - 0.85-1.15 \%$) в центральных частях;
- севернее и восточнее Колтогорско-Нюрольского жёлоба линейные зоны, пересекающие различные тектонические элементы;
- небольшие участки в районе Нижнеомской, Журавлевской, Северо-Колпашевской и других площадей.

Преобразованность ОВ в северной части провинции (Ямало-Карская депрессия) значительно выше, чем в южной части. На фоне общего фона преобразованности ОВ градации $МК_1^2$ ($R_{vt}^0 - 0.65-0.85 \%$) здесь выделяются обширные территории с катагенезом $МК_2$ ($R_{vt}^0 - 0.85-1.15 \%$), соответствующие отрицательным надпорядковым тектоническим элементам: Карской, Антепаютинско-Тадебеяхинской, Большехетской мегасинеклизам, Надымской гемисинеклизе, Агапско-Енисейскому жёлобу и структуре I порядка – Северо-Карской мегавпадине. Преобразованность ОВ градации $МК_3^1$ ($R_{vt}^0 - 1.15-1.55 \%$) характерна для северной части Большехетской и Надымской структур, юго-западной и центральной частей Антепаютинско-Тадебеяхинской мегасинеклизы, для северо-восточной части Агапского прогиба, а также почти полностью соответствует площади Карской мегасинеклизы, с нарастанием катагенеза до градации $АК_1$ ($R_{vt}^0 - 2.0-2.50 \%$) в пределах Южно-Карской мегавпадины [Фомин, 2011].

Таким образом, выявленная в 70-е годы прошлого века закономерность [Нефтепроизводящие толщи..., 1967; Конторович, 1967] увеличения уровня зрелости ОВ от окраин мегабассейна к центральным и арктическим районам по

мере погружения толщ осадочного чехла, подтверждается и по современным данным катагенетической преобразованности ОВ в Западно-Сибирском мегабассейне [Фомин, 2011; и др.].

При оценке перспектив нефтегазоносности отложений и прогноза фазового состояния углеводородных флюидов в рамках органической теории происхождения нефти важная роль принадлежит катагенезу органического вещества осадочных толщ. Катагенез является важнейшим этапом генерации нефти и углеводородных газов из рассеянного органического вещества. Кроме того, катагенетические данные позволяют по разрезам скважин более надёжно реконструировать палеотектонические и палеотемпературные режимы, а также выявлять осадочные толщи, прогретые интрузивными телами, и выявлять перерывы в осадконакоплении [Фомин, 2011].

1.5 Современные температуры пород

При изучении корреляционных связей между показателями преломления витринита и катагенеза ОВ и температурой вмещающих пород и глубиной их погружения, в 1967 г. А.Э. Конторовичем с соавторами [Конторович и др., 1967а] было выявлено, что наиболее сильная корреляционная связь существует с температурой, что позволило авторам сделать вывод, что решающим фактором катагенеза является температура. Катагенез, по мнению большинства исследователей, контролируется, в основном, увеличением температур пород с глубиной в связи с увеличением толщины перекрывающих отложений [Конторович и др., 1967а,б].

Источниками тепловой энергии могут быть различные процессы: радиоактивный распад, экзотермические реакции, гравитационные процессы, магматические внедрения, тектоника и т.д. По данным Н.Л. Добрецова и А.Г. Кирдяшкина [1994], интенсивность теплового потока в верхних горизонтах литосферы связана с периодически поднимающимися мантийными плюмами, которые уносят избыток тепла с границы ядро-мантия, что сопровождается

интенсивным магматизмом. Периодичность этого события составляет около 30 млн лет [Добрецов, Кирдяшкин, 1994; Добрецов, 2011].

Термическое (термокаталитическое) преобразование исходного ОВ в зоне регионального катагенеза является одним из необходимых важнейших условий для образования нефти, газа и углей. Росту степени зрелости ОВ с глубиной соответствует увеличение пластовых температур. Величина геотермического градиента может изменяться в широких пределах и зависит от тектонической активности территории. Согласно исследованиям, низкие значения геотермического градиента находятся в пределах щитов – 0.6-0.9 °C/100 м, на платформах его значения составляют порядка 0.9-2.5 °C/100 м. Высокие величины геотермического градиента отмечаются в зонах альпийской складчатости – 2.5-10.0 °C/100 м, за исключением вулканически активных областей, где этот показатель ещё выше [Конторович и др., 1973].

В распределении среднего геотермического градиента в пределах Западно-Сибирского мегабассейна отражаются общие закономерности характера температурных полей в осадочном чехле. По данным Н.М. Кругликова и соавторов [Кругликов и др., 1985] низкие значения от 1.5-2.5 °C/100 м имеют место только в прибортовых частях бассейна, особенно в приенисейской. Ширина полосы с градиентами, не превышающими 3 °C/100 м в восточной части мегабассейна значительно больше, чем в западной части (150-600 км против 50-120 км). Авторами [Кругликов и др., 1985] отмечается обособление двух зон распределения средних геотермических градиентов:

– зона с преобладающими градиентами 3.5 °C/100 м – находится в пределах наиболее погруженной внутренней части бассейна (Ханты-Мансийская, Надымская впадины). Для этой зоны характерны слабая дифференцированность температурных полей и небольшое число положительных температурных аномалий;

– зона с преобладающими градиентами более 3.5 °C/100 м – имеет сложную конфигурацию. Западная ветвь этой зоны протягивается в субмеридиональном направлении полосой различной ширины (от 75 до 300 км), захватывая Ямальский

полуостров и протягиваясь до ширины г. Тюмень вдоль западного борта мегабассейна, а восточная часть охватывает Танловскую впадину, проходит через Нижневартовский свод (вдоль Колтогорско-Уренгойского жёлоба) и занимает всю юго-восточную часть мегабассейна. Самыми высокими геотермическими градиентами в этой зоне выделяются Шаимский мегавал (до 5-6 °С/100 м), Краснотенинский свод (до 5 °С/100 м), северо-западная часть Нурминского мегавала (более 4 °С/100 м) [Кругликов и др., 1985].

Северная часть мегабассейна, входящая в обе зоны, характеризуется в целом отсутствием восточнее Ярудейского и Нурминского мегавалов участков со средними геотермическими градиентами, превышающими 4 °С/100 м (преобладают значения 3.0-3.5 °С/100 м) [Кругликов и др., 1985].

Органическое вещество, в отличие от минеральной части породы, очень чувствительно к малейшим изменениям температуры, которые приводят к необратимым реакциям при созревании ОВ. Уровень зрелости ОВ зависит от эффективного времени и максимальной температуры (связана с интенсивностью теплового потока фундамента) прогрева вмещающих отложений [Фомин, 2011].

На основе анализа данных уровня катагенеза ОВ в сейсмически активных районах с высокими показателями геотермических градиентов и в зонах контакта интрузивных тел с углями, с привлечением экспериментального моделирования, разными авторами были выявлены минимальные температуры для достижения органическим веществом определенных градаций катагенеза. За основу расчетов принято предложенное И.И. Аммосовым в 1967 г. утверждение, что органическое вещество, достигшее определенной степени зрелости в результате воздействия температуры при максимальном погружении вмещающих толщ, при последующей инверсии тектонических движений практически не претерпевает изменений. Этот метод прогноза палеотемператур «основан на сопоставлении изменений параметров ОВ с современными температурами в глубоких скважинах, пробуренных в областях наибольшего погружения осадочных толщ, где показатель отражения витринита соответствует максимальным температурам» [Фомин, 2011, с. 124-125].

По данным изучения структурно-химических особенностей углей и моделировании катагенеза в различных бассейнах была установлена второстепенная роль давления, как одного из факторов катагенеза, в преобразовании ОВ. Согласно законам термодинамики, давление приостанавливает течение химических реакций углефикации, что препятствует эмиграции газов, а также других продуктов преобразования, из ОВ. По данным К.Г. Рожковой [Рожкова, 1993] в условиях затрудненного оттока флюидов и существовании аномально высоких пластовых давлений превращения ОВ замедляются, и главная фаза нефтеобразования проявляется при более высокой температуре, по сравнению с открытой системой с нормальным гидростатическим давлением [Рожкова, 1993]. Соответственно, при увеличении давления, необходимы более высокие температуры для течения процессов превращения ОВ и его деструкции [Фомин, 2011].

Региональные карты температур осадочного чехла на всю территорию Западно-Сибирского бассейна впервые были построены в 1967 г. А.Э. Конторовичем, Ю.Г. Зиминым и Л.И. Швыдковой по данным точечных замеров пластовых температур водоносных и нефтеносных горизонтов с разбраковкой данных по степени достоверности [Конторович и др., 1967б; Зимин и др., 1972].

В последующие годы построения карт температур на эту территорию выполнялись Н.М. Кругликовым (1967, 1985), А.Э. Конторовичем (1971, 1974) А.Э. Конторовичем и И.И. Нестеровым (1975), Т.В. Дорофеевой, Б.А. Лебедевым, Т.В. Петровой (1979, 1983), А.Р. Курчиковым и Б.П. Ставицким (1981, 1987), А.Э. Конторовичем и А.Р. Курчиковым (1991), А.Р. Курчиковым (1992, 2001), В.В. Нелюбиным и О.Н. Яковлевым (1985), В.И. Ермаковым и В.А. Скоробогатовым (1986), Д.А. Новиковым (2011) и др.

Дифференцированно построенное геотермическое поле Западно-Сибирского мегабассейна находит свое отражение в температуре подземных вод в пластовых условиях, выявленных на основе прямых измерений температур в различных частях разреза осадочного чехла. В 1985 г. Н.М. Кругликов с соавторами

[Кругликов и др., 1985], используя геотермические параметры (геотермический градиент и ступень, определенные по сводным геотермограммам для отдельных месторождений и разведочных площадей) мезозойского чехла, путем экстраполяции построили геотермические карты на различные стратиграфические уровни, с учетом структурного плана (Рисунок 1.10). Согласно геотермической карте (Рисунок 1.11), положительные структуры разного порядка наиболее отчетливо оконтуриваются на картах по подошве осадочного чехла. В кровле юрского комплекса температура пластовых вод изменяется от 20-30 °С в периферийной части до 120-130 °С – в крупных впадинах и на отдельных локальных поднятиях. Диапазон изменения температур в пределах нефтегазозносного бассейна составляет 50-70 °С. На западе, в приуральской части повышенные температуры (80-100 °С) характерны для Шаимского мегавала и прилегающих к нему участков, а также находятся в пределах Краснотеннинского свода (105-125 °С). Севернее, в Березовском районе, температуры в кровле юрской водонапорной толщи становятся более умеренные – 60-80 °С [Кругликов и др., 1985].

В центральных и юго-восточных районах мегабассейна картина распределения температур выглядит достаточно мозаично. Температура изменяется от 90 °С – в Ханты-Мансийской впадине (в южной части) до 120 °С (в северной). В Юганской впадине температуры, как правило, не превышают 100 °С, а в единичных случаях достигают 115 °С [Кругликов и др., 1985]. Зона относительно пониженных температур < 90 °С приурочена к Хантейской гемиянтеклизе, где температуры закономерно снижаются в направлении уменьшения абсолютных отметок баженовского горизонта. Восточнее, в Нюрольской и Усть-Тымской впадинах, температура изменяется от 80 до 105 °С. Геотермические значения в пределах других крупных отрицательных структур (Омской, Кыштовской, Бачкарской, Тегульдетской, Пайдугинской), расположенных на окраинах мегабассейна, не превышают 70-80 °С.

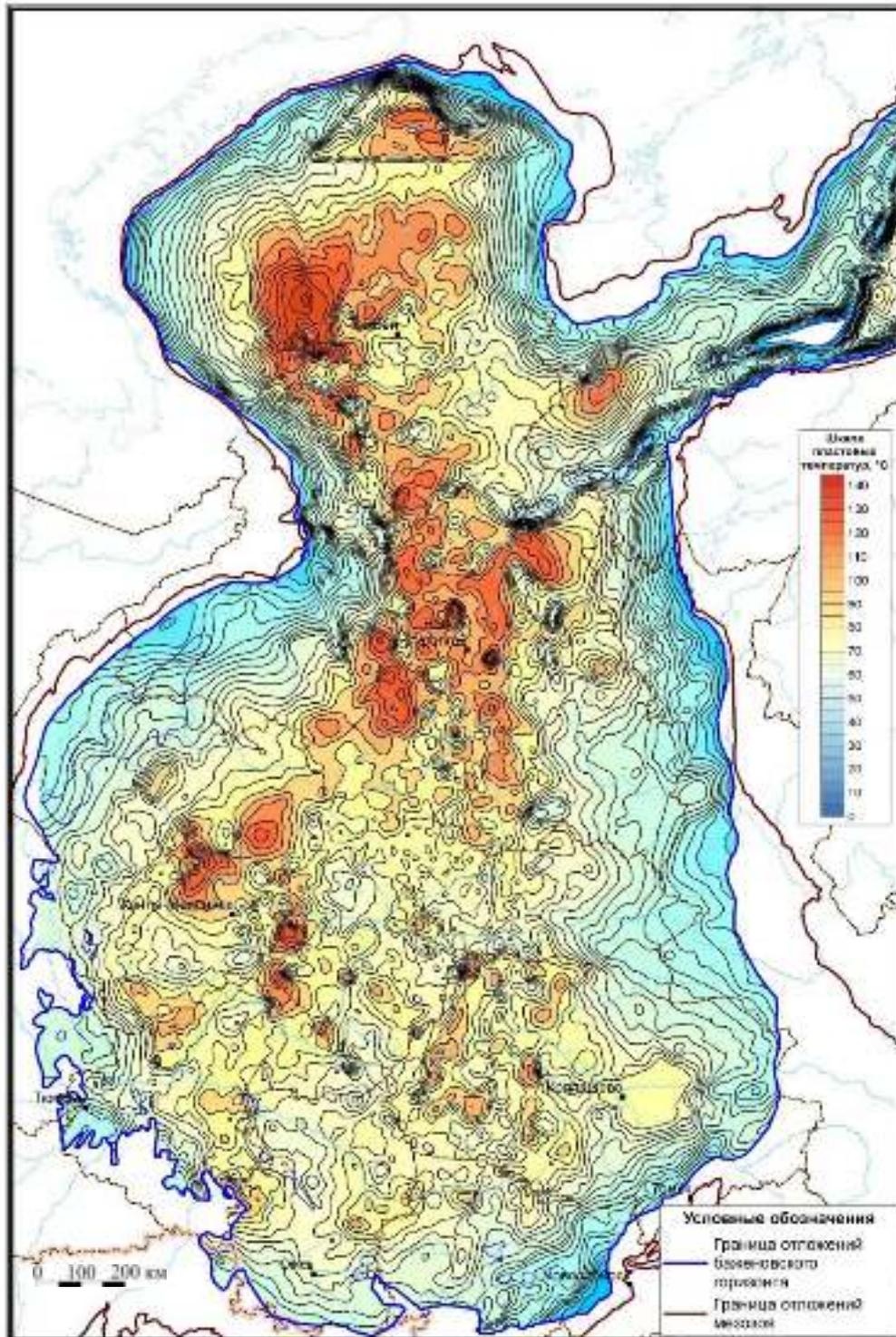


Рисунок 1.10 – Карта пластовых температур верхней части баженовского горизонта [Геологическая..., 2014-2016ф]

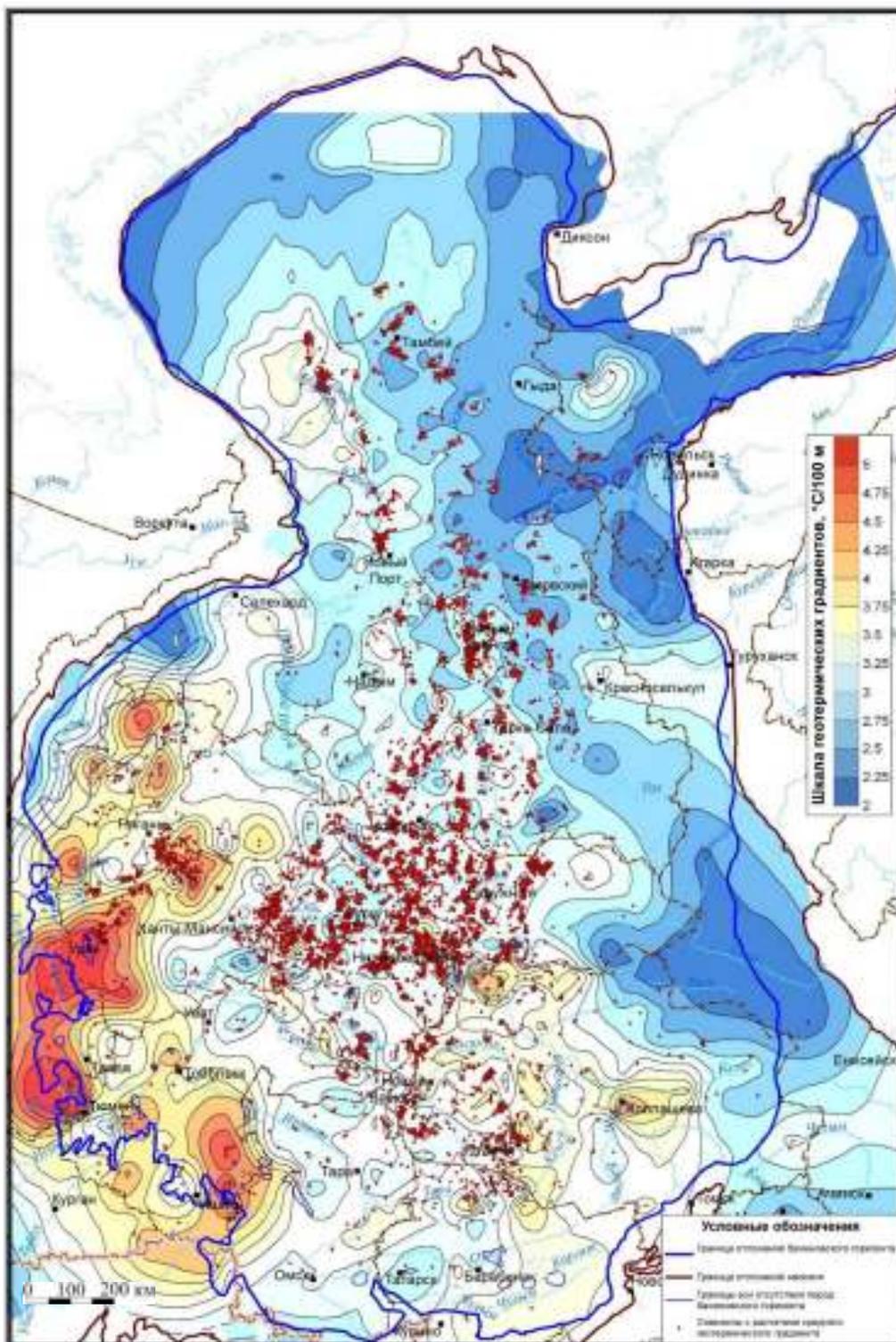


Рисунок 1.11 – Карта районирования Западно-Сибирского осадочного бассейна по величине геотермического градиента [Геологическая..., 2014-2016ф]

Температуры не ниже 90 °С характерны для южных районов Колтогорского мегапрогиба. Среди положительных структур явно оконтуривается Сургутский свод с изотермой 90 °С, южнее которого температура поднимается до 100 °С и более – в пределах Сургутско-Демьянской седловины. В районе Нижневартовского свода температуры изменяются от 90 до 110 °С. Также положительными аномалиями в южной части мегабассейна выделяются Каймысовский, Александровский своды, отдельные участки Парабельского мегавала с температурами 95-100 °С. Высокоамплитудная аномалия 115-120 °С фиксируется на Салымском, Верхнесалымском куполовидных поднятиях и на прилегающих площадях. Несколько положительных температурных аномалий находятся на отдельных локальных структурах и площадях [Кругликов и др., 1985].

Высокие температуры (более 120 °С) в кровле юрского горизонта выделяются на севере Западно-Сибирского мегабассейна в пределах следующих структур: Танловской впадины, Нижнепурпейского и Парусового мегапрогибов, в юго-западной части Большехетской впадины, в северной части Ямальского полуострова. Максимальная пластовая температура (до 140 °С) находится в пределах Южно-Карской мегавпадины. На территории локальных поднятий температуры изменяются от 65 до 110 °С. Наиболее высокая температура до 116 °С установлена в скважине 71 Восточно-Таркосалинской площади на глубине 3400 м [Кругликов и др., 1985].

Уже на начальных этапах исследования было выявлено, что изменения температур в отложениях осадочного чехла контролируются особенностями тектонического строения региона. Закономерности изменения температур в региональном плане обусловлены следующими факторами: интенсивностью теплового потока фундамента (зависит от времени, когда консолидировались отдельные его блоки); толщиной перекрывающих отложений [Конторович, Зимин, 1969]. Чем древнее возраст фундамента, тем меньше геотермический градиент в отложениях осадочного чехла и тем меньше значения теплового потока [Нефтепроизводящие..., 1967].

В 70-90 годы прошлого века изменения современных тепловых потоков были изучены разными авторскими коллективами: А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Ф.К. Салманов (1975); Б.П. Ставицкий (1987); А.Р. Курчиков, (1987, 1992); А.Д. Дучков (1979, 1985, 1987, 1994) и др. Методика оценки теплового потока опирается на анализ значений отражательной способности витринита, что согласуется с картиной распределений теплового потока, полученной на основании современного распределения температур в баженовской свите.

На основе анализа региональных закономерностей изменения теплового потока А.Э. Конторовичем с соавторами [Нефтепроизводящие..., 1967] был подтвержден сделанный ранее вывод, что на величину теплового потока существенно влияет вещественный состав пород структурных зон, слагающих фундамент Западно-Сибирской плиты. Повышенные значения теплового потока характерны для районов, где вскрыты гранитные интрузии. На площадях, где в фундаменте развиты осадочные и вулканогенные образования, существуют пониженные величины теплового потока [Конторовичи др., 1975].

По данным А.Д. Дучкова [1985], Н.М. Кругликова, [Кругликов и др., 1985], А.Р. Курчикова и Б.П. Ставицкого [Курчиков, Ставицкий, 1987; Курчиков, 2001], плотность теплового потока в пределах Западно-Сибирской плиты изменяется от 20 до 98 мВт/м² (среднее 57 мВт/м²).

Согласно исследованиям А.Р. Курчикова [Курчиков, 2001] (учтено порядка 6000 определений значений теплового потока) в пределах Западной Сибири выделяются две значительные по размерам области со значениями теплового потока менее 50 мВт/м²: первая – занимает территории, которые примыкают к восточному обрамлению Западно-Сибирской плиты, Гыданский и частично Ямальский полуостровы; вторая – находится в южной части региона. Вдоль западного обрамления плиты выявлено чередование зон высокого (более 80-90 мВт/м²) и низкого (менее 50-60 мВт/м²) теплового потока. Ранее, при меньшем количестве данных, на этой территории выделялась обширная по размерам область высокого теплового потока. Для оставшейся территории Западной Сибири характерно обособление области однородного и низкого теплового поля порядка

50-55 мВт/м² – на севере; и области сильно дифференцированных значений от 40 мВт/м² (Сургутский свод) до 85 мВт/м² (Салымский и Вартовский районы) – на юге [Курчиков, 2001].

В зонах глубинных разломов возможно возникновение геотемпературных аномалий, исчисляемых первыми миллионами лет – в случае появления дополнительных источников тепла из глубин Земли. При наличии условий, благоприятных для интенсивных вертикальных перетоков подземных флюидов, площадь распространения геотемпературной аномалии зависит от объема флюидов, проникающих по приразломным горизонтам [Курчиков, Ставицкий, 1987]. По данным М.М. Митника, температура глубинных вод становится равной фоновой уже на расстоянии первых километров от разлома. В случае группы одинаково ориентированных и близко расположенных разломов, геотермический эффект будет более значительным. На территории Западно-Сибирского бассейна превышение температур над фоновыми отмечается на некоторых площадях в зоне Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта. Незначительные увеличения величин плотности теплового потока на 1-2 мВт/м² зафиксированы в скважинах Губкинской, Уренгойской и других площадях. Согласно накопленной геологической и геотермической информации, на современное геотемпературное поле Западной Сибири значимого влияния процессы рифтообразования в раннемезозойское время не оказывают, что не исключает возможности прогрева осадочного чехла в предшествующие геологические эпохи [Курчиков, Ставицкий, 1987].

Глава 2. МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Методика исследований

В настоящей работе для изучения закономерностей распределения $C_{\text{орг}}$ в породах баженовского горизонта использовались определения $C_{\text{орг}}$, полученные при комплексировании всех методов определения $C_{\text{орг}}$: химическом, пиролитическом и определении $C_{\text{орг}}$ по результатам интерпретации ГИС, за счёт чего была значительно увеличена плотность наблюдений на площади и оценены концентрации органического углерода в разрезе изученных скважин.

Ниже приводится описание каждого метода.

2.1.1 Химический метод определения концентрации $C_{\text{орг}}$ в породах

При изучении РОВ осадочных пород и осадков, в нем выделяют следующие аналитические группы: растворимые в органических растворителях компоненты – гуминовые кислоты и битумоиды; и нерастворимые в органических растворителях компоненты ОВ – кероген [Геология и геохимия..., 2000; 2004; Богородская и др., 2005].

Гуминовые кислоты – это фракция ОВ, извлекаемая водным раствором щелочи из почв, осадков, углей и осаждаемая минеральными кислотами. Гуминовые вещества имеют темно-коричневые цвета и представляют собой высокомолекулярные полимерные соединения с высоким содержанием кислорода, серы и азота. Битумоиды – вещества, извлекаемые органическими растворителями – хлороформом, бензолом, петролейным эфиром, ацетоном, спирто-бензолом и др.

На начальном этапе для решения фундаментальных и прикладных задач нефтяной геологии, необходимым было развитие современных методов анализа в органической геохимии с использованием новейших физических и физико-химических исследований, позволяющих исследовать механизм химического преобразования ОВ в процессе диагенеза и катагенеза, установить генетические связи («маркеры») живого вещества с fossilized ОВ и нефтью,

обосновать геолого-геохимические факторы, влияющие на состав битумоидов и нефтей и др. [Конторович, 1973].

На основе схемы изучения нерастворимого ОВ (керогена), разработанной в 50-70-е годы прошлого века В.А. Успенским с соавторами [1958; 1966; 1973; и др], в СНИИГГиМСе был разработан рациональный комплекс современных методов анализа в органической геохимии с учетом достижений отечественных и зарубежных лабораторий в области изучения объектов органической геохимии. Схема исследования рассеянного органического вещества (Рисунок 2.1), предложенная в 1973 г. А.Э. Конторовичем [1973], позволяет с максимальной детальностью изучать органическое вещество и нефти.

Прямое химическое определение концентраций $C_{орг}$ в породе, содержащей повышенное количество карбонатов, невозможно, поскольку при проведении анализа карбонатный углерод регистрируется прибором одновременно с органическим углеродом. В связи с этим, подлежащий изучению материал предварительно декарбонатируется посредством кислотной обработки. Поскольку определение углерода производится обычно путём сжигания в трубчатых печах, декарбонатизация породы осуществляется в порядке отдельной операции и анализу подвергается полученный нерастворимый остаток.

Таким образом, ход анализа при определении общего содержания органического вещества состоит из следующих операций:

- декарбонатизация породы (получение нерастворимого остатка);
- определение в полученном нерастворимом остатке количества $C_{орг}$;
- пересчет определённых в процессе анализа значений $C_{орг}$ на ОВ.

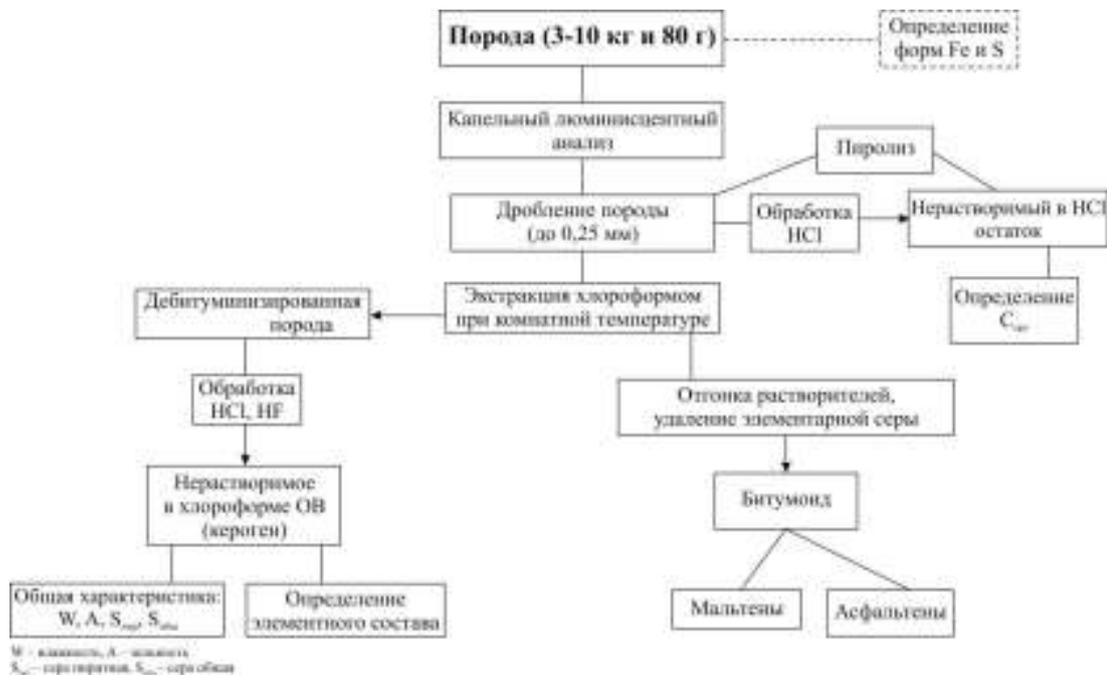
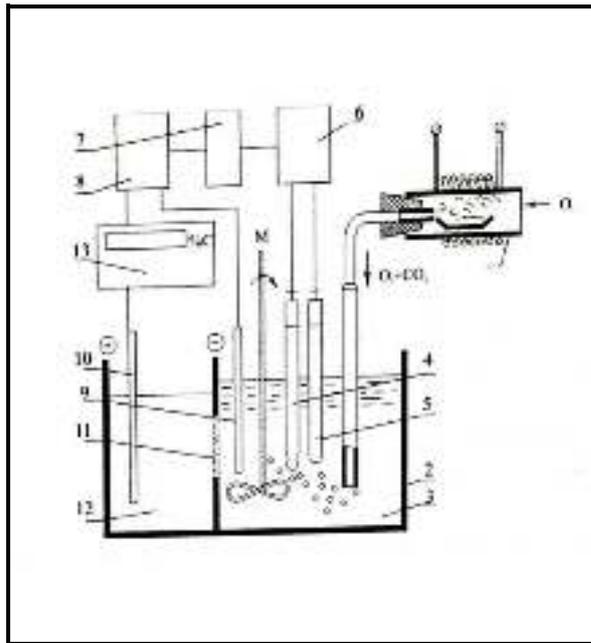


Рисунок 2.1. – Схема исследования рассеянного органического вещества в ИНГГ СО РАН [Борисова и др., 2011]

Рекомендуется определять общее содержание органического углерода, для чего от подлежащей экстрагированию породы отквартовывается часть ее в количестве порядка 30 г, которая подвергается разложению.

Измельчённая и просеянная сквозь сито (0.25 мм) порода хорошо перемешивается, после чего навеска породы поступает на кислотную обработку. Содержание органических веществ определяют по содержанию углерода $C_{орг}$, определяемому по количеству выделившегося при сжигании углекислого газа CO_2 .

Методика работы на газоанализаторе ГОУ-1 описана в соответствующих руководствах: «Руководство по химическому анализу почв» [Аринушкина, 1970], «ГОСТ 23740-79 Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ» [ГОСТ..., 1979], «Руководство по анализу битумов и рассеянного органического вещества горных пород (для лабораторий геологоразведочных организаций)» [Руководство..., 1966]. Рекомендуемый метод можно использовать также и на других приборах, в которых определение содержания $C_{орг}$ производится сжиганием проб в токе кислорода (экспресс-анализатор на углерод АН-7529 (Рисунок 2.2), СНН – анализаторы разных типов, установки для микроанализа и др.).



- 1 – трубчатая печь;
- 2 – электролитическая ячейка;
- 3 – поглотительный раствор;
- 4 – измерительный электрод;
- 5 – вспомогательный электрод;
- 6 – высокоомный усилитель рН-метра;
- 7 – преобразователь;
- 8 – стабилизатор тока;
- 9 – катод;
- 10 – анод;
- 11 – проницаемая для тока перегородка;
- 12 – вспомогательный раствор;
- 13 – интегратор тока (пересчетное и индикаторное устройство);
- М – мешалка.

Рисунок 2.2 – Схема экспресс-анализатора АН-7529 для определения $C_{орг}$ [Конторович, 1973]

2.1.2 Пиролитический метод определения концентрации $C_{орг}$ в породах (определение $C_{орг}$ методом пиролиза Rock-Eval)

В 80-е годы XXI века, одновременно с проведением комплексных анализов пород нефтегенерирующих толщ по углубленной схеме, позволяющей определять концентрацию ОВ, генетический тип органического вещества, стадию катагенеза, изучать состав керогена и битуминозных компонентов, широкое распространение приобрел пиролитический метод, дающий оценку генетического потенциала породы. Методика и практические результаты пиролиза подробно рассмотрены в работах Дж. Эспиталье с соавторами [Espitalie et al., 1980], Б. Тиссо и Д. Вельте [Tissot et al., 1984], Н.В. Лопатина, Т.П. Емец [1987], В.Н. Меленевского [1985, 1991], [Bordenave, 1993; Эспиталье и др., 1994] и др. На погрешность измерения выхода УВ при проведении пиролиза влияет абсолютное содержание УВ в исследуемом образце. Чем меньше концентрация УВ, тем больше погрешность. Погрешность измерения изменяется в диапазоне 15-20 % [Меленевский, 1985].

Метод пиролиза, по сравнению со стандартными физическими и химическими методами диагностики ОВ (экстракция + хроматография), позволяет

с помощью автоматизированной системы анализа породного образца экспрессно получать результаты (длительность аналитического цикла составляет около $\frac{1}{2}$ часа), используемые для оценки перспектив нефтегазоносности исследуемого района, в том числе и непосредственно на скважине во время бурения без применения дорогостоящих методов анализа. Помимо этого, в составе углеводородных соединений могут находиться низкомолекулярные гомологи (ниже C_{10}), которые обычно улетучиваются при испарении растворителя [Конторович и др., 1986; Меленевский, 1991].

Современный пиролизатор (Rock-Eval 6) содержит две помещенные в печи, нагреваемые до $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ ячейки, в которые последовательно автоматически помещается в керамическом или металлическом тигле исследуемая проба, термопары, контролирующие температуру нагрева исследуемого образца. В ячейку, где происходит пиролиз, подается непрерывно во время ее работы инертный газ (азот, гелий или аргон), во вторую ячейку, где происходит окисление органического вещества, подается воздух.

На выходе первой ячейки стоит генератор водорода и пламенно-ионизационный детектор (ПИД) для определения массы проходящих через нее в инертном газе углеводородов. В блоке ПИД в водородно-кислородном пламени происходит ионизация органических соединений. Измеряемый в детекторе ионный ток прямо пропорциональный массовой доле углеводородов в пробе.

На входе второй ячейки стоит баллон высокого давления с газом окислителем, а на выходе стоит инфракрасный (ИК) детектор, который позволяет определять объемное количество проходящего через ячейку CO_2 . В блок ИК-детектора углеводороды пиролиза подаются инертным газом.

Анализ пробы осадочной породы методом Rock-Eval делится на пиролизную и окислительную фазы.

В современных пиролизаторах (пиролизная фаза) исследуемая проба породы помещается в керамический тигель, нагревается в специальной ячейке в атмосфере инертного газа (азота, гелия, аргона) до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ и находится при этой температуре 3 мин. На этом допиролизном этапе из образца выделяются в качестве летучих

продуктов образованные в диагенезе и катагенезе, находящиеся в поровом пространстве свободные, а также абсорбированные и адсорбированные углеводороды (C_8-C_{35}), смолы и значительная часть наиболее подвижных асфальтенов. Их масса определяется пламенно-ионизационным детектором и регистрируется как пик S_1 . В первом приближении пик S_1 характеризует содержание битумоидов в образце (исключая часть фракции асфальтенов).

Далее по программе, происходит нагрев температуры образца от $300\text{ }^\circ\text{C}$ до $580\text{ }^\circ\text{C}$ и крекинг содержащегося в нем органического вещества. Масса образующихся при крекинге (пиролизная фаза) углеводородов также фиксируется пламенно-ионизационным детектором как пик S_2 . Пик S_2 характеризует остаточный генерационный потенциал органического вещества. Одновременно выделяются образующиеся при крекинге дебитуминизированного органического вещества органические по источнику неуглеводородные летучие компоненты CO_2 , NH_3 и H_2S . Получаемый CO_2 аккумулируется в отдельной ловушке и затем подается в блок инфракрасного детектора. В ряде работ его значение обозначают как пик S_3 .

После завершения крекинга в инертной среде оставшаяся часть пробы превращается в твердый углеродистый остаток и золу в виде минеральной части породы.

Далее оставшаяся в керамический тигле твердая часть пробы автоматически переводится во вторую печь, в которой углеродистый остаток пробы сжигается при той же температуре $580\text{ }^\circ\text{C}$ в потоке воздуха (окислительная фаза) и углерод углеродистого остатка окисляется до CO_2 . Образующейся в окислительной ячейке CO_2 также подается в блок инфракрасного детектора NDIR – недисперсионного инфракрасного датчика, сравнительно простого, но очень точного оптического прибора. Определяемое значение количества CO_2 обозначается как пик S_4 .

Максимальная температура крекинга и окислительной фазы деструкции углеродистого остатка не должна превышать $600\text{ }^\circ\text{C}$, чтобы не вызвать термической деструкции карбонатов, содержащихся в пробе. Оставшаяся часть пробы представляет собой золу, полностью потерявшую органический углерод.

Весь анализ пробы, включая пиролизную и окислительную фазы, длится 20 мин.

Выделившиеся из пробы продукты пиролиза при помощи тока азота переносятся из печи в детектор ПИД и в блок ИК-детекторов.

Входящий в прибор, как составная часть, компьютер позволяет автоматически определять параметры S_1, S_2 – в мг УВ/г породы, S_3, S_4 – в мг CO_2 /г породы.

Зная эти параметры, легко определить значение $C_{орг}$:

$$C_{орг}, \% = 0.1 \cdot [0.082 \cdot (S_1 + S_2) + 0.27 \cdot (S_3 + S_4)].$$

2.1.3 Определение концентрации $C_{орг}$ в породах по данным ГИС с использованием гамма-каротажа

При недостатке аналитических данных, в связи с редким отбором керна, в высокорadioактивных нефтегазоматеринских толщах, к которым относится и баженовская свита, применяется метод определения $C_{орг}$ по данным ГИС. С помощью этого метода можно значительно детализировать карты распределения $C_{орг}$ при оценке масштабов генерации УВ в высокоуглеродистых толщах.

По данным спектрометрического каротажа основной вклад (до 80-90%) в естественную радиоактивность пород баженовской свиты вносит уран, содержание которого зависит от концентрации ОВ в породах. К окраинам бассейна возрастает доля тория и калия, что связано с увеличением глинистой составляющей в разрезе [Плуман, 1971, 1975; Хабаров и др., 1980; и др.].

В основе метода определения концентрации $C_{орг}$ по данным ГИС в высокорadioактивных породах находится зависимость содержания $C_{орг}$ от значений гамма-активности пород по радиоактивному каротажу. В некоторых работах используется зависимость содержаний $C_{орг}$ от значений и других видов каротажа, таких как БК, КС, АК и т.д., что отражено в большом количестве публикаций зарубежных и отечественных авторов.

Выявлением корреляционной связи органического углерода и значений каротажа (в основном, гамма-картаж) в высокоуглеродистых нефтематеринских формациях для бассейнов Европы, Америки и Азии, начиная с 1945 г., занимались в разное время ученые США: R.F. Beers (1945), Т. Бейтс, Э. Строл (1959), V.E. Swanson (1960), J.W. Schmoker (1981); Советского Союза: И.И. Плуман (1971-1977), Н.П. Запивалов, (1977), В.В. Хабаров (1980), В.И. Москвин (1984), Ф.Г. Гурари (1988); Германии: U.I. Mann (1986); Франции: A.L. Curial, R. Moretto (1988); США: Q.R. Passey (1990); Китая: Yaocen Chen (1996); России: Гавшин В.М., Конторович В.А. (2002); Канады: D.R. Issler (2002); России: Глинских В.Н., Павлова М.А. (2012), и др.

Первоначально, в 60-е годы прошлого века, построение карт распределения концентраций органического углерода в породах осадочного бассейна Западной Сибири проводилось только на основе данных аналитических определений по керну. На существование тесной корреляционной связи между содержанием урана и органического углерода в баженовской свите впервые обратил внимание И.И. Плуман в 1971 г. Им были предприняты первые попытки построения карт распределения $C_{орг}$ с привлечением радиоактивного каротажа и зависимости «кern – ГИС» [1971; 1975]. Используя данные гамма-каротажа по более, чем 200 глубоким скважинам и зависимость «кern – ГИС», И.И. Плуманом была построена схема распределения $C_{орг}$ в породах баженовской свиты для центральных районов Западной Сибири. В результате этого были подтверждены данные Ф.Г. Гурари, Н.П. Запивалова, А.Э. Конторовича, И.И. Нестерова, А.С. Фомичева и др., что концентрации $C_{орг}$ уменьшаются от центральных районов баженовского палеобассейна к периферии [Плуман, 1971, 1976; Плуман, Запивалов, 1977].

Учитывая опыт И.И. Плумана, в 80-е годы прошлого века для оценки содержания органического углерода в породах баженовской свиты этот метод использовали В.В. Хабаров [Хабаров и др., 1980; Хабаров, Первухина, 1989], Ф.Г. Гурари и В.И. Москвин [Гурари и др., 1988], а в начале XXI века – В.А. Конторович [2002]. При разработке способов выявления коллекторов в разрезе баженовской свиты по данным аналитических определений по керну и ГИС

П.С. Куляпин и Т.Ф. Соколова [2015] выполнили оценку содержания органического углерода с помощью интерпретации обширных данных ГИС. Помимо гамма-каротажа, в породах баженовской свиты на территории Салымского месторождения, Красноленинского и Сургутского сводов эти исследователи использовали нейтронный и боковой каротаж (НК + БК) по методу К. Пасси [Passey et al., 1990] и плотностной гамма-гамма каротаж, акустический и боковой методы каротажа (ГГК-П + БК или АК + БК) по методу Д. Айслера [Issler et al., 2002].

В 2012 г. в ИНГГ СО РАН под руководством А.Э. Конторовича при изучении баженовской свиты по данным скважин Салымского района В.Н. Глинских и М.А. Павловой были проанализированы связи аналитических определений $S_{орг}$ по керну со всеми имеющимися видами каротажа в скважинах. В результате наилучшей сходимости результатов была найдена зависимость «кern – ГИС» от двух видов каротажа – от совместных показаний ГК и БК и только от ГК.

В настоящей работе за основу для построения уравнения связи «кern – ГИС» автором была принята зависимость значений $S_{орг}$ от значений естественной радиоактивности по ГК, выявленная в ИНГГ СО РАН, т.к. в материалах ГИС большинства скважин глубокого бурения, вскрывших баженовский горизонт, присутствует ГК, в отличие от каротажа БК, который в электронном банке данных ИНГГ СО РАН представлен менее, чем в 40 % скважин. Однако в ходе выполнения исследования стало очевидно, что уравнения связи «кern – ГИС» на разных территориях распространения баженовского горизонта не остаются постоянными. В связи с этим, после предварительной увязки данных керна и ГИС (ниже, в п. 2.1.4, приводится детальное описание методики увязки керна к геофизическим исследованиям), автором было построено порядка 30 корреляционных уравнений зависимости между содержанием $S_{орг}$ (%) и γ -активностью (мкР/ч):

$$S_{орг} = a \cdot \gamma + b,$$

где a и b – параметры, значения которых определены по выборке лабораторных определений $S_{орг}$ в керне и замеров по гамма-каротажу.

В результате анализа полученных данных были выбраны эталонные скважины (Рисунок 2.3) с максимально возможным (для этой скважины)

коэффициентом корреляции между $C_{орг}$ – аналитическое и $C_{орг}$ – измеренное на диаграмме, полученной с помощью зависимости от значений ГК. В таблице 2.1 приводятся основные результаты статистической обработки исходной информации.

Таблица 2.1 – Сводные показатели зависимости $C_{орг} = a \cdot \gamma + b$ «кern – ГИС» в эталонных скважинах

№ п.п.	Скважина	а	в	R ^{2*}	n**
1	Горшковская 1017	0.17	0.35	0.70	21
2	Салымская 2802	0.23	3.09	0.79	21
3	Малобалыкская 901	0.19	1.17	0.91	26
4	Чупальская 67	0.22	4.08	0.70	24
5	Эниторская 971	0.20	3.16	0.60	32
6	Столбовая 84	0.20	0.82	0.89	9
7	Толпаровская 2	0.21	- 0.04	0.65	15
8	Западно-Квензерская 4	0.14	2.30	0.61	19
9	Среднеюлжавская 10	0.37	- 2.22	0.78	18
10	Ракитинская 4	0.19	1.31	0.78	14
11	Боровая 8	0.14	2.09	0.68	10

*R² – коэффициент детерминации.

**n – количество лабораторных определений $C_{орг}$ в керне, по которым оценивались параметры зависимости.

Всего в работе использовано 11 корреляционных уравнений по эталонным скважинам: Горшковская 1017, Салымская 2802, Малобалыкская 901, Чупальская 67, Эниторская 971, Столбовая 84, Толпаровская 2, Западно-Квензерская 4, Среднеюлжавская 10, Ракитинская 4, Боровая 8.

Первой особенностью методики в настоящей работе явилось то, что зависимости «кern – ГИС» строились для всей совокупности значений $C_{орг}$ в каждой скважине, хорошо охарактеризованной керном с аналитическими данными, и значениями радиоактивности по данным гамма-каротажа. Это позволило изучить распределение $C_{орг}$ во всем разрезе.

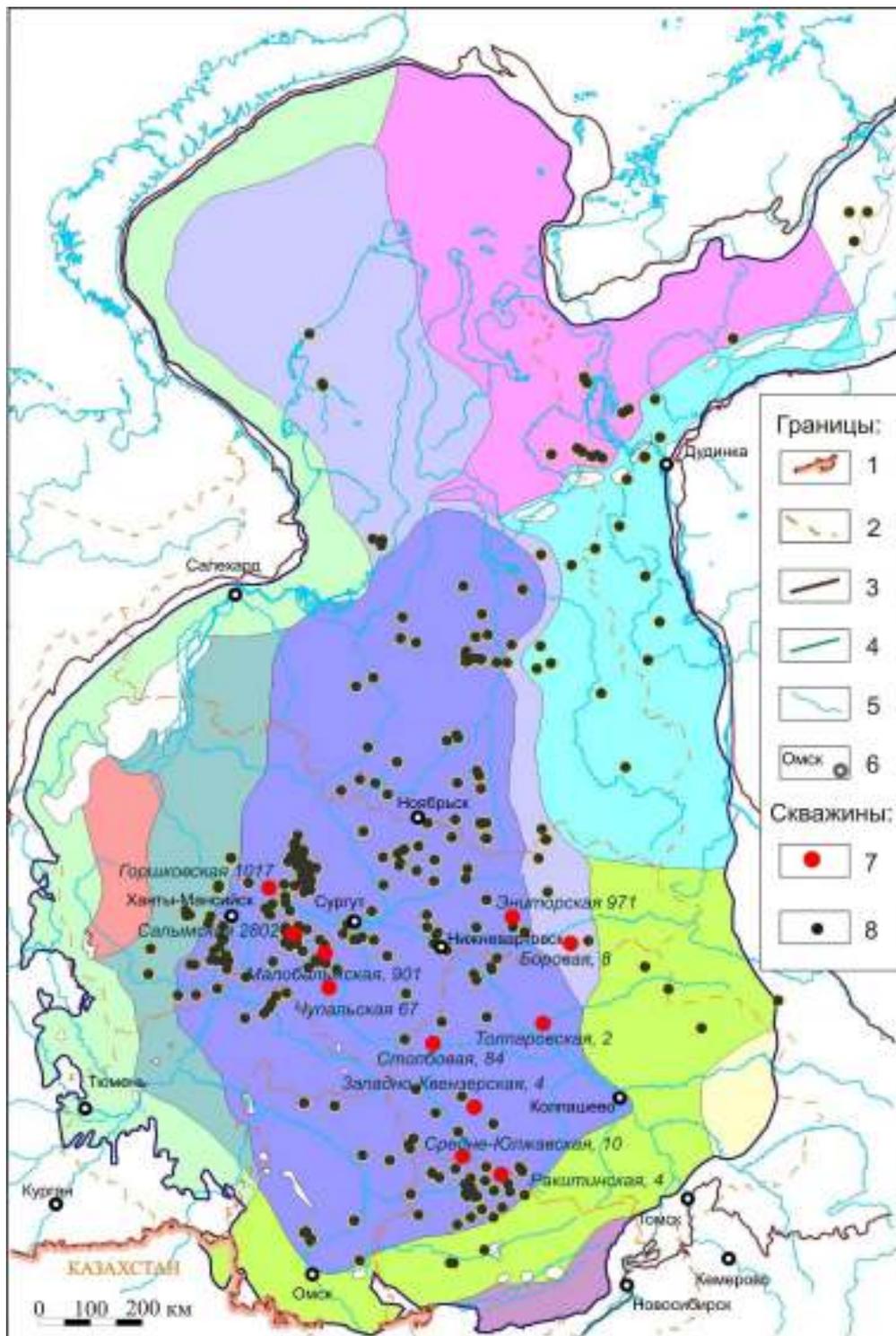


Рисунок 2.3 – Карта со скважинами с аналитическими определениями $S_{орг}$ и с построенными корреляционными зависимостями «кern – ГИС»

Условные обозначения: 1–4 – границы: 1 – государственная; 2 – административная; 3 – распространения отложений мезозоя; 4 –площадного распространения верхнеюрских отложений. 5 – гидросеть; 6 – населенные пункты; 7-8 – скважины: 7 – с аналитическими определениями $S_{орг}$; 8 – эталонные с зависимостями «кern – ГИС» по типовым разрезам.

Далее осуществлялось районирование территории (Рисунок 2.4) по типу зависимости «кern – ГИС» на литолого-фациальные зоны с учётом вида каротажных диаграмм и толщин волжско-раннеберриасских отложений. В каждом районе применялась зависимость, выявленная по эталонной скважине. Это предопределило вторую особенность методики определения $C_{орг}$ в породах баженовской свиты, использованной автором: для разных литолого-фациальных зон баженовского горизонта строились индивидуальные зависимости «кern – ГИС». Важным примечанием является то, что линейная связь « $C_{орг}$ – радиоактивность пород» имеет место при концентрации $C_{орг}$ больше 5 %. Для остальной территории (Рисунок 2.4) построение карт выполнялось методом интерполяции по тренду аналитических данных (желтая краска на схеме районирования).

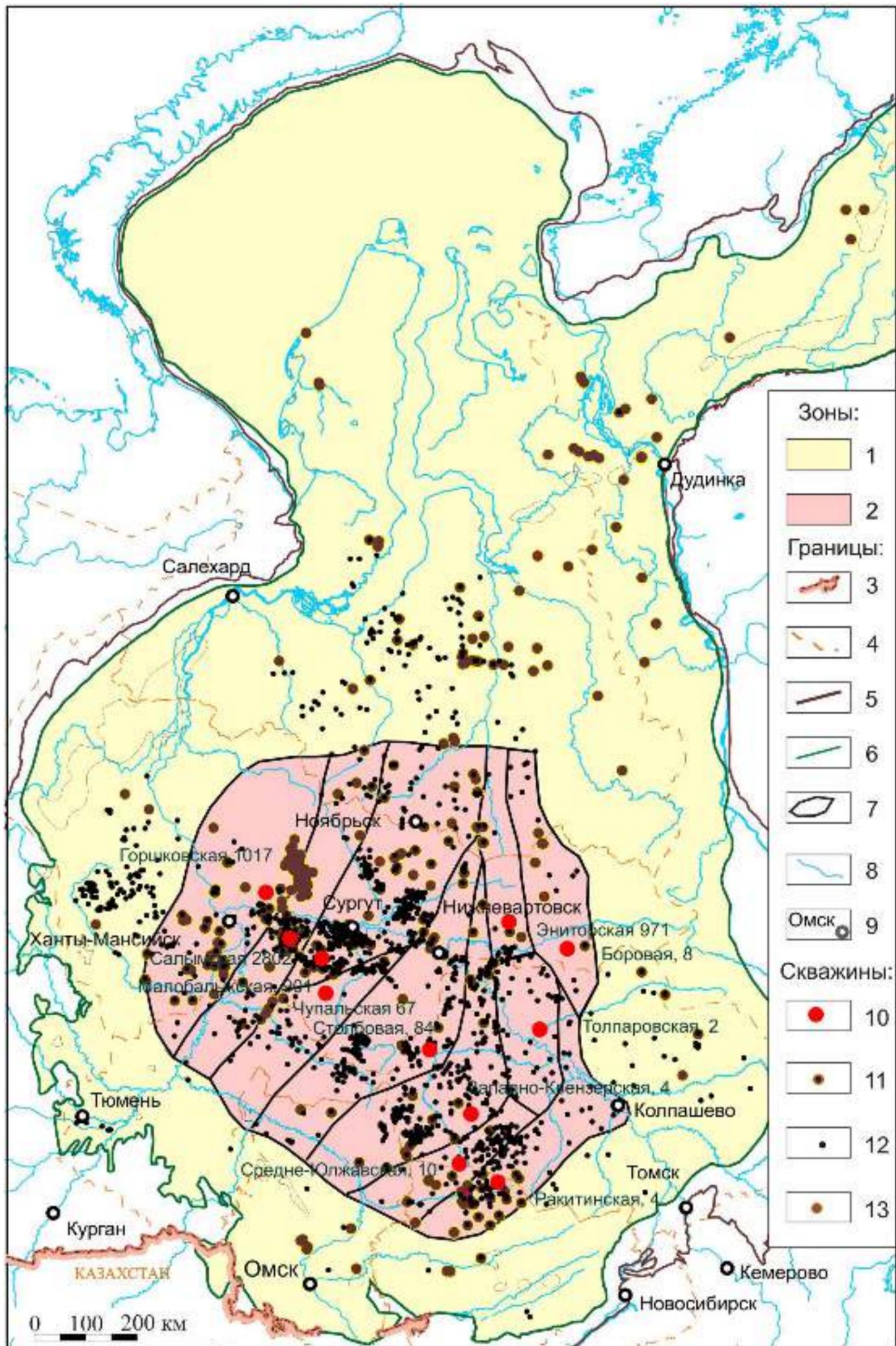


Рисунок 2.4 – Районирование территории Западно-Сибирского осадочного бассейна по методике построения карт содержания C_{org} в породах баженовского горизонта

Условные обозначения: 1–2 – зоны: 1 – построение с использованием интерполяции данных лабораторных измерений; 2 – построение с использованием данных лабораторных измерений и ГИС. 3–7 – границы: 3 – государственная; 4 – административная; 5 – площадного распространения осадочного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы; 6 – площадного распространения отложений баженовского горизонта; 7 – участков (зон), на которых определения C_{org} в разрезе баженовского горизонта выполнялись с использованием находящихся на них эталонных скважин. 8 – гидросеть; 9 – населенные пункты; 10–13 – скважины: 10 – с аналитическими определениями C_{org} , данными ГИС и построенными зависимостями «кern – ГИС» (эталонные); 11 – с аналитическими определениями C_{org} и данными ГИС (определения C_{org} в разрезе выполнены по эталонным зависимостям «кern – ГИС» с коррекцией по результатам аналитических определений); 12 – с данными ГИС, аналитические определения C_{org} отсутствуют (определения C_{org} в разрезе выполнены по эталонным зависимостям «кern – ГИС»); 13 – с аналитическими определениями C_{org} , данные ГИС отсутствуют.

2.1.4 Методика увязки керна к геофизическим исследованиям «кern – ГИС»

Первым этапом построения корректной геологической модели любого геологического объекта является задача увязки керновых определений и материалов ГИС, поскольку наиболее надежную информацию об изменении свойств керна можно получить, только изучая образцы керна, а наиболее полную – результаты ГИС. Коллекция керна, используемая для формирования петрофизической модели разреза (скважины), должна в полной мере описывать изучаемый разрез по набору эталонных скважин с определенными зависимостями «кern – ГИС» по вертикали. При выполнении петрофизической настройки данных геофизических исследований скважины проводится сопоставление этих данных с определениями, полученными по керну, для единой литолого-фациальной зоны, чтобы выявить изменение корреляционной связи «кern – ГИС» по площади. При сравнении результатов непрерывной интерпретации данных геофизических исследований скважины увязка определений по керну должна проводиться поточечно [Изотова, Сорока, Пуш, 1981; Кузнецова, 2017].

Согласно Требованиям к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов нефти и горючих газов (Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 28 декабря 2015 г. № 564) в раздел «Физико-литологическая характеристика коллекторов продуктивных пластов и покрышек по результатам исследования керна» включаются разделы, описывающие методику и результаты привязки керна к разрезу скважины путем сравнения диаграммы одного из геофизических методов с результатами измерений по керну (например, диаграмм ГК-каротажа с результатами измерения радиоактивности на образцах керна). При этом нужно иметь в виду, что качество увязки данных керна и ГИС существенно понижается при низком выходе керна, редкой плотности образцов керна и без проведения профильных замеров на полноразмерном керне [Методические рекомендации..., 2003; Кузнецова, 2017]. Именно эта ситуация имеет место в случае решаемой нами задачи, когда привязка керна по латерали осуществляется по поисковым, разведочным и, только отчасти, по параметрическим скважинам, с низким, как

правило, выходом керна. Тем не менее, реализуемый ниже подход позволяет построить с приемлемой для количественной оценки перспектив точностью численные модели пространственного распределения значений $C_{орг}$ в баженовском горизонте.

Ниже приведены основные методические приемы по увязке данных аналитических определений по керну к диаграммам гамма-каротажа.

Привязка керна к геофизическим кривым должна осуществляться согласно глубине отбора керна. Необходимо понимать, что привязка параметров, измеренных на керне, должна, но не может строго отвечать значениям тех же параметров геофизических кривых с точностью до метода эксперимента. При этом необходимо осуществлять контроль за сопоставлением значений определяемых параметров и вида каротажных кривых. Опыт подобных оценок показывает, что систематическое смещение отбора керна и отобранных образцов может достигать 2 м [Изотова, Сорока, Пуш, 1981].

При привязке керна к ГИС также возможна систематическая ошибка до 2 м. Если установлено такое несоответствие, то допускается перемещать по вертикали на диаграмме ГИС керн выше или ниже указанных отметок отбора керна, если образ диаграммы определенного по керну значения не соответствует образу диаграммы ГИС в соответствующем интервале отметок, или значение этого параметра не совпадает со значением геофизического параметра в указанных отметках глубин. Такое перемещение возможно лишь при изучении литологического описания керна и соответствии параметра по керну и по ГИС [Изотова, Сорока, Пуш, 1981; Кузнецова, 2017].

Одной из причин погрешности в определении отметок глубин керна может быть ошибка при промере бурильных труб. Такая погрешность обычно не превышает 2 м. Погрешность в значениях глубин границ пластов из-за растяжки кабеля может также составлять ± 2 м. Таким образом, возможные отклонения глубины отбора керна от глубины соответствующего ему пласта на диаграмме ГИС не должны превышать ± 4 м [Изотова, Сорока, Пуш, 1981].

Следует также отметить, что в случае, когда вынос керн неполный (менее 100 %-го выноса керн из интервала и, особенно, \ll 100 %-го выноса керн) допускается разделять образцы керн с целью их лучшей привязки к геофизическим кривым. Однако, если величина параметра, определенного по ГИС, в процессе увязки, не соответствует величине параметра, определенного на керне, и отличие значений этих параметров превышает точность методов, образец керн отбраковывают и не используют его в последующих исследованиях. Поскольку керн в процессе бурения отбирается последовательно, то образцы керн нельзя перемешивать [Изотова, Сорока, Пуш, 1981].

Примеры такой привязки керн и замеров ГИС, применённых в работе, приведены ниже. Для каждой эталонной скважины (Рисунок 2.3) приводится набор полученных параметров:

- Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты (см. Рисунок 2.5, Рисунок 2.7, Рисунок 2.9, Рисунок 2.12, Рисунок 2.13, Рисунок 2.15, Рисунок 2.17, Рисунок 2.19, Рисунок 2.21, Рисунок 2.23, Рисунок 2.25);
- Диаграмма зависимости «керн – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС (см. Рисунок 2.6, Рисунок 2.8, Рисунок 2.10, Рисунок 2.11, Рисунок 2.14, Рисунок 2.16, Рисунок 2.18, Рисунок 2.20, Рисунок 2.22, Рисунок 2.24, Рисунок 2.26);
- Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керн – ГИС» (см. Таблица 2.2, Таблица 2.3, Таблица 2.4, Таблица 2.5, Таблица 2.6, Таблица 2.7, Таблица 2.8, Таблица 2.9, Таблица 2.10, Таблица 2.11. Таблица 2.12).

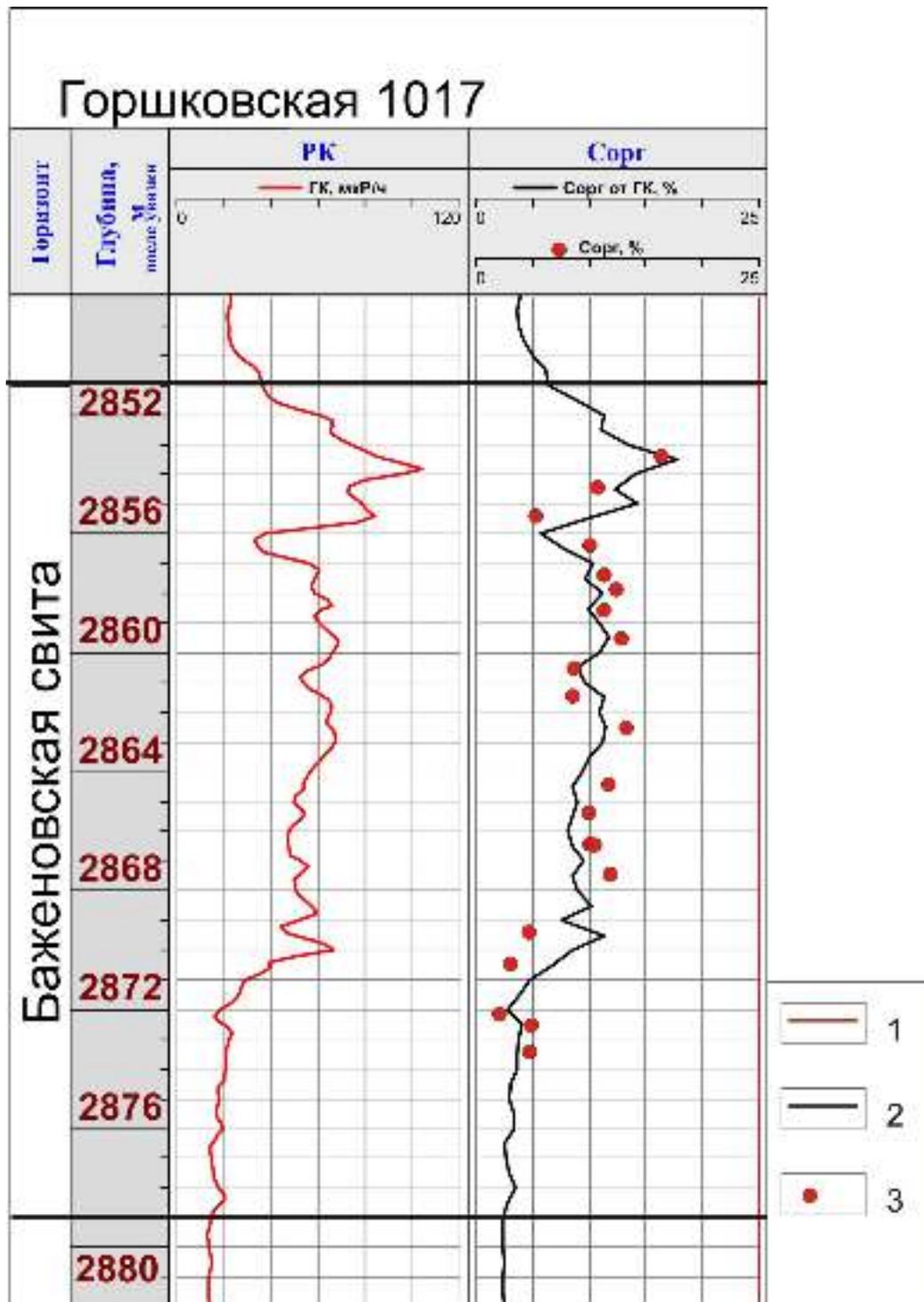


Рисунок 2.5 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Горшковская 1017

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений $C_{орг}$ от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения $C_{орг}$ в породах, определённые аналитически.

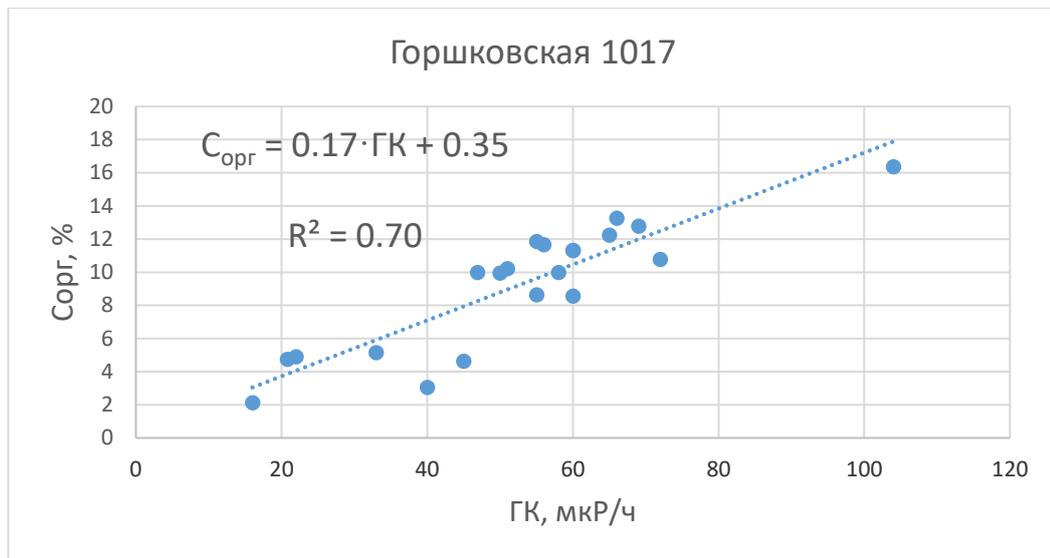


Рисунок 2.6 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{\text{орг}}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Горшковская 1017

Таблица 2.2 – Значения содержаний $C_{\text{орг}}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «кern – ГИС» в скв. Горшковская 1017

№ п.п.	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{\text{орг}}$ аналитическое, %	Содержание $C_{\text{орг}}$ по ГИС, %	$\Delta C_{\text{орг}}$, %
1	2853.4	104.0	16.4	17.0	0.6
2	2854.4	72.0	10.8	12.2	1.4
3	2855.4	33.0	5.2	10.6	5.5
4	2856.4	58.0	10.0	6.8	-3.2
5	2857.4	60.0	11.3	9.9	-1.4
6	2857.9	65.0	12.2	10.9	-1.3
7	2858.5	60.0	11.3	10.1	-1.2
8	2859.5	69.0	12.8	11.7	-1.1
9	2860.5	55.0	8.7	9.1	0.4
10	2861.5	60.0	8.6	11.2	2.6
11	2862.5	66.0	13.3	11.3	-2.0
12	2864.4	56.0	11.7	9.1	-2.6
13	2865.4	50.0	10.0	8.8	-1.2
14	2866.4	46.9	10.0	8.4	-1.6
15	2866.4	51.0	10.2	8.6	-1.6
16	2867.4	55.0	11.9	8.9	-3.0
17	2869.4	45.0	4.6	10.1	5.5
18	2870.4	40.0	3.1	7.5	4.5
19	2872.1	16.0	2.1	3.2	1.1
20	2872.5	22.0	4.9	4.1	-0.8
21	2873.4	20.8	4.8	3.6	-1.2
		сумма	193.6	193.1	-0.5
		среднее	9.2	9.2	0

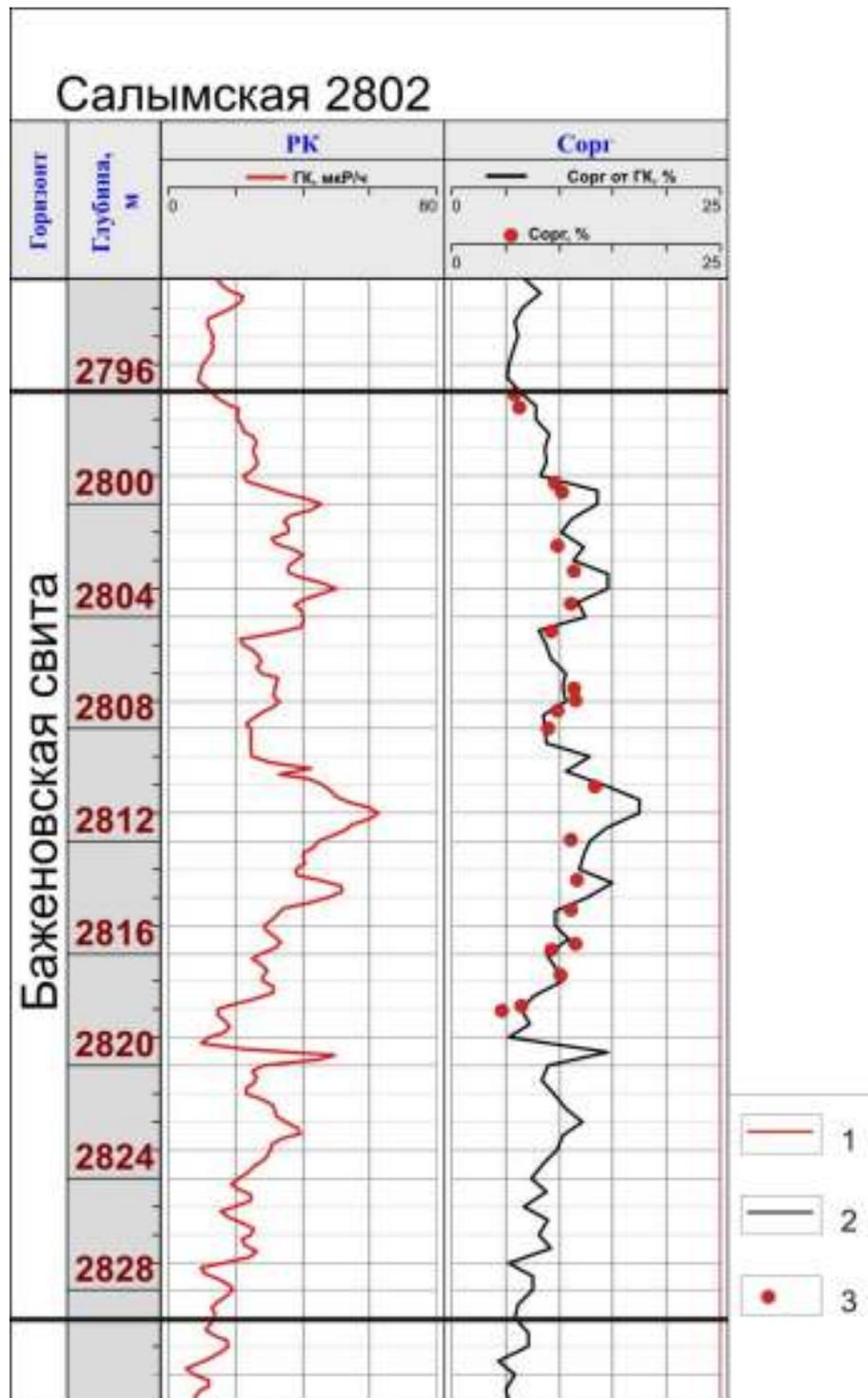


Рисунок 2.7 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Салымская 2802

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений $C_{орг}$ от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения $C_{орг}$ в породах, определённые аналитически.

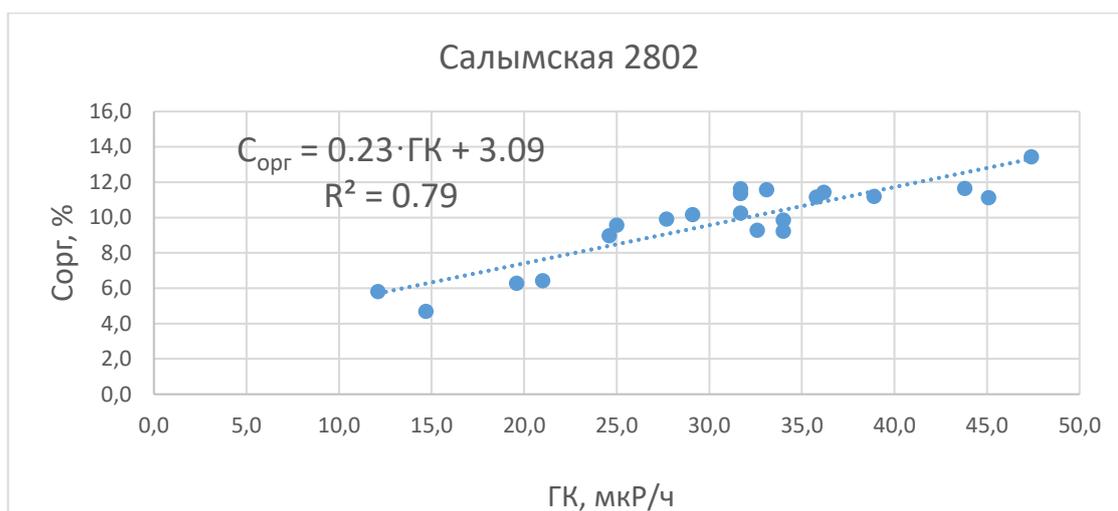


Рисунок 2.8 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{\text{орг}}$ от значений γ - активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Салымская 2802

Таблица. 2.3 – Значения содержаний $C_{\text{орг}}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «кern – ГИС» в скв. Салымская 2802

№ п.п.	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{\text{орг}}$ аналитическое, %	Содержание $C_{\text{орг}}$ по ГИС, %	$\Delta C_{\text{орг}}$, %
1	2796.0	12.1	5.8	6.6	0.8
2	2796.5	19.6	6.3	7.8	1.5
3	2799.2	25.0	9.6	11.6	2.0
4	2799.5	31.7	10.3	13.3	3.0
5	2801.4	34.0	9.9	11.9	2.0
6	2802.3	36.2	11.4	13.4	2.0
7	2803.5	38.9	11.2	11.7	0.5
8	2804.5	34.0	9.2	8.1	-1.1
9	2806.5	31.7	11.4	10.6	-0.8
10	2806.9	31.7	11.6	10.3	-1.3
11	2807.3	27.7	9.9	8.7	-1.2
12	2807.9	24.6	9.0	8.7	-0.3
13	2810.0	47.4	13.4	14.2	0.8
14	2811.9	45.1	11.1	12.8	1.7
15	2813.3	43.8	11.7	14.0	2.4
16	2814.4	35.8	11.2	9.8	-1.4
17	2815.6	33.1	11.6	10.2	-1.4
18	2815.8	32.6	9.3	10.1	0.8
19	2816.7	29.1	10.2	10.1	-0.1
20	2817.8	21.0	6.4	7.1	0.7
21	2818.0	14.7	4.7	6.7	2.0
		сумма	205.2	217.7	12.5
		среднее	9.8	10.4	0.6

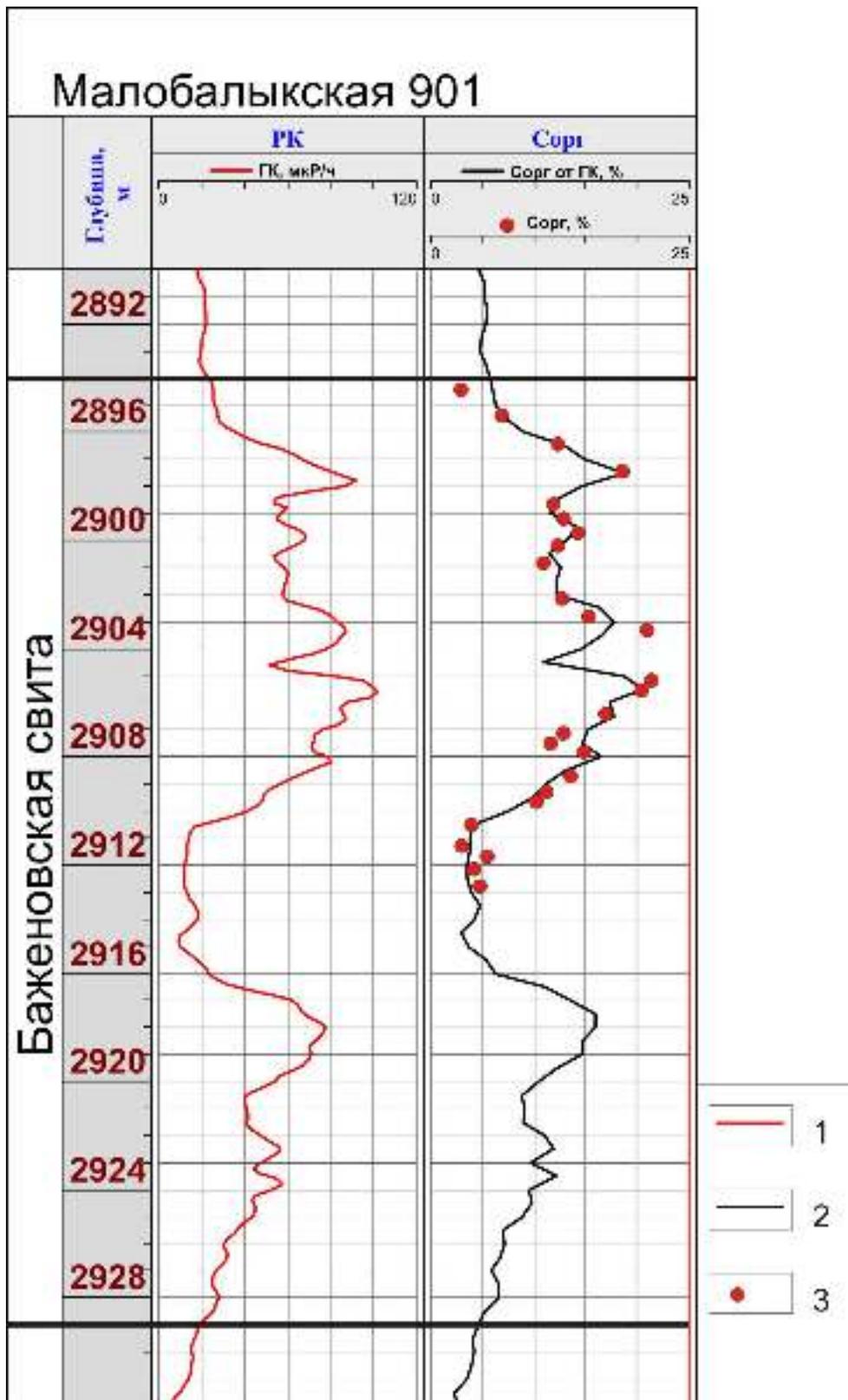


Рисунок 2.9 – Изменение содержаний $S_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Малобалыкская 901

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений $S_{орг}$ от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения $S_{орг}$ в породах, определённые аналитически.

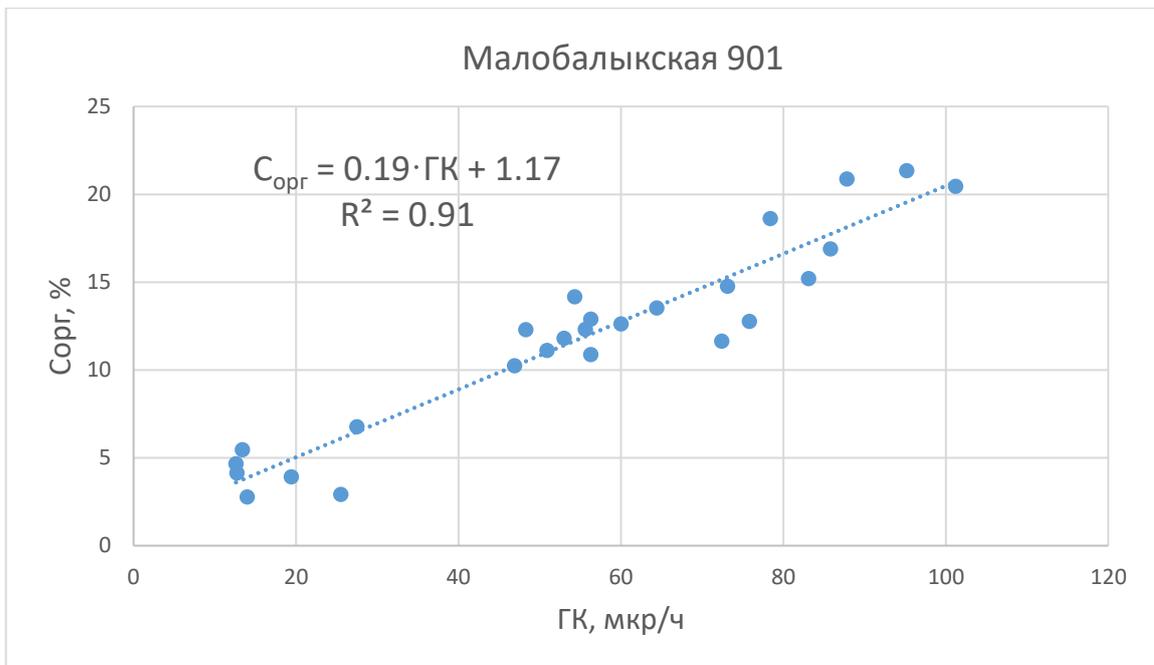


Рисунок 2.10 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{\text{орг}}$ от значений γ -активности пород бажендовской свиты по данным ГИС в скв. Малобалыкская 901

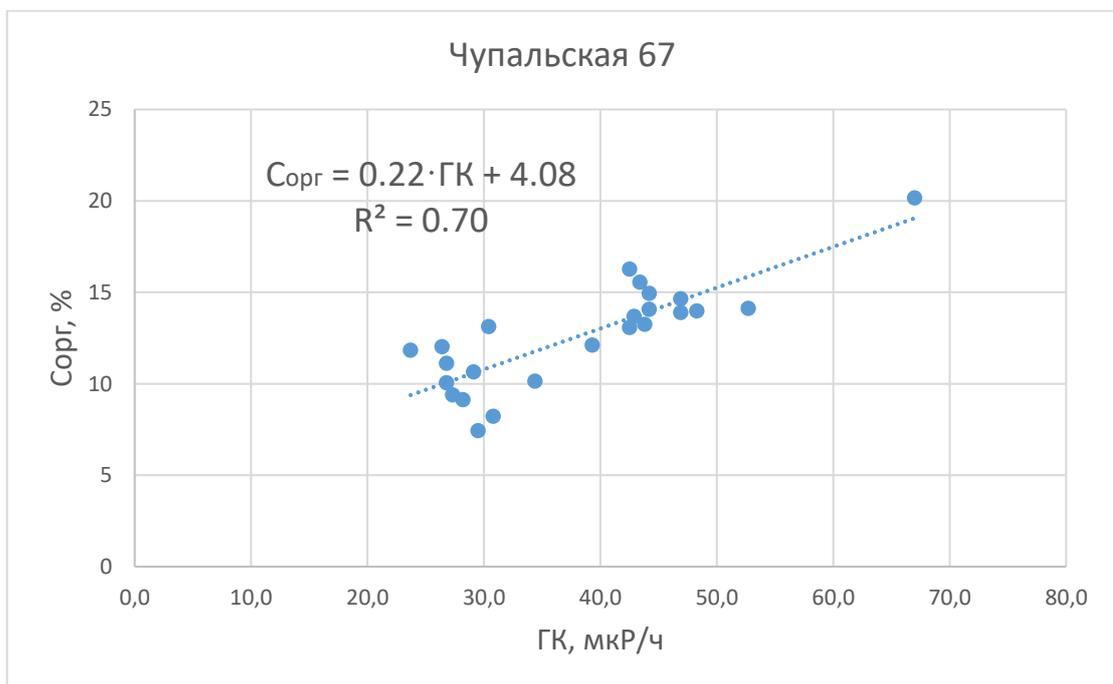


Рисунок 2.11 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{\text{орг}}$ от значений γ -активности пород бажендовской свиты по данным ГИС в скв. Чупальская 67

Таблица. 2.4 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «кern – ГИС» в скв. Малобалыкская 901

№ п.п.	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{орг}$ аналитическое, %	Содержание $C_{орг}$ по ГИС, %	$\Delta C_{орг}$, %
1	2894.4	25.5	2.9	5.9	3.0
2	2895.4	27.5	6.8	7.0	0.2
3	2896.4	48.3	12.3	12.3	0.0
4	2897.4	78.4	18.6	18.6	0.0
5	2898.6	53.0	11.8	12.0	0.2
6	2899.1	56.3	12.9	12.3	-0.6
7	2899.7	54.3	14.2	13.8	-0.4
8	2900.2	55.6	12.3	12.7	0.4
9	2900.8	56.3	10.9	12.3	1.4
10	2902.1	60.0	12.6	13.0	0.4
11	2902.9	83.1	15.2	17.5	2.3
12	2903.3	87.8	20.9	17.0	-3.9
13	2905.2	95.2	21.4	20.0	-1.4
14	2905.5	101.2	20.5	20.5	0.0
15	2906.5	85.8	16.9	17.8	0.9
16	2907.1	75.8	12.8	15.2	2.4
17	2907.4	72.4	11.7	14.8	3.1
18	2907.8	73.1	14.8	16.1	1.3
19	2908.7	64.4	13.5	12.3	-1.2
20	2909.3	50.9	11.1	10.1	-1.0
21	2909.7	46.9	10.3	8.6	-1.7
22	2910.5	19.4	3.9	4.1	0.2
23	2911.2	14.0	2.8	3.8	1.0
24	2911.6	13.4	5.5	3.6	-1.9
25	2912.1	12.7	4.2	3.4	-0.8
26	2912.8	12.6	4.7	3.9	-0.8
		сумма	305.4	308.6	3.2
		среднее	11.7	11.9	0.1

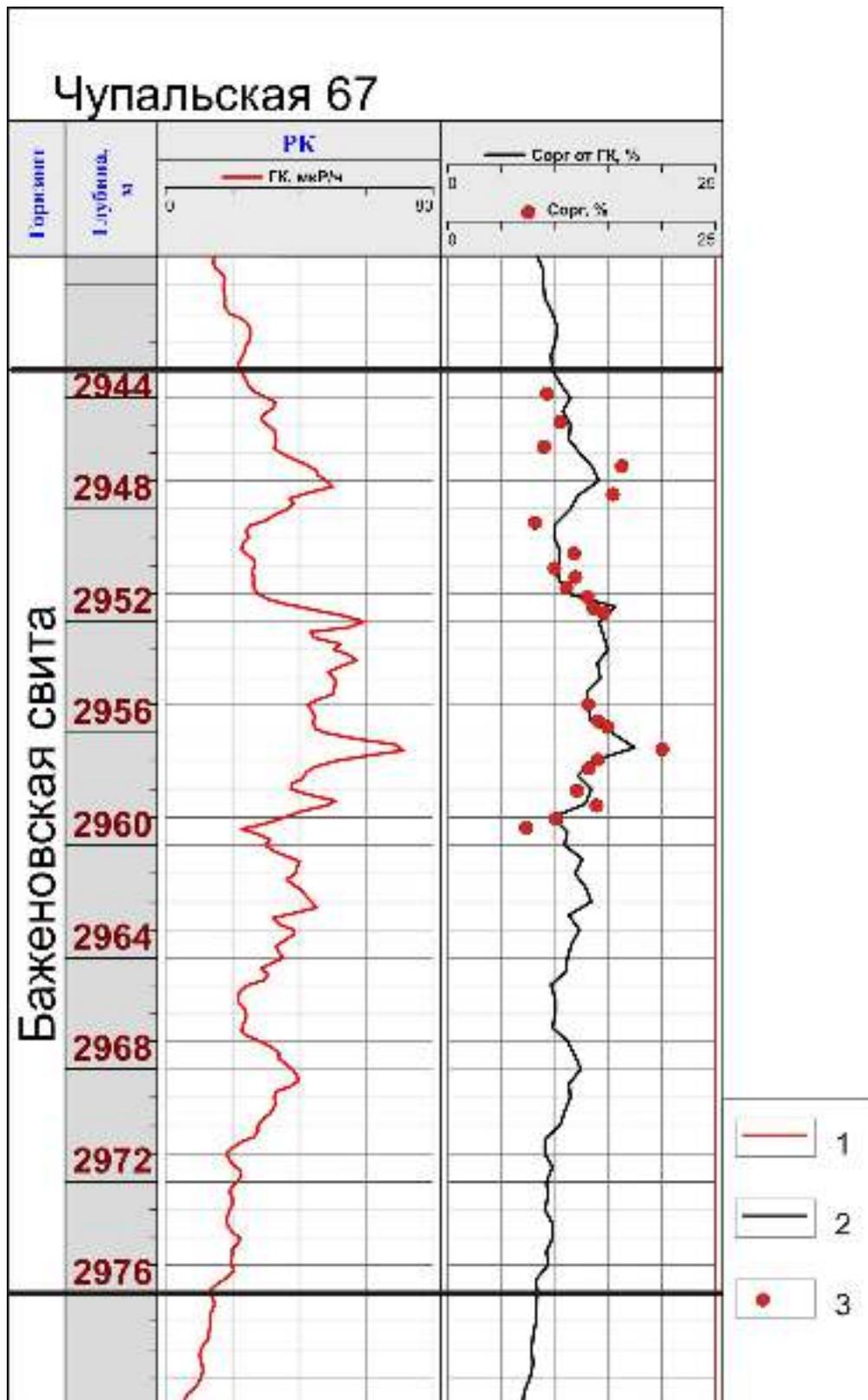


Рисунок 2.12 – Изменение содержаний $S_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Чупальская 67

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений $S_{орг}$ от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения $S_{орг}$ в породах, определённые аналитически.

Таблица 2.5 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «кern – ГИС» в скв. Чупальская 67

№ п.п.	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{орг}$ аналитическое, %	Содержание $C_{орг}$ по ГИС, %	$\Delta C_{орг}$, %
1	2943.8	27.3	9.4	11.2	1.8
2	2944.8	29.1	10.7	11.0	0.3
3	2945.7	28.2	9.1	11.9	2.8
4	2946.4	42.5	16.3	13.4	-2.9
5	2947.4	43.4	15.6	12.4	-3.2
6	2948.4	30.8	8.2	10.5	2.3
7	2949.5	23.7	11.8	10.5	-1.3
8	2950.1	26.8	10.1	10.2	0.1
9	2950.4	26.4	12.0	10.2	-1.8
10	2950.8	26.8	11.1	10.9	-0.2
11	2951.1	30.4	13.1	12.0	-1.1
12	2951.5	42.9	13.7	15.6	1.9
13	2951.6	46.9	14.7	15.1	0.4
14	2954.9	42.5	13.1	13.1	0.0
15	2955.5	44.2	14.1	13.5	-0.6
16	2955.7	44.2	15.0	14.1	-0.9
17	2956.5	67.0	20.2	17.7	-2.5
18	2956.9	52.7	14.1	14.0	-0.1
19	2957.2	43.8	13.3	13.1	-0.2
20	2959.0	34.4	10.2	10.1	-0.1
21	2958.0	39.3	12.1	13.4	1.3
22	2958.5	48.3	14.0	12.8	-1.2
23	2959.3	29.5	7.5	10.8	3.4
24	2958.6	46.9	13.9	12.7	-1.2
		сумма	303.1	300.2	-2.9
		среднее	12.6	12.5	-0.1

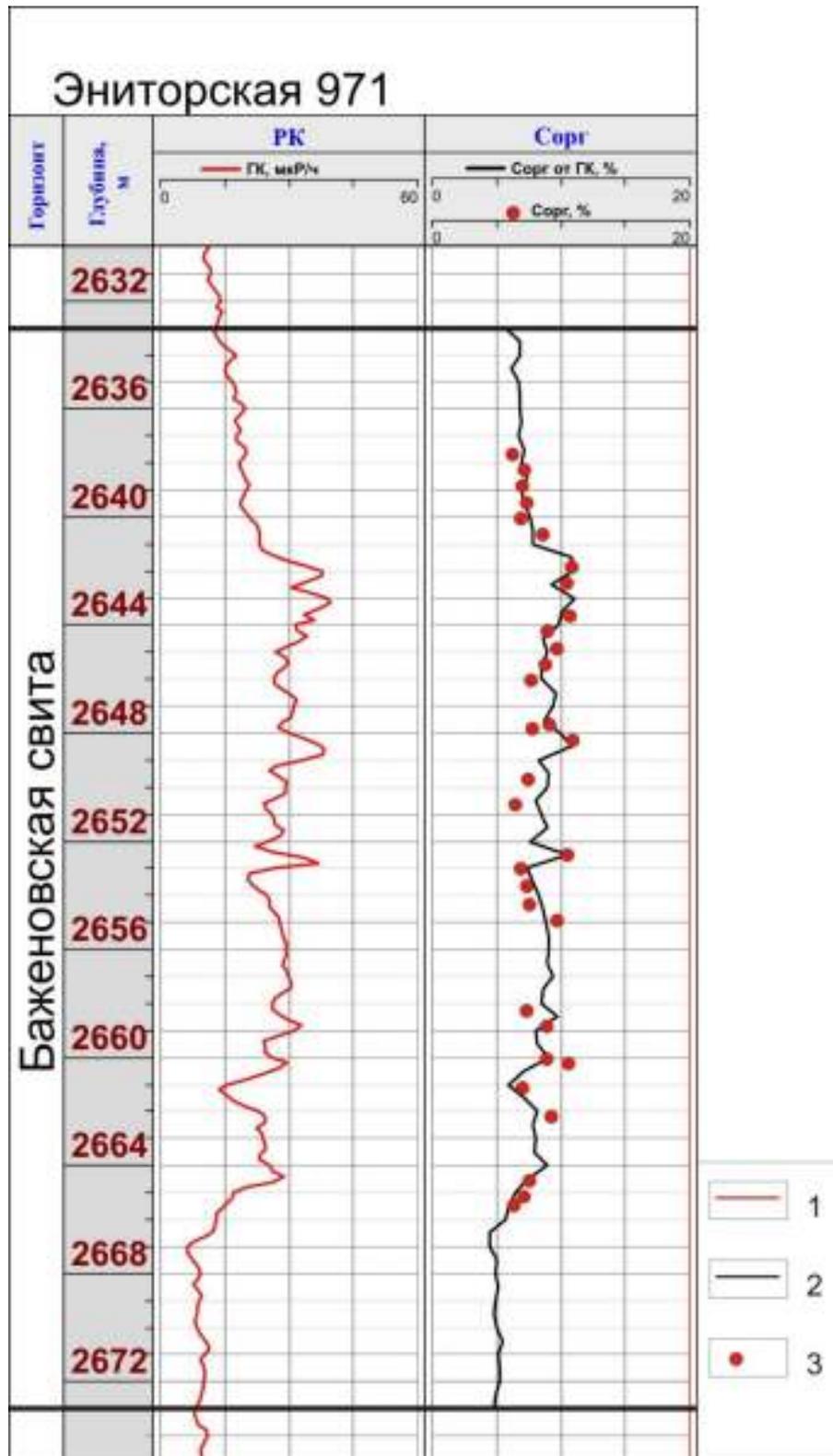


Рисунок 2.13 – Изменение содержаний $S_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Эниторская 971

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений $S_{орг}$ от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения $S_{орг}$ в породах, определённые аналитически.

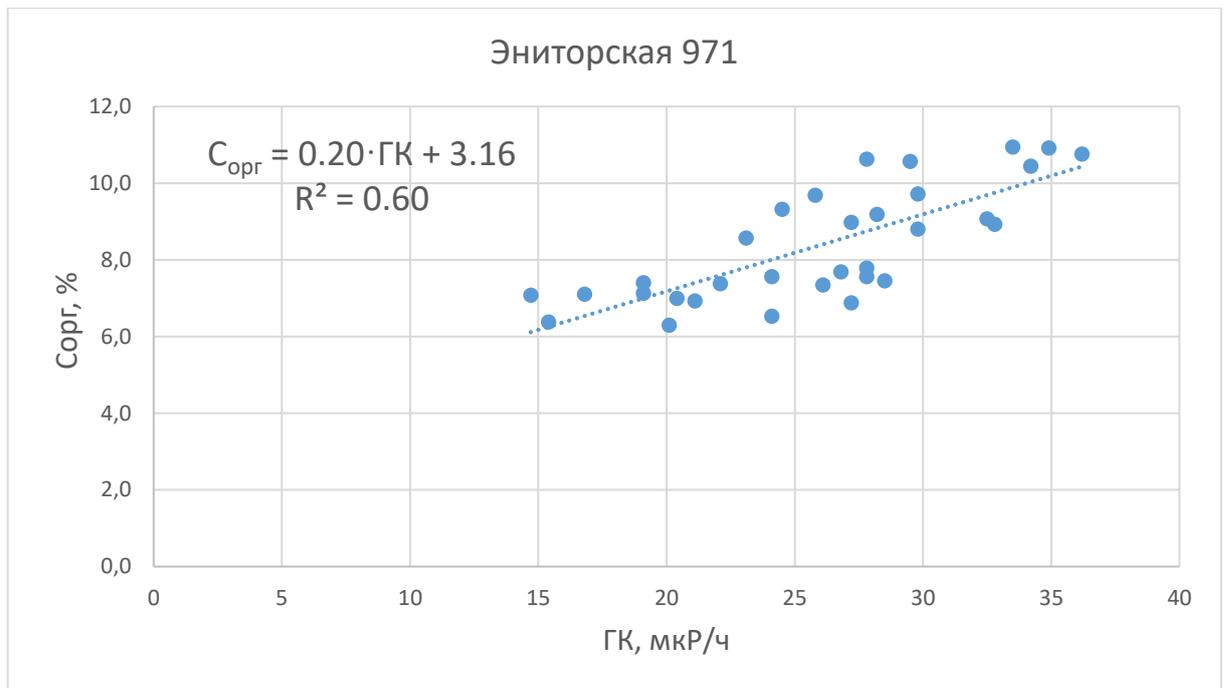


Рисунок 2.14 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{\text{орг}}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Эниторская 971

Таблица 2.6 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «кern – ГИС» в скв. Эниторская 971

№ точки	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{орг}$ аналитическое, %	Содержание $C_{орг}$ по ГИС, %	$\Delta C_{орг}$, %
1	2637.6	20.1	6.3	7.2	0.9
2	2638.2	19.1	7.1	6.9	-0.2
3	2638.8	20.4	7.0	7.2	0.2
4	2639.4	19.1	7.4	7.0	-0.4
5	2640.0	21.1	6.9	7.7	0.8
6	2640.6	23.1	8.6	7.8	-0.8
7	2641.8	34.9	10.9	10.9	0.0
8	2642.4	34.2	10.5	9.6	-0.9
9	2643.6	36.2	10.8	10.3	-0.5
10	2644.2	32.5	9.1	9.4	0.3
11	2644.8	29.8	9.7	8.9	-0.8
12	2645.4	29.8	8.8	8.5	-0.3
13	2646.0	26.8	7.7	8.5	0.8
14	2647.6	28.2	9.2	8.9	-0.3
15	2647.8	27.8	7.8	9.8	2.0
16	2648.2	33.5	11.0	10.4	-0.5
17	2649.6	28.5	7.5	8.9	1.4
18	2650.6	24.1	6.5	8.2	1.7
19	2652.5	27.8	10.6	10.6	0.0
20	2653.0	27.2	6.9	7.9	1.0
21	2653.6	22.1	7.4	8.2	0.8
22	2654.3	24.1	7.6	8.6	1.0
23	2654.9	25.8	9.7	8.9	-0.8
24	2658.2	26.1	7.4	9.1	1.8
25	2658.8	32.8	8.9	8.7	-0.2
26	2660.0	27.2	9.0	9.2	0.2
27	2660.2	29.5	10.6	8.8	-1.8
28	2661.1	14.7	7.1	6.4	-0.7
29	2662.2	24.5	9.3	7.9	-1.4
30	2664.5	27.8	7.6	7.7	0.1
31	2665.1	16.8	7.1	6.3	-0.8
32	2665.4	15.4	6.4	6.0	-0.4
		сумма	268.1	270.4	2.3
		среднее	8.4	8.5	0.1

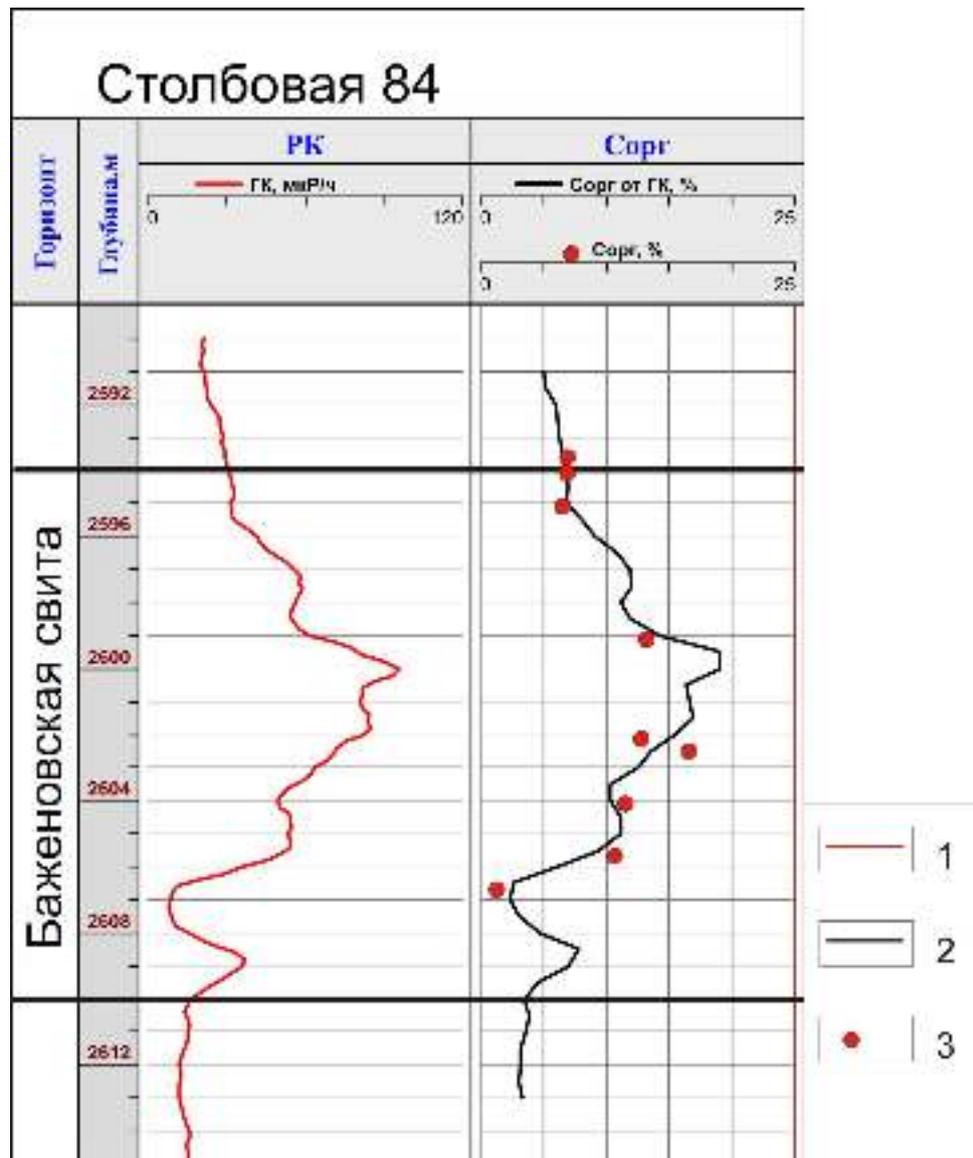


Рисунок 2.15 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Столбовая 84

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений $C_{орг}$ от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения $C_{орг}$ в породах, определённые аналитически.

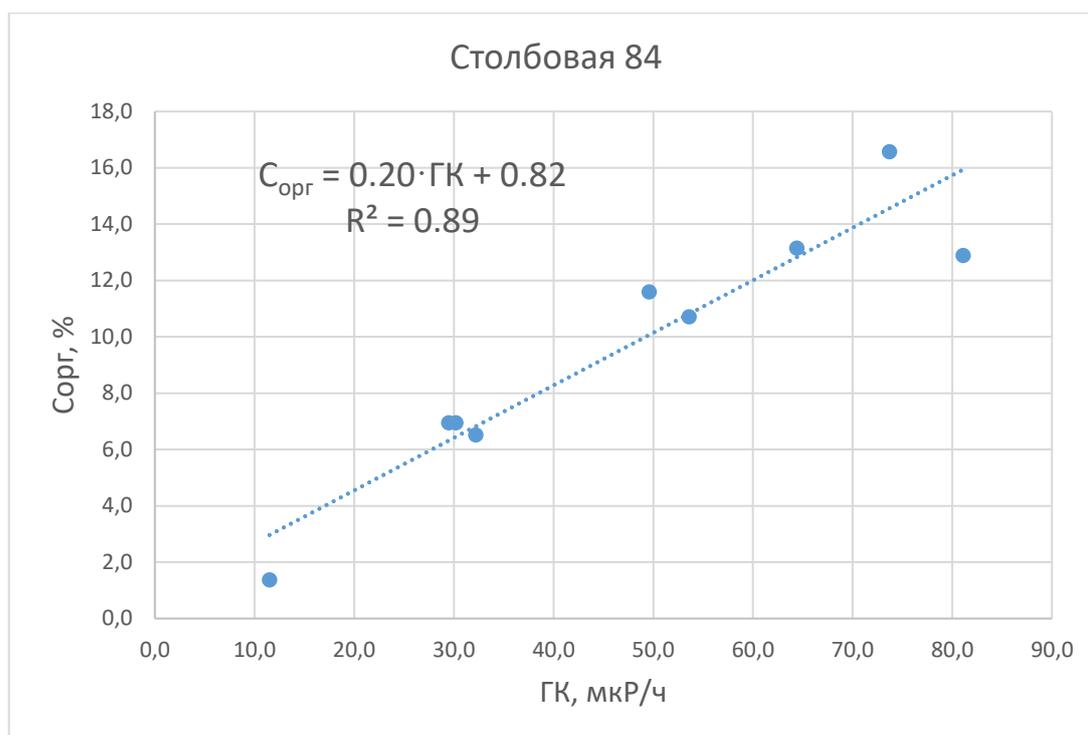


Рисунок 2.16 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{\text{орг}}$ от значений γ -активности пород баженновской свиты по данным ГИС в скв. Столбовая 84

Таблица. 2.7 – Значения содержаний $C_{\text{орг}}$ в породах баженновской свиты по аналитическим данным и зависимости «кern – ГИС» в скв. Столбовая 84

№ п.п.	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{\text{орг}}$ аналитическое, %	Содержание $C_{\text{орг}}$ по ГИС, %	$\Delta C_{\text{орг}}$, %
1	2593.5	29.5	7.0	6.4	0.6
2	2594.0	30.2	7.0	7.1	-0.1
3	2595.0	32.2	6.5	6.8	-0.3
4	2599.0	64.4	13.2	14.1	-0.9
5	2602.0	81.1	12.9	15.4	-2.5
6	2602.4	73.7	16.6	14.1	2.5
7	2604.0	49.6	11.6	10.1	1.5
8	2605.6	53.6	10.7	9.2	1.5
9	2606.6	11.5	1.4	2.5	-1.1
		сумма	86.8	85.7	1.1
		среднее	9.6	9.5	0.1

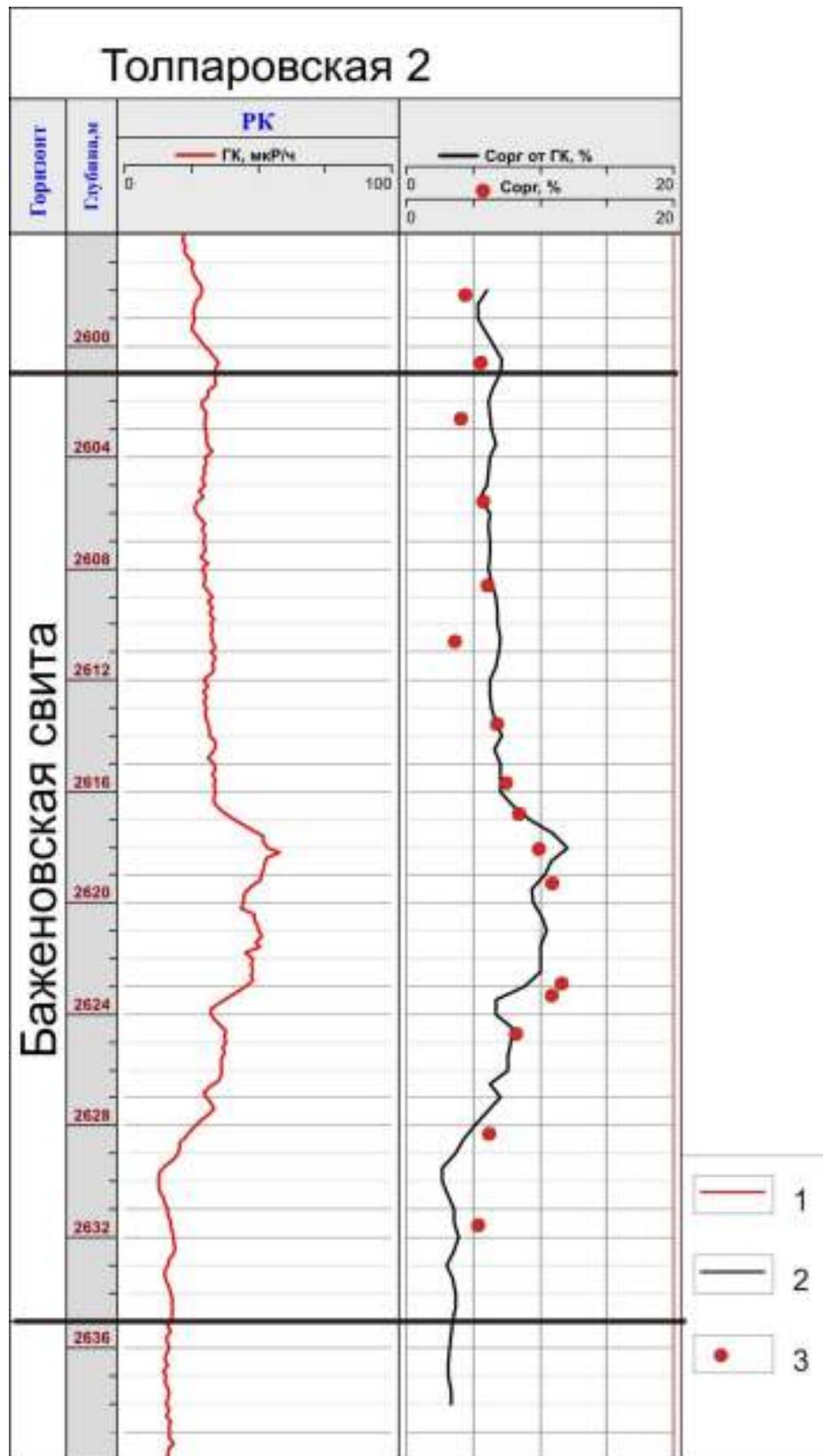


Рисунок 2.17 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Толпаровская 2

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений $C_{орг}$ от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения $C_{орг}$ в породах, определённые аналитически.

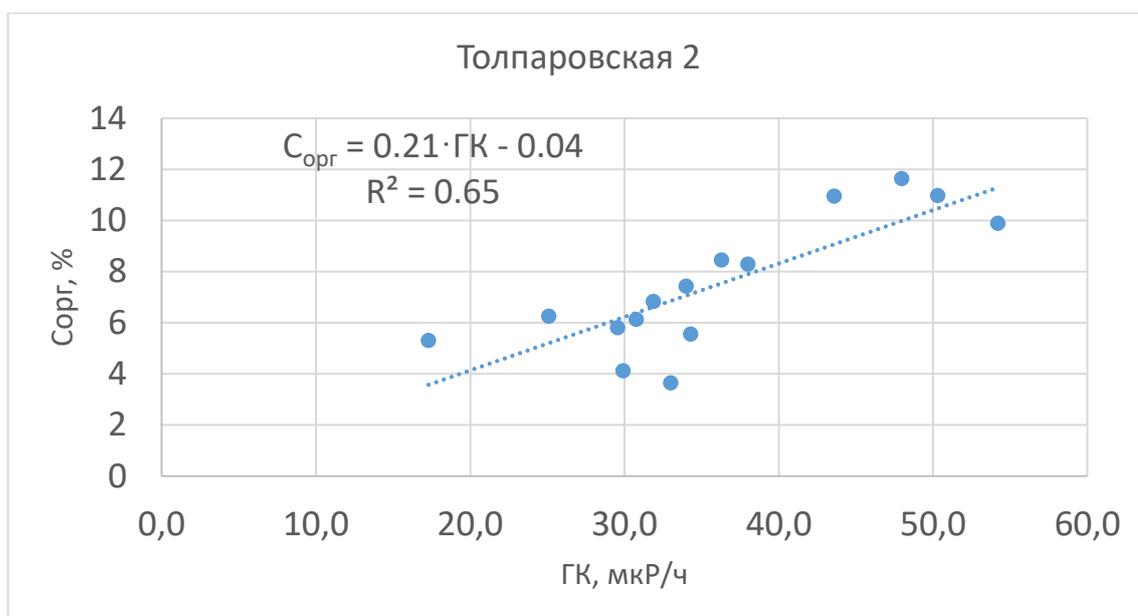


Рисунок 2.18 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{\text{орг}}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Толпаровская 2

Таблица. 2.8 – Значения содержаний $C_{\text{орг}}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «кern – ГИС» в скв. Толпаровская 2

№ п.п.	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{\text{орг}}$ аналитическое, %	Содержание $C_{\text{орг}}$ по ГИС, %	$\Delta C_{\text{орг}}$, %
1	2600.5	34.3	5.6	7.0	1.4
2	2602.5	29.9	4.1	6.3	2.2
3	2605.5	29.6	5.8	5.5	-0.3
4	2608.5	30.8	6.1	6.4	0.3
5	2610.5	33.0	3.7	6.9	3.3
6	2613.5	31.9	6.8	6.7	-0.1
7	2615.6	31.4	7.4	6.9	-0.5
8	2616.7	33.8	8.5	8.6	0.1
9	2618.0	54.7	9.9	12.1	2.2
10	2619.2	49.9	11.0	10.1	-0.9
11	2622.8	48.0	11.7	9.4	-2.3
12	2623.2	42.1	11.0	8.5	-2.5
13	2624.6	37.8	8.3	7.9	-0.4
14	2628.2	24.7	6.3	4.8	-1.5
15	2631.5	17.3	5.3	3.6	-1.7
		сумма	111.4	110.7	-0.7
		среднее	7.4	7.4	0

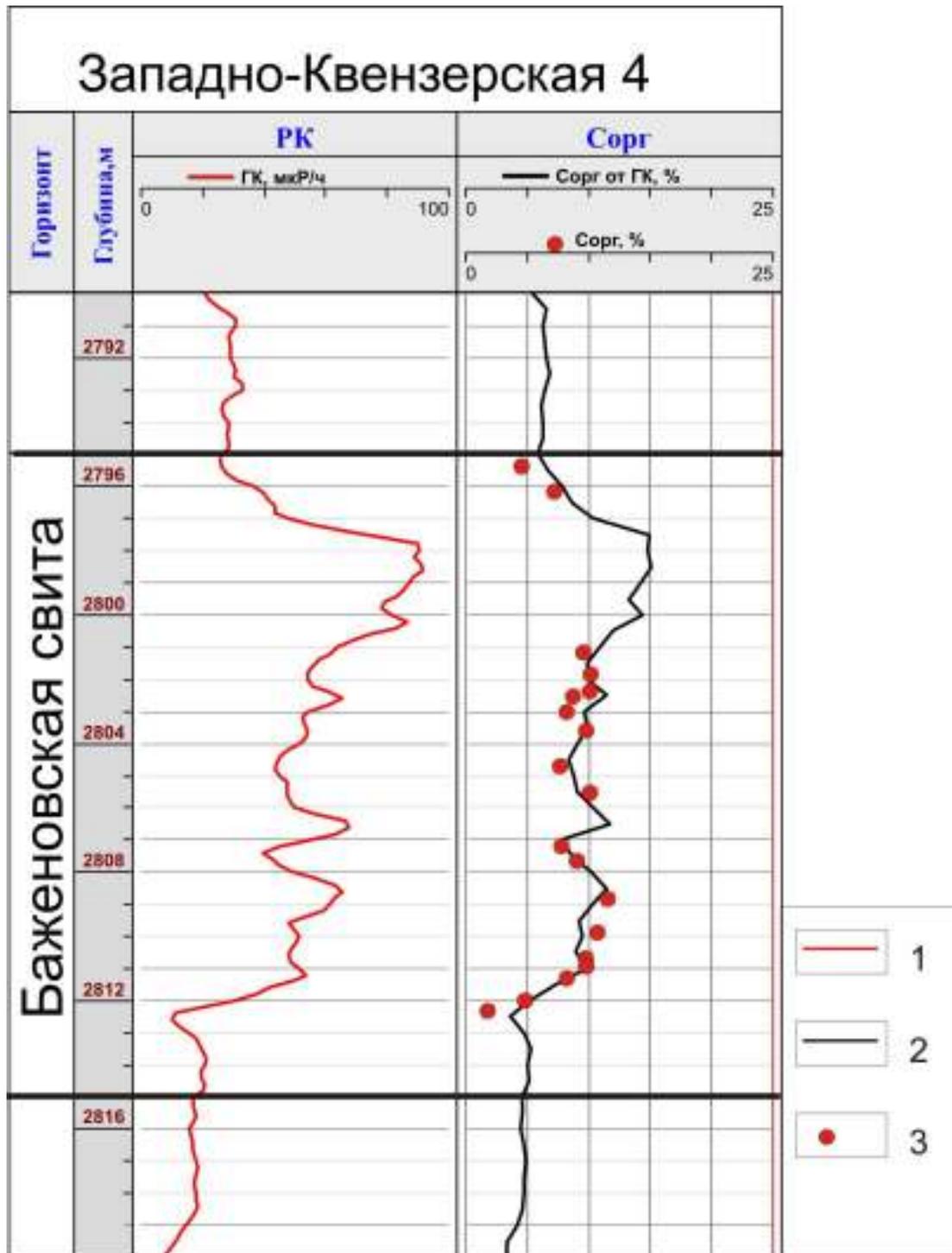


Рисунок 2.19 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Западно-Квензерская 4

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений $C_{орг}$ от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения $C_{орг}$ в породах, определённые аналитически.

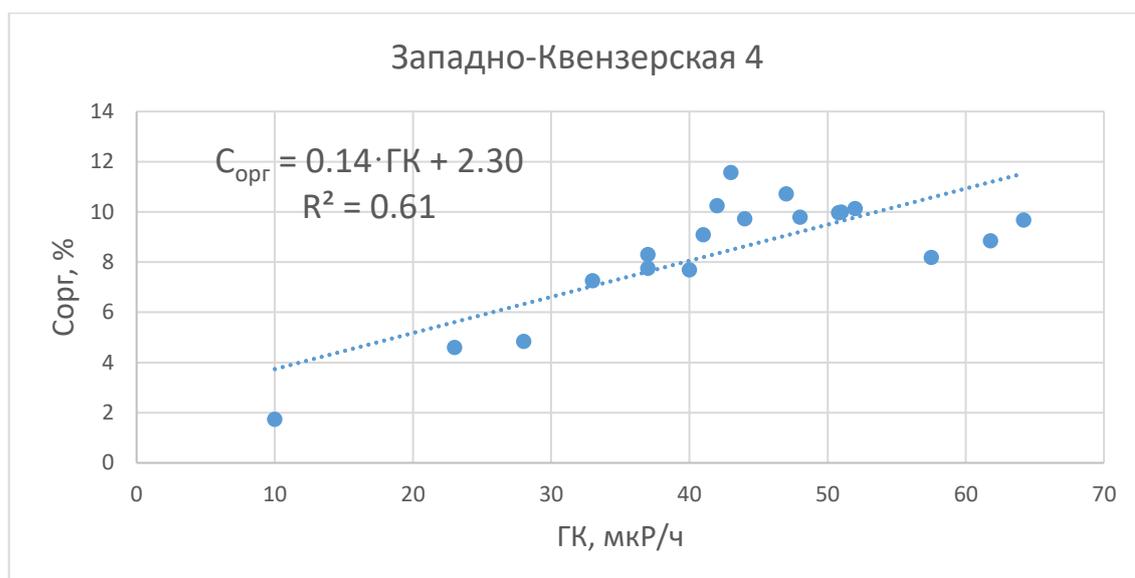


Рисунок 2.20 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{\text{орг}}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Западно-Квензерская 4

Таблица. 2.9 – Значения содержаний $C_{\text{орг}}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «кern – ГИС» в скв. Западно-Квензерская 4

№ п.п.	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{\text{орг}}$ аналитическое, %	Содержание $C_{\text{орг}}$ по ГИС, %	$\Delta C_{\text{орг}}$, %
1	2795.3	23.0	4.6	6.3	1.7
2	2796.1	33.0	7.3	8.0	0.7
3	2801.1	64.2	9.7	10.6	0.9
4	2801.8	52.0	10.1	9.9	-0.2
5	2802.3	51.0	10.0	10.9	0.9
6	2802.5	61.8	8.9	11.3	2.5
7	2802.9	57.5	8.2	10.2	2.0
8	2803.5	48.0	9.8	9.9	0.1
9	2804.6	40.0	7.7	8.5	0.8
10	2805.5	42.0	10.3	9.2	-1.1
11	2807.1	37.0	7.8	8.2	0.4
12	2807.6	41.0	9.1	9.2	0.1
13	2808.7	43.0	11.6	11.2	-0.4
14	2809.8	47.0	10.7	9.5	-1.2
15	2810.6	44.0	9.7	9.2	-0.5
16	2810.8	50.8	10.0	9.4	-0.6
17	2811.2	37.0	8.3	8.8	0.5
18	2811.9	28.0	4.9	5.6	0.8
19	2812.2	10.0	1.8	4.3	2.6
		сумма	160.3	135.4	6.8
		среднее	8.4	9.0	0.5

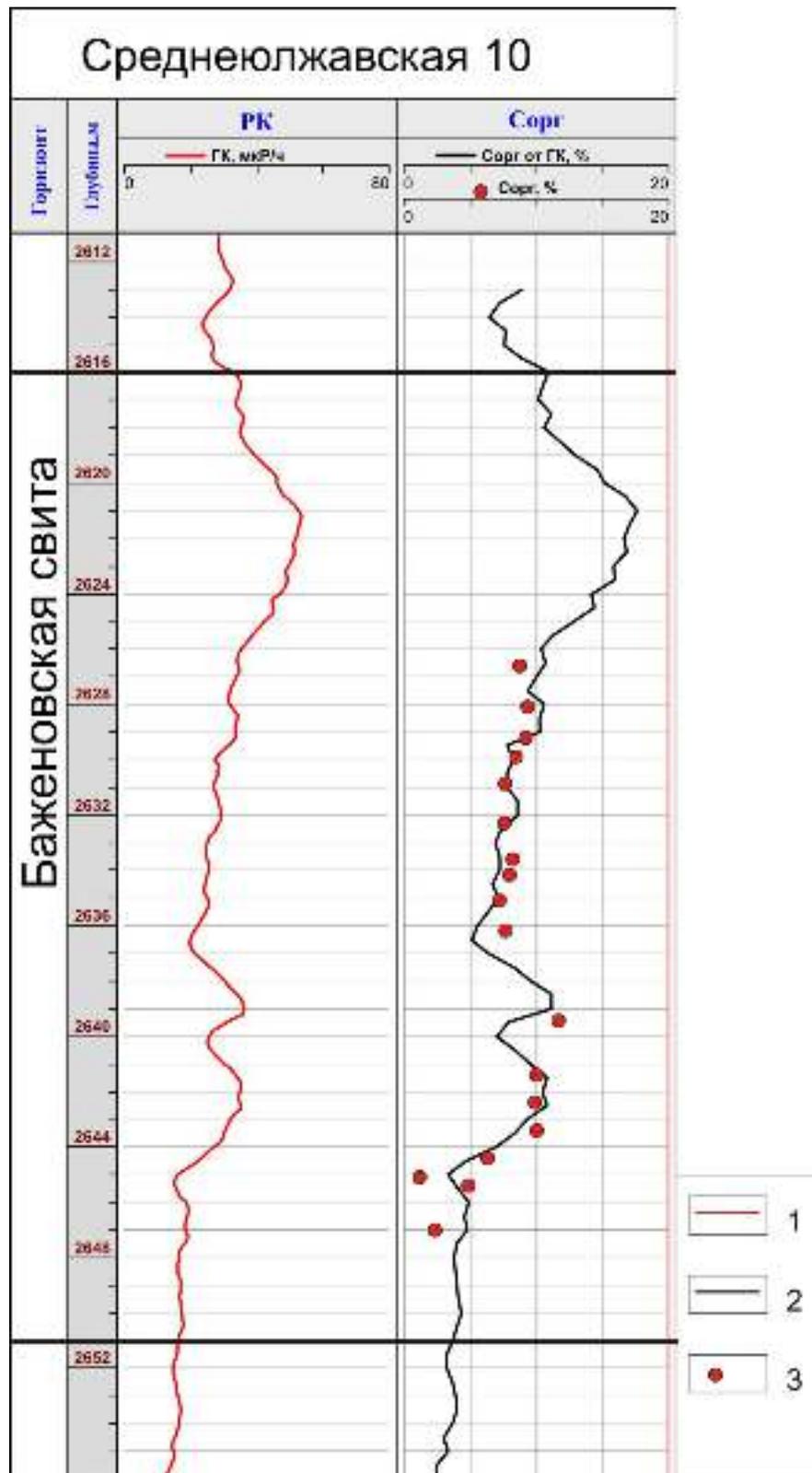


Рисунок 2.21 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Среднеюлжавская 10

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений $C_{орг}$ от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения $C_{орг}$ в породах, определённые аналитически.

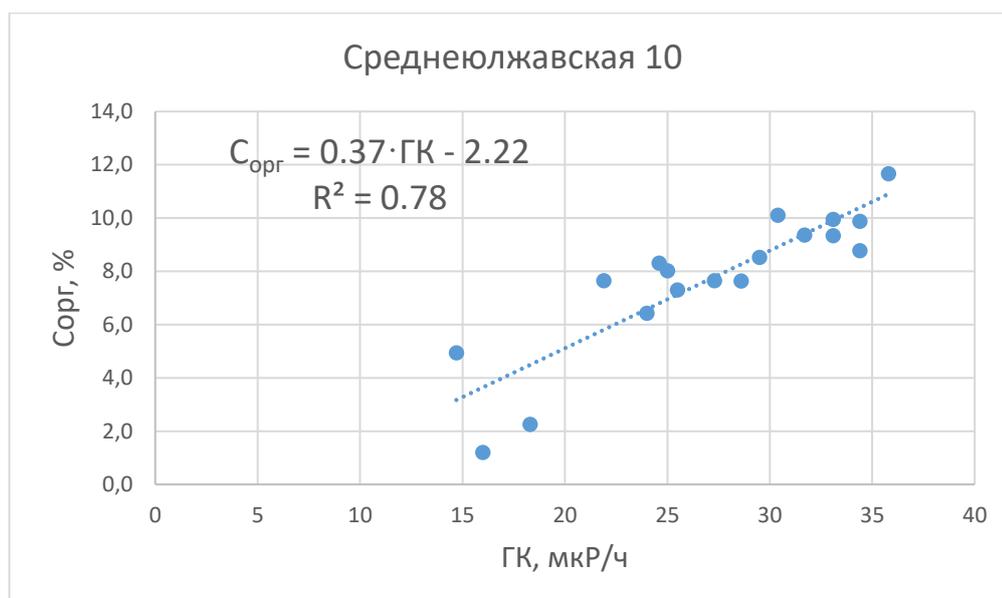


Рисунок 2.22 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{\text{орг}}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Среднеюлжавская 10

Таблица. 2.10 – Значения содержаний $C_{\text{орг}}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «кern – ГИС» в скв. Среднеюлжавская 10

№ п.п.	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{\text{орг}}$ аналитическое, %	Содержание $C_{\text{орг}}$ по ГИС, %	$\Delta C_{\text{орг}}$, %
1	2626.5	34.4	8.8	10.8	2.0
2	2628.0	31.7	9.4	10.7	1.3
3	2629.1	33.1	9.3	9.6	0.3
4	2629.8	29.5	8.5	8.2	-0.3
5	2630.8	27.3	7.7	7.9	0.2
6	2632.2	28.6	7.6	8.3	0.7
7	2633.5	24.6	8.3	7.4	-0.9
8	2634.1	25	8.0	7.2	-0.8
9	2635.0	25.5	7.3	7.4	0.1
10	2636.1	21.9	7.7	5.6	-2.1
11	2639.3	35.8	11.7	9.8	-1.9
12	2641.3	33.1	10.0	10.4	0.4
13	2642.3	34.4	9.9	10.7	0.8
14	2643.3	30.4	10.1	8.7	-1.4
15	2644.3	24	6.4	5.7	-0.7
16	2645.0	16	1.2	3.5	2.3
17	2645.3	14.7	4.9	3.8	-1.1
18	2646.9	18.3	2.3	4.7	2.4
		сумма	139.1	140.4	1.3
		среднее	7.7	7.8	0.1

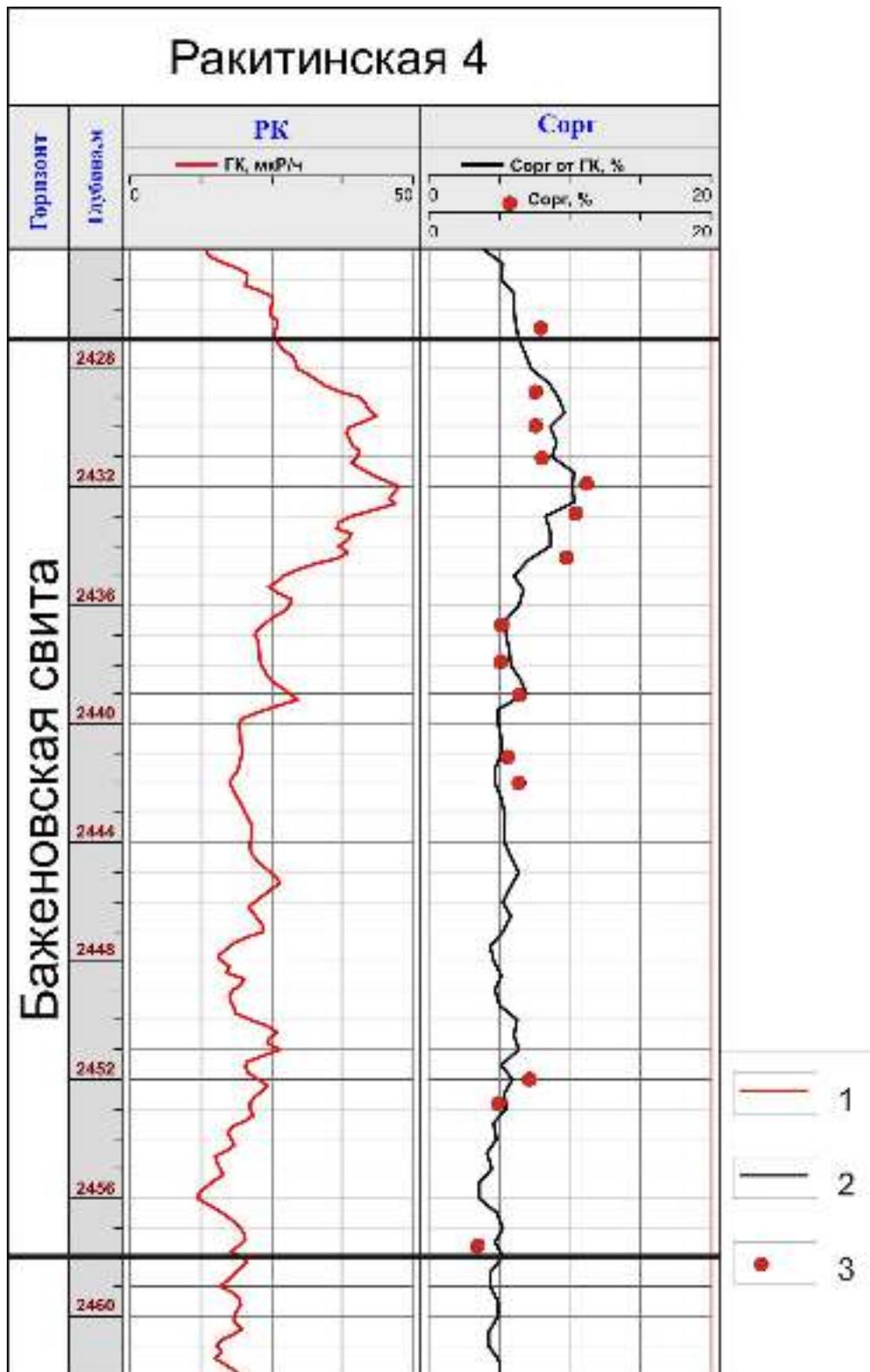


Рисунок 2.23 – Изменение содержаний С_{орг} в разрезе баженовской свиты в скв. Ракитинская 4

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений С_{орг} от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения С_{орг} в породах, определённые аналитически.

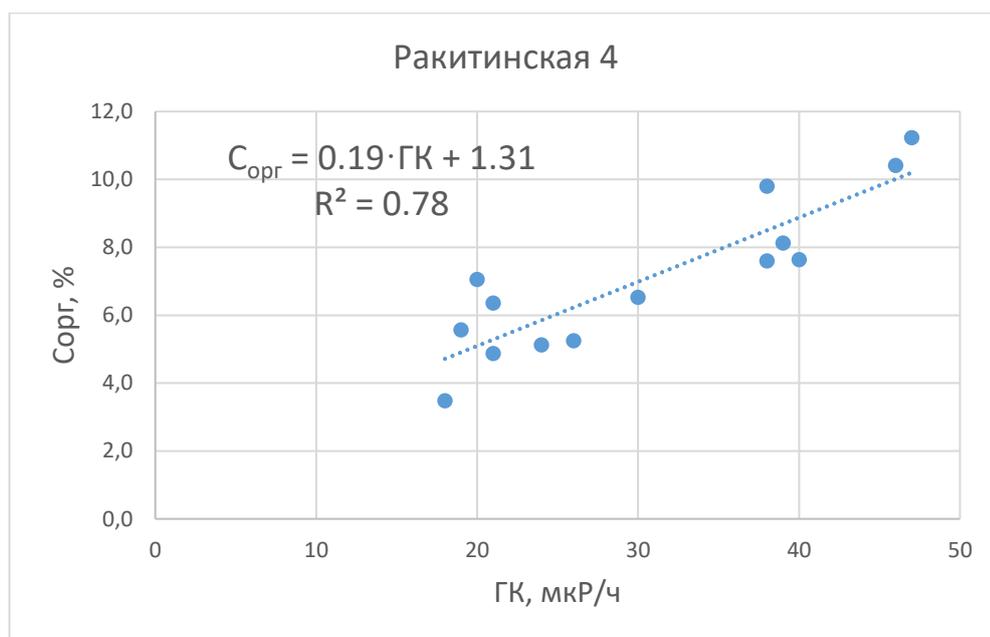


Рисунок 2.24 – Диаграмма зависимости «керн – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Ракитинская 4

Таблица. 2.11 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керн – ГИС» в скв. Ракитинская 4

№ п.п.	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{орг}$ аналитическое, %	Содержание $C_{орг}$ по ГИС, %	$\Delta C_{орг}$, %
1	2428.7	40.0	7.6	8.7	1.1
2	2429.8	38.0	7.6	8.9	1.3
3	2430.9	39.0	8.1	8.8	0.7
4	2431.8	47.0	11.2	10.3	-0.9
5	2432.8	46.0	10.4	9.1	-1.3
6	2434.3	38.0	9.8	7.7	-2.1
7	2436.6	26.0	5.3	5.5	0.2
8	2437.8	24.0	5.1	5.8	0.7
9	2438.9	30.0	6.5	6.9	0.4
10	2441.0	19.0	5.6	5.1	-0.5
11	2441.9	21.0	6.4	4.7	-1.7
12	2451.9	20.0	7.1	5.7	-1.4
13	2452.7	21.0	4.9	5.5	0.6
14	2457.5	18.0	3.5	4.8	1.3
		сумма	99.1	97.5	-1.6
		среднее	7.1	7	-0.1

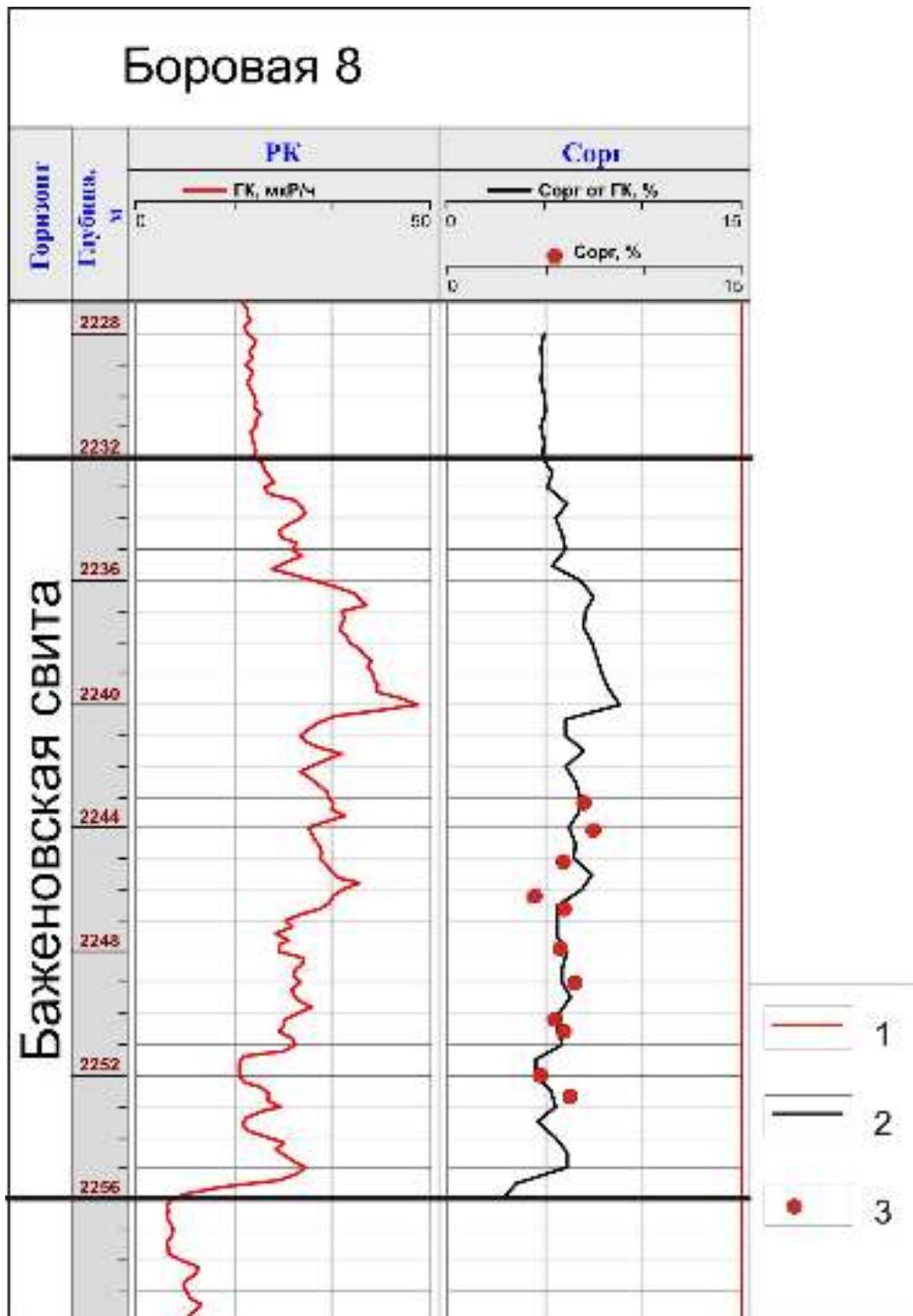


Рисунок 2.25 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Боровая 8

Условные обозначения: 1) кривая радиоактивного каротажа ГК; 2) кривая значений $C_{орг}$ от ГК, определённых по регрессионной зависимости «кern – ГИС»; 3) значения $C_{орг}$ в породах, определённые аналитически.

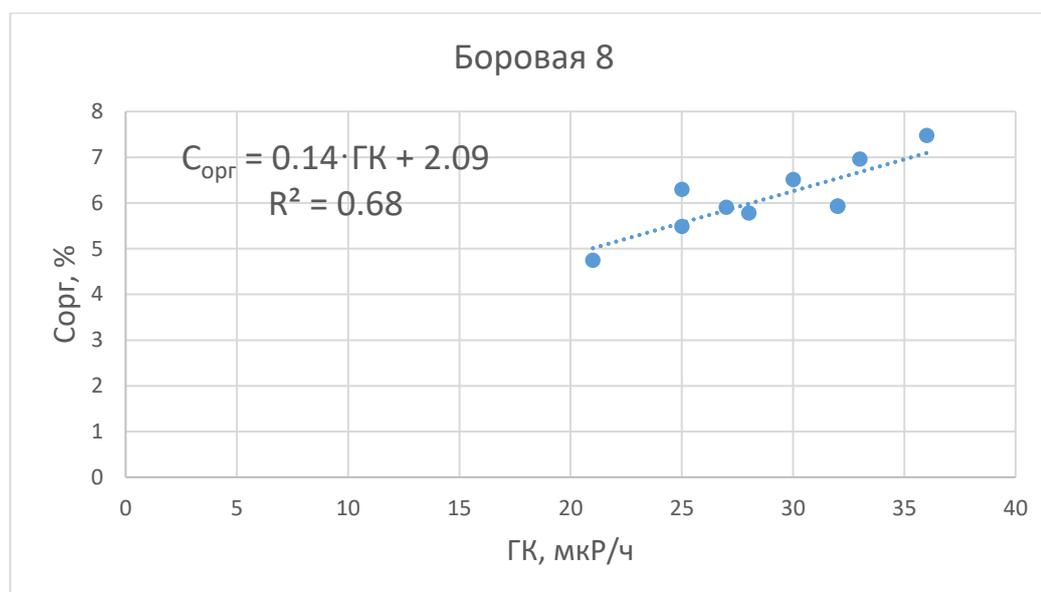


Рисунок 2.26 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности в скв. Боровая 8

Таблица. 2.12. Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «кern – ГИС» в скв. Боровая 8

№ п.п.	Глубина	ГК, мкР/ч	Содержание $C_{орг}$ аналитическое, %	Содержание $C_{орг}$ по ГИС, %	$\Delta C_{орг}$, %
1	2243.1	33.0	7.0	6.7	0.3
2	2244.0	36.0	7.5	6.3	1.2
3	2245.0	32.0	5.9	6.5	-0.6
4	2246.5	32.0	5.9	5.5	0.4
5	2247.8	28.0	5.8	6.0	-0.2
6	2248.9	30.0	6.5	5.9	0.6
7	2250.1	25.0	5.5	5.6	-0.1
8	2250.5	27.0	5.9	5.6	0.3
9	2251.9	21.0	4.8	4.6	0.2
10	2252.6	25.0	6.3	5.4	0.9
		сумма	61.1	58.1	3.0
		среднее	6.1	5.8	0.3

Выше была подробно описана процедура привязки керна к разрезам скважин с целью построения карт $C_{орг}$, при этом критерием эффективности привязки был принят максимум коэффициента корреляции между $C_{орг}$ – аналитическое (на образцах керна), и $C_{орг}$ – измеренное на диаграмме (построена от значений ГК-каротажа).

2.2 Материал исследования

Автор выполнял работу в коллективе исследователей ИНГГ СО РАН и ВНИГНИ и первой его задачей было получить максимально представительную выборку образцов определения $C_{орг}$ из пород баженовского горизонта на всей территории Западно-Сибирского бассейна. Эта работа проводилась по двум направлениям. Первое – была предпринята попытка максимально полно собрать выборку анализов $C_{орг}$ в образцах керна скважин, выполненных ранее в СНИИГГИМСе, ВНИГРИ, ЗапСибНИГНИ. К сожалению, из-за ухода из жизни ряда исследователей (В.В. Иванцова, Г.П. Сверчков, П.А. Трушков, А.С. Фомичев, К.А. Черников и др.) и отсутствия в организациях системы хранения и архивирования результатов выполненных в 60-90 годы измерений, а также в связи с личным поведением отдельных исследователей, посчитавших результаты анализов своей интеллектуальной собственностью, хотя они были отобраны (экспедиционные работы) и выполнены (аналитические работы) за бюджетные средства, собрать полную выборку ранее выполненных анализов не удалось. Поэтому, главные усилия были направлены на отбор новых коллекций и их тщательное исследование. Во ВНИГНИ и ИНГГ СО РАН были подобраны скважины, по которым недропользователи предоставили право на отбор и исследования керна баженовской свиты. Перечень таких разведочных площадей, скважин и количество отобранных образцов приведен в таблице 2.13. Кроме того, ВНИГНИ ранее располагал анализами по ряду скважин и также передал для построения эти анализы. ИНГГ СО РАН в течение многих лет располагает кернохранилищем образцов, сохраненных с советских времен, по северо-востоку (Красноярский край) и юго-востоку Западной Сибири (Омская и Новосибирская область). В них был проведен отбор образцов. Кроме того, в ИНГГ СО РАН был проведен дополнительный отбор образцов в большом числе скважин на территории ЯНАО и Томской области. Сведения о всех собранных анализах сведены в таблицу 2.13.

Всего в коллекцию вошло 4998 анализов из 268 скважин – по керну (Таблица 2.13) и 102320 определений $C_{орг}$ – по ГИС из 1627 скважин (Таблица 2.14).

На рисунке 2.27 приведена карта баженовского горизонта, охарактеризованная аналитическими определениями $C_{\text{орг}}$ по керну, на рисунке 2.28 – охарактеризованная данными по керну и измерениями $C_{\text{орг}}$ в породах по ГИС.

Таблица 2.13 – Количество аналитических определений содержания органического углерода в породах баженовского горизонта

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество анализов	Организация
Баженовская	Томская область	Александровская (3, 11), Арчинская (47), Болтная (1, 2), Глуховская (4), Горстовая (91), Западно-Квензерская (4), Ледовая (8), Новонадеждинская (1), Первомайская (Весенняя) (2287), Полонская (1), Приграничная (5), Северо-Фестивальная (1), Среднеюлжавская (10), Столбовая (84), Толпаровская (2), Южно-Майская (413)	356	ИНГГ СО РАН
	ИТОГО:	<i>Томская область (17 скважин, 16 площадей)</i>	356	
	ХМАО	Асомкинская (55), Восточно-Правдинская (1305), Горшковская (3, 1017, 1018), Западно-Котухтинская (123), Западно-Салымская (1), Западно-Самотлорская (181), Киевская (9), Колик-Еганская (148), Малобалькская (1, 21, 107, 901), Ново-Куль-Ёганская (520), Пермьяковская (42, 64), Повховская (70), Приобская (32), Северо-Нивагальская (8155), Удачная, (500), Чупальская (67), Эниторская (971), Южно-Ягунская (306)	629	ИНГГ СО РАН
	ХМАО	Версигыйская (4045), Дружная (230, 322, 4255), Западно-Асомкинская (803, 807), Салымская (78, 123, 141, 169, 170, 174, 176, 184, 2802), Северо-Салымская (169, 1183), Среднебалькская (3127)	458	ВНИГНИ – ИНГГ СО РАН
ХМАО	Ай-Пимская (4006, 4020, 4025, 4031, 4003, 4012, 4022, 4023, 4032, 4033, 4034, 4036), Биттемская (25, 50), Ван-Еганская (107), Варьеганская (2153), Ватинская (814), Ватьеганская (1190), Вачимская (37), Восточно-Асомкинская (230), Восточно-Биттемская (3261), Восточно-Студеная (3262), Восточно-Сургутская (63, 970), Ершовая (180), Заозерная (16, 17), Западно-Ай-Пимская (7050, 7052, 7053, 7062, 7065, 7054), Западно-Маслиховская (18), Зимняя (25), Калиновая (1, 2, 3),	2329	ВНИГНИ	

Продолжение таблицы 2.13

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество анализов	Организация
		Лисорская (42), Лопаслорская (3256), Малокондинская (19), Мало-Метельная (3215), Маслиховская (25, 25, 3281), Мегионская (67), Милисская (41), Молодежная (3, 4, 6), Назаргалеевская (3220), Новоаганская (205), Новоортьягунская (187), Новопокурская (224), Приразломная (312), Равенская (175), Самотлорская (1055, 1056), Сахалинская (17, 20), Севериная (40), Северо-Вайская (38), Северо-Кочевская (129), Северо-Маслиховская (3251), Среднекондинская (20), Син-Еганская (8), Сыхтынглорская (3303), Торъеганская (1), Угутская (17), Ульяновская (3304, 3305, 3307), Усть-Вайская (37), Южно-Камынская (3233, 3234, 3206), Южно-Сургутская (853)		
	ИТОГО:	ХМАО (107 скважин, 70 площадей)	3422	
	ЯНАО	Восточно-Медвежья (86), Вынгапуровская (317), Вэнгапуровская (38), Вэнгаяхинская (355), Губкинская (42, 45), Ево-Яхинская (356), Ен-Яхинская (501), Западно-Пурпейская (710), Медвежья (30, 1001), Надымская (2), Ортьягунская (15), Пякутинская (536), Пякяхинская (2011), Северо-Часельская (52, 53), Соколиная (140), Тюменская (6), Умсейская (48), Уренгойская (673, 739), Харасавейская (103), Хейгинская (4), Южно-Инучинская (352), Южно-Ярайнерская (50, 51), Ярайнерская (12, 23), Ярояхинская (21)	384	ИНГГ СО РАН
	ЯНАО	Самбургская (700)	2	ВНИГНИ – ЗапСибНИГНИ – ИНГГ СО РАН
	ЯНАО	Бованенковская (114, 116), Геологическая (35), Сугмутская (423)	25	ВНИГНИ
	ИТОГО:	ЯНАО (35 скважин, 28 площадей)	411	

Продолжение таблицы 2.13

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество анализов	Организация
	Новосибирская область	Верхне-Чековская (1), Веселовская (1), Горбуновская (1), Межовская (4, 5. 11), Прибелинская (1), Ракитинская (4)	87	ИНГГ СО РАН
	ИТОГО:	Новосибирская область (8 скважин, 6 площадей)	87	
	Омская область	Баклянская (3), Наталинская (1), Тайтымская (5)	8	ИНГГ СО РАН
	ИТОГО:	Омская область (3 скважины, 3 площади)	8	
	Тюменская область, юг	Восточно-Демьянская (181), Гусеничная (10), Северо-Демьянская (1, 21), Северо-Ендырская (12), Северо-Кальчинская (54)	139	ВНИГНИ
	ИТОГО:	Тюменская область, юг (6 скважин, 5 площадей)	139	
	<i>Прочие площади (по одному образцу):</i>	Томская область (Южно-Карасевская, 75)	1	ИНГГ СО РАН
		Омская область (Айсазская, (1, 2); Ивановская, 1)	3	
		Новосибирская область (Буйновская, 1; Веселовская, 4; Витинская, 1; Касманская, 1; Красногорская, 1; Мурашовская, 1)	6	ИНГГ СО РАН
		ЯНАО (Верхнетолькинская, 3, 4, 5; Ево-Яхинская, 351; Северо-Есетинская, 301; Уренгойская, 81; Южно-Пякутинская, 17; Янчинская, 71; Ярайнерская, 3)	9	ИНГГ СО РАН
		ЯНАО (Самбургская, 400)	1	ВНИГНИ – ЗапСибНИГНИ – ИНГГ СО РАН
		ЯНАО Новопортовская (51, 58)	2	ЗапСибНИГНИ – ИНГГ СО РАН
		ХМАО (Горшковская 3; Малобалыкская, 21)	2	ИНГГ СО РАН
		ХМАО (Аганская, 29; Ай-Гульская, 824; Ачимовская, 442; Восточно-Сургутская, 63; Доманная, 41; Ларкинская, 155; Нижне-Вартовская, 97; Нижнесортымская, 226; Омбинская, 1; Северо-Варьеганская, 66; Тепловская, 274; Умсейская, 4)	12	ВНИГНИ

Продолжение таблицы 2.13

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество анализов	Организация
		ХМАО (Западно-Асомкинская, 807; Салымская, 78; 123)	3	ВНИГНИ - ИНГГ СО РАН
	<i>ИТОГО:</i>	<i>Прочие площади (по одному образцу) (40 скважин, 22 площади)</i>	21	
	<i>ИТОГО:</i>	<i>Баженовская свита</i>	4439	
Тутлеймская (нижняя часть)	ХМАО	Восточно-Янлотская (3), Западно-Ташинская (10), Камынская (3236, 78-б), Кондинская (18), Куртымская (43), Посткарпоманская (7071), Ташинская (4), Турумеевская, (1, 4), Южно-Шебурская (1)	180	ВНИГНИ
	Прочие площади (по одному образцу):	ХМАО (Турумеевская, 1; Шугурская, 3)	2	ВНИГНИ
	<i>ИТОГО:</i>	<i>ХМАО (13 скважин, 11 площадей)</i>	182	
	<i>ИТОГО:</i>	<i>Тутлеймская (нижняя часть) свита</i>	182	
Даниловская (верхняя часть)	ХМАО	Даниловская (2077)	1	ВНИГНИ
	<i>ИТОГО:</i>	<i>ХМАО (1 скважина, 1 площадь)</i>	1	
	<i>ИТОГО:</i>	<i>Даниловская (верхняя часть) свита</i>	1	
Марьяновская	ХМАО	Боровая (8), Восточно-Пылькарминская (11), Сыхтинская (500)	23	ИНГГ СО РАН
	<i>ИТОГО:</i>	<i>ХМАО (3 скважины, 3 площади)</i>	23	
	Томская область	Восток (1, 3)	27	ИНГГ СО РАН
	<i>Прочие площади (по одному образцу):</i>	Томская область (Ажарминская, 1)	1	СНИИГГиМС
	<i>ИТОГО:</i>	<i>Томская область (4 скважины, 3 площади)</i>	28	
	<i>ИТОГО:</i>	<i>Марьяновская свита</i>	51	
Яновстанская	ЯНАО	Русско-Часельская (100), Светлогорская (308), Термокарстовая (65), Южно-Русская (12)	45	ИНГГ СО РАН
	ЯНАО	Тазовская (52)	2	ВНИГНИ
	<i>ИТОГО:</i>	<i>ЯНАО (8 скважин, 6 площадей)</i>	47	

Продолжение таблицы 2.13

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество анализов	Организация
	Красноярский край	Медвежья (316), Туколандо-Вадинская (320)	39	ИНГГ СО РАН
	Красноярский край	Озерная (10), Сузунская (4)	28	ИГИРГИ – ИНГГ СО РАН
	Красноярский край	Долганская (1, 2, 3), Западно-Ермаковская (1), Майская (1), Суходудинская (1, 2), Туруханская (1)	64	СНИИГГиМС
	Красноярский край	Хальмерпаютинская (2099)	8	ВНИГНИ
	<i>ИТОГО:</i>	<i>Красноярский край (14 скважин, 11 площадей)</i>	140	
	<i>ИТОГО:</i>	<i>Яновстанская свита</i>	187	
Гольчихинская	Красноярский край	Пайяхская (1, 4), Пеляткинская (15), Ушаковская (1), Яровская (2)	70	ИНГГ СО РАН
	Красноярский край	Восточно-Кубалахская (357), Западно-Кубалахская (359), Логатская (361), Среднеяровская (3)	31	ИГИРГИ – ИНГГ СО РАН
	Красноярский край	Дерябинская (5, 9), Среднепясинская (2), Турковская (1, 2)	31	СНИИГГиМС
	<i>ИТОГО:</i>	<i>Красноярский край (13 скважин, 10 площадей)</i>	132	
	<i>Прочие площади (по одному образцу):</i>	Красноярский край (Береговая, 2)	1	ИНГГ СО РАН
	<i>ИТОГО:</i>	<i>Гольчихинская свита</i>	133	
	ИТОГО:	Количество проанализированных образцов	4998	
		Количество скважин – 268		
		Количество площадей – 195		
	Количество образцов по свитам	баженовская свита	4444	
		Тутлеймская (нижняя часть)	182	
		яновстанская	187	
		гольчихинская	133	
		марьяновская	51	

Окончание таблицы 2.13

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество анализов	Организация
		даниловская (верхняя часть)	1	
	Количество образцов по субъектам федерации	ХМАО	3627	
		ЯНАО	470	
		Томская область	385	
		Тюменская область	139	
		Новосибирская область	93	
		Омская область	11	
		Красноярский край	273	

Таблица 2.14 – Количество измерений содержания органического углерода в породах баженовского горизонта по зависимостям «керна – ГИС» (ИНГГ СО РАН)

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
Баженовская	Томская область (462 скважины, 208 площадей)	Айгольская (11), Ай-Куланская (1), Айполовская (1), Айсазская (1), Александровская (2, 10, 11), Аленкинская (102, 103), Армицкая (1), Арчинская (41, 43, 49, 51, 58), Бабушкинская (1), Басмасовская (1), Болтная (1, 2), Боровая (1), Вартовская (335), Васюганская (2), Вахская (36, 40, 75, 78, 88), Вертолетная (362), Верхнезаячья (80), Верхнекарзинская (1), Верхнекомбарская (295), Верхнесалатская (25), Верховая (1), Весенняя (248, 249, 250, 251, 253, 254, 255, 257, 266, 270, 2287), Водораздельная (2), Воскресенская (2), Восточно-Моисеевская (1), Вычи-Игайская (5), Герасимовская (1, 6, 7, 9, 10, 15, 16), Глухарина (1), Глуховская (1, 3, 4), Головная (352), Гордеевская (1), Горстовая (90, 91, 92, 93, 95, 100), Григорьевская (7), Грушевая (215, 220, 223), Гужихинская (270, 271), Двуреченская (12), Дуклинская (1, 2), Еллей-Игайская (1, 4), Еллейская (1), Западная (1), Западно-Весенняя (241), Западно-Карандашовская (1), Западно-Карасевская (72), Западно-Квензерская (4), Западно-Катыльгинская (14), Западно-Крапивинская (220, 223), Западно-Крыловская (1), Западно-Лугинецкая (183), Западно-Моисеевская (21, 22), Западно-Назинская (95), Западно-Останинская (441), Западно-Сомовская (9), Заячья (50), Зимняя (1), Игольская (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16), Игольско-Таловая (18, 20, 23, 24, 25, 26), Ильякская (1), Инкинская (10), Казанская (3, 7), Калиновая (3, 4, 6, 7, 22), Карайская (1, 2, 3, 4, 7, 8, 9), Карасевская (60, 61, 64, 65, 73), Каргасокская (1), Катыльгинская (100), Квартовая (5, 7, 9), Квензерская (2), Киев-Еганская (350, 353, 355, 357, 360), Кильсинская (381), Киндальская (440), Ключевская (61), Колотушная (260, 274, 278), Комсомольская (112), Кондаковская (31, 32, 34), Косальская (15), Крапивинская	19620

Продолжение таблицы 2.14

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
		(190, 191, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 218, 221, 222, 224, 226), Кузырская (320), Кулгинская (142, 144, 145), Куль-Ёганская (1, 3, 4, 5, 6), Кыкинская (1), Куланская (100), Ледовая (7, 8), Летняя (2), Линейная (2, 3), Ломовая (202, 209), Лонтынь-Яхская (67), Лосинская (1), Лугинецкая (155, 166, 181, 182, 190), Львовская (14), Лысогорская (11), Люк-Пайская (2), Майская (1, 390, 391), Малореченская (118, 120, 121, 122), Маркинская (2), Матюшкинская (34), Межозерная (197), Мирная (407, 408, 410, 411, 412, 416), Можанская (1), Моисеевская (9, 15), Мыгытынская (306), Назинская (1, 7), Налимья (5, 8), Нань-Яхская (1), Нижне-Вартовская (98, 100, 102, 103, 104, 105, 106), Нижнетабаганская (22, 23), Новоникольская (Трассовая) (1), Ноябрьская (1), Нюльгинская (1), Обская (1), Осиновская (45), Останинская (417, 418, 420, 421, 423, 424, 426, 428, 429, 436, 451), Павловская (2, 4), Панковская (1), Пельгинская (2, 3), Первомайская (265, 268, 269, 271, 272, 2287), Перкатская (9), Пинджинская (1, 3, 4, 5), Пионерская (1, 258), Пограничная (1), Поисковая (2), Пологая (1, 3), Полонская (1, 2), Полуденная (221, 222, 223), Пономаревская (1, 2), Поселковая (2, 4), Приграничная (5, 6, 8), Приколтогорская (1), Проточная (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8), Пуглалымская (86, 93), Речная (280, 285), Рогалевская (143, 145), Саймовская (1), Северная (211, 412, 424), Северо-Айсазская (1, 2), Северо-Васюганская (2, 5, 9, 16, 17), Северо-Залесная (1), Северо-Калиновая (23, 28), Северо-Карасевская (67), Северо-Мыльджинская (1), Северо-Останинская (1, 2, 4, 5, 17), Северо-Сильгинская (7), Северо-Тамбаевская (2), Северо-Фестивальная (1), Северо-Юлжавская (1), Селимхановская (1, 2), Сельвейкинская (1, 2), Сенькинская (37, 38), Смоляная (6), Среднеюлжавская (10, 43), Соболиная (173, 174), Советская	

Продолжение таблицы 2.14

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
		(3, 25, 26, 33, 48, 646), Солоновская (44, 45), Сомовская (145), Среднеюлжавская (10), Средненюрольская (41, 43), Средняя (10), Стариковская (36), Столбовая (79, 80, 82, 83, 84, 85, 88, 92), Стрежевская (11, 12, 14, 16, 17, 82), Ступенчатая (7), Сутыгинская (1), Тагайская (1, 6, 12), Тайжинская (17), Таловая (1, 3, 11), Тальянская (1, 2), Тамбаевская (2), Тамратская (2), Тибинакская (241, 242), Толпаровская (2), Траверсная (1), Трайгородская (2), Трассовая (317), Тростниковая (281), Туганская (1), Тунгольская (3), Урманская (2, 9, 10), Усть-Сильгинская (14), Усть-Тымская (1), Федюшкинская-Резервная (1, 5, 9, 12), Фестивальная (255), Хвойная (1), Чагвинская (1, 2, 3), Чапаевская (1, 2), Чарымовская (80), Чворовая (3), Чебачья (218, 219), Черталинская (3), Чинжарская (4), Чкаловская (4, 9, 11, 21), Шингинская (297, 298, 299), Широкая (50, 51), Шудельская (210), Эмторская (300), Юбилейная (403), Южная (1), Южно-Александровская (4, 5), Южно-Колтогорская (1), Южно-Майская (413), Южно-Матюшкинская (41), Южно-Моисеевская (7), Южно-Мыльджинская (27, 29), Южно-Соснинская (1), Южно-Табаганская (130, 131, 134, 135), Южно-Тамбаевская (76), Южно-Фестивальная (3, 4), Южно-Урманская (1, 2), Южно-Черемшанская (335, 336, 339, 342), Южно-Чкаловская (15), Ясная (21)	
	ХМАО (659 скважин, 146 площадей)	Аганская (9, 21, 22, 25, 29, 31, 122, 407, 904, 907, 909, 912, 914), Ай-Яунская (14), Аллюрная (1), Ариольская (15), Асомкинская (10, 11, 13, 17, 20, 21, 24, 26, 31, 44, 48, 49, 51, 54), Асомкинская-Фаинская (56, 57, 59, 67), Аэросейсмическая (100), Бахилловская (123), Ватинская (807, 814, 822, 826), Версигийская (4040, 4045, 4047), Верхне-Надымская (62, 66), Восточно-Лартельская (14), Восточно-Малобалыкская (54), Восточно-Правдинская (1305),	38506

Продолжение таблицы 2.14

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
		Восточно-Сургутская (28, 29, 30, 32, 33, 36, 38, 41, 42, 53, 56, 66, 71, 73, 80, 83, 87, 90, 91, 95, 1268, 1269, 1271, 1273), Восточно-Тайлаковская (121, 152, 157, 164, 165, 171), Восточно-Фроловская (51), Восточно-Хохряковская (107), Восточно-Юганская (104), Встречная (11, 4044), Вуемская (3), Гальнадская (844, 845), Горелая (17), Горшковская (1005, 1017, 1018), Дружная (69, 230, 322), Ефремовская (4023, 4025, 4031, 4032), Заозерная (3, 7, 15, 17), Западно-Асомкинская (35, 800, 803, 806, 807, 812, 823, 825), Западно-Балыкская (21), Западно-Каркатеевская (2), Западно-Котухтинская (123, 141), Западно-Малобалыкская (44, 45), Западно-Перевальная (98), Западно-Салымская (1), Западно-Самотлорская (181), Западно-Тевлинская (59), Западно-Тепловская (94), Западно-Угутская (3051, 3053, 3054, 3056, 3057, 3059, 3060, 3062, 3063), Западно-Усть-Балыкская (1196, 2003, 2004), Западно-Ютымская (138, 166, 167, 183, 184, 186, 189), Зимняя (14, 142), Икилорская (302, 303, 305), Итьяхская (300), Кетовская (50, 51, 52, 55, 56, 61, 63, 64, 78), Кечимовская (160), Киевская (9), Киняминская (206, 211, 213, 217, 218, 222, 229, 282), Когалымская (161), Колик-Еганская (148), Конитлорская (291), Кошильская (300, 305, 312, 337, 347), Кустовая (108), Лартельская (1), Лас-Ёганская (152, 185, 209), Ливадийская (131), Лисорская (42), Локосовская (30), Лульяхская (1, 2, 3, 5), Лунинская (10, 11), Майская (1226, 1229, 4005, 4017, 4022), Максимкинская (503), Мало-Аганская (831), Малобалыкская (1, 4, 6, 15, 21, 95, 107, 901), Малокодинская (19), Мало-Тепловская (2, 3), Мало-Юганская (402), Мамонтовская (10, 1141, 1142, 1143, 1144, 1145, 1146, 1147, 1229, 1230), Мегионская (62, 65), Молодежная (6), Мултановская (8), Мыхпайская (159), Нивагальская (204, 208, 210, 211, 250), Нижнекеумская (100), Новопокурская (245, 270),	

Продолжение таблицы 2.14

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
		<p>Новоютымская (51, 56, 61), Ожерельная (1), Омбинская (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 16, 19, 24, 25, 28), Онтохская (5, 10, 11, 13, 17, 18), Ореховская (400), Петелинская (3, 501, 502), Покачевская (12, 13, 15, 17, 33, 40, 41, 72, 206, 378), Полуденная (301, 302, 304, 305, 306), Поточная (31, 32, 58, 106), Правдинская (76, 1180, 1182, 1192), Приобская (174, 175, 187, 245, 253, 296, 330, 332, 409, 435, 624, 625), Приразломная (124, 129, 161, 188, 191, 198, 214, 216, 224, 282, 312, 314, 320), Равенская (150, 161, 162, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 178, 185, 199, 290, 291, 317, 319), Рогожниковская (706), Русскинская (201, 202, 212, 213, 214, 217, 224, 225, 239, 240, 241, 242, 255, 256, 257, 258), Салымская (2, 15, 16, 32, 33, 34, 40, 43, 49, 61, 63, 65, 70, 71, 73, 82, 88, 91, 94, 907, 100, 105, 106, 108, 114, 116, 118, 120, 121, 123, 128, 130, 131, 134, 145, 149, 150, 153, 157, 163, 167, 169, 173, 174, 176, 177, 182, 189, 190, 196, 200, 301, 305, 307, 308, 311, 2802), Севериная (40), Северо-Асомкинская (850), Северо-Вайская (38), Северо-Варьеганская (3, 6, 7, 12 19), Северо-Вать-Ёганская (404), Северо-Вахская (101), Северо-Конитлорская (296, 307), Северо-Ореховская (506, 507, 550), Северо-Островная (100, 101), Северо-Покамасовская (65), Северо-Покачевская (98, 102, 103, 104, 106, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 127, 128, 134, 135, 136, 143, 160, 211, 213, 221, 224), Северо-Покурская (24, 400, 404, 405, 406, 409), Северо-Поточная (54, 137, 145), Северо-Салымская (84, 1183), Северо-Чупальская (30), Селияровская (15, 16, 17, 18), Согорская (3021, 3023), Солкинская (1153, 1167), Соровская (40), Сорымско-Иминская (2, 8, 12, 16, 25, 28), Среднеаманьская (132), Среднебалыкская (3100, 3103, 3105, 3106, 3108, 3109, 3110, 3113, 3114, 3126, 3127), Среднекондинская (20), Среднеугутская (80, 107, 108),</p>	

Продолжение таблицы 2.14

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
		Средне-Шапшинская (123), Тайлаковская (139, 140, 142, 143, 151, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 169, 185, 187, 189, 196, 256, 257), Тевлинская (20, 101, 102, 108, 108, 113, 120, 153), Тевлинско-Русскинская (112, 244, 2922), Тепловская (1163, 1323), Тетеревская (826, 1125), Травяная (91, 201, 203, 204), Тундринская (47, 100), Тюменская (214), Угутская (5, 14, 28, 29, 33, 37, 49, 58, 66, 78), Удачная, (500), Урьевская (81, 133, 134, 178, 206, 213), Усть-Балыкская (540, 1149, 1150, 1169, 1195, 2000, 2001, 2002), Усть-Вайская (37), Фаинская (70, 71), Фроловская (50, 53, 61), Ханты-Мансийская (2, 15, 25), Чупальская (67), Эниторская (971), Энтельская (1, 2, 3, 5), Эргинская (44), Южно-Аганская (1330), Южно-Балыкская (1174, 1199), Южно-Владигорская (209), Южно-Киняминская (250, 251), Южно-Покамасовская (119), Южно-Покачевская (63, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 87, 98, 100, 104, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 119, 134), Южно-Сургутская (4, 17, 684, 853, 1154, 1155, 1159, 1160, 1163, 1164, 1165, 1170, 1171, 1172, 1250, 1251, 1252, 1253, 1255, 1257, 1259, 1260, 1261, 1263, 1264, 1276), Южно-Тайлаковская (168), Южно-Ягунская (158), Юккунская (149), Яккунь-Яхская (170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 192, 193), Яхлинская (2, 4, 7, 8, 18, 27, 28)	
	Тюменская область, юг (83 скважины, 50 площадей)	Валентиновская (50), Варягская (1), Васькинская (24), Восточно-Густореченская (42), Восточно-Демьянская (182), Герасимовская (36), Демьянская (20, 23), Ендырская (14), Жерняковская (183), Западно-Ишимская (2, 6), Западно-Лумкойская (96), Западно-Пихтовая (300), Зимняя (6), Иртышская (16), Кальчинская (61, 72), Качкарская (711), Куниякская (231, 252), Кустюмовская (281), Левобережная (192), Лигиярская (40), Лыхская (70), Мутуньская (40), Немчиновская (1, 42), Пекманская (274), Перилская (90),	4960

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
		Петъегская (60, 61), Пихтовая (302, 304), Радонежская (122), Ракитинская (3), Северо-Демьянская (7), Северо-Кальчинская (51, 52, 55), Северо-Немчиновская (44), Северо-Тямкинская (224), Сложная (90), Среднекеумская (70), Тальцийская (16, 20), Тамаргинская (53), Тюмская (50), Тямкинская (208, 209), Урненская (10, 17, 19, 28, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 56, 58, 60), Урурная (1), Усть-Тегусская (6, 100, 102, 106, 112, 113), Центрально-Алымская (2), Эпаская (1, 2), Южно-Варягская (4), Южно-Венихъяртская (19), Южно-Демьянская (4), Южно-Лигиярская (41), Южно-Нюрымская (12), Ютымская (80)	
	Новосибирская область (60 скважин, 37 площадей)	Бергульская (1, 2), Биазинская (1), Буйновская (1), Верхне-Тарская (1, 4, 7, 17, 30), Верхне-Чековская (1), Веселовская (1, 3, 4, 5, 6), Витинская (1), Восточная (3, 7), Восточно-Межовская (8, 13), Восточно-Тарская (3), Горбуновская (1), Дедовская (1, 3), Заречная (2), Камышинская (1), Касманская (1, 10), Майзасская (1), Мало-Ичская (2, 3, 5, 20, 22), Межовская (11, 102), Мурашовская (1), Надеждинская (2), Новотроицкая (1), Пахомовская (1), Пограничная (2), Прибелинская (1), Пустоваловская (1), Раздельная (1, 3), Ракитинская (4), Северо-Межовская (7), Сергеевская (2, 3), Тай-Дасская (2, 3), Тартасская (1, 3), Томиловская (1), Тракторная (1), Ургульская (4), Чековская (2), Южно-Ракитинская (9), Южно-Тарская (1, 2)	3594
	Омская область (28 скважин) 18 площадей	Азановская (1), Аксеновская (1); Баклянская (2, 5), Дорожная (1), Западно-Большереченская (1), Ивановская (1), Кулайская (3), Муромцевская (1), Наталинская (2), Новоомская (1), Орловская (2), Прирахтовская (1, 3, 5, 6, 7), Сапрыкинская (1, 2), Северо-Кулайская (10), Тайтымская (2), Тяпугинская (1), Угловская (1), Ягыл-Яхская (1, 3, 5, 7), Ай-Хетгинская (110), Активная (154), Апакапурская (53), Бованенковская (114), Верхне-Пурпейская (95, 202), Верхнетолькинская (4),	1522

Продолжение таблицы 2.14

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
	ЯНОО (160 скважин, 99 площадей)	Восточно-Еты-Пуровская (190), Восточно-Коллективная (746), Восточно-Лакьюганская (105, 112), Восточно-Медвежья (86, 5025), Восточно-Таркосалинская (913), Восточно-Уренгойская (306), Восточно-Хеттинская (151), Восточно-Янгтинская (106), Вынгапуровская (116, 166, 300, 317), Вэнгаяхинская (30, 37, 355), Геологическая (3, 10, 35, 36, 602), Горностаевская (12), Губкинская (42, 45), Дельтовая (60), Ево-Яхинская (350, 351, 356, 358), Ен-Яхинская (7, 496, 498, 500, 501, 503, 504), Еты-Пуровская (82, 89, 171, 172, 177, 178, 196), Етыяхская (70), Западно-Вынгапуровская (102), Западно-Луцеяхская (67), Западно-Медвежья (101, 102, 103), Западно-Новогодняя (70, 201), Западно-Надымская (70), Западно-Новогодняя (201), Западно-Ноябрьская (709), Западно-Ортыгунская (8), Западно-Пайсятская (214), Западно-Харампурская (554), Западно-Ягенеттская (12), Иохтурская (517, 525), Крайняя (51, 69, 74), Кушелевская (45), Лакьюганская (101), Лензитская (70, 72, 74, 75, 76, 77, 80), Мало-Ортыгунская (7), Мало-Пякутинская (510), Мариэттинская (1, 2), Марьинская (4), Медвежья (30, 34, 36, 52, 183, 1001, 5008, 5011), Милисская (41), Надымская (2), Насельская (561), Нгарская (5101), Нерутинская (2, 5), Нижне-Хадыгинская (50), Новогодняя (125, 168), Ново-Портовская (51, 58, 100, 103), Ныдинская (64, 75, 82), Ортыгунская (15), Отдельная (51, 66), Полуйская (200, 201, 202, 204), Присклоновая (54), Пякупурская (720), Пякутинская (536), Пякяхинская (2011), Самбургская (259, 400), Самородская (82), Сандибинская (5), Северо-Губкинская (53, 803), Северо-Есетинская (301), Северо-Комсомольская (452, 467), Северо-Лакьюганская (103), Северо-Ноябрьская (115), Северо-Пямалияхская (32), Северо-Романовская (107), Северо-Соимлорская (131), Северо-	16302

Продолжение таблицы 2.14

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
		Соколиная (140), Северо-Тагринская (132), Северо-Уренгойская (426), Семиеганская (126), Соколиная (140), Средне-Итурская (790), Средне-Киртыгорская (109), Средне-Хулымская (52), Сугмутская (423, 430, 464, 483), Сюнай-Салинская (41, 43), Тюменская (6), Умсейская (9, 48, 74), Уренгойская (114, 252, 254, 282, 286, 289, 403, 411, 673, 739), Харампурская (309, 311, 331), Харасавейская (103), Хейгинская (1, 2, 4), Холмистая (662), Юбилейная (100, 2001, 2002), Южно-Инучинская (352), Южно-Марьинская (9), Южно-Падинская (5034), Южно-Пякутинская (17), Южно-Ярайнерская (50, 51), Ямсовейская (83), Янчинская (71), Ярайнерская (12, 24, 31), Ярэйская (486)	
	ИТОГО:	Баженовская свита	84504
Тутлеймская (нижняя часть)	ХМАО (48 скважин, 30 площадей)	Апрельская (4), Вонь-Ёганская (1, 20, 30), Восточно-Камская (1), Восточно-Шебурская (2, 3, 28, 29, 30, 31), Восточно-Янлотская (3), Галяновская (10, 37, 38, 2031, 2034, 2035), Ем-Еговская (171, 426, 826), Западно-Вандмторская (30), Западно-Ташинская (10), Западно-Фроловская (62), Каменная (201), Камская (19, 22), Карабинская (15), Кашатская (23), Кондинская (18), Коралловая (85, 86), Крестьянская (35), Куртымская (43), Кушьюхская (1, 12), Назымская (21), Нарыкарская (120), Поснокортская (832), Согомская (8), Сохолская (80), Средне-Назымская (223, 3001, 3002), Ташинская (4), Турумеевская, (4), Хангакуртская (828), Южно-Шебурская (1)	4674
	Тюменская область, юг (3 скважины) 3 площади	Абалакская (3), Верхнетюмская (34), Черкашинская (2)	342
	ИТОГО:	Тутлеймская (нижняя часть)	5016

Продолжение таблицы 2.14

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
Мулымьинская (нижняя часть)	ХМАО (49 скважин, 19 площадей)	Западно-Ловинская (63), Картопьянская (7, 10, 11, 12, 14, 18), Лазаревская (10123, 10139, 10270, 10394), Ловинская (36), Мало-Тапская (1, 3), Мансингьянская (10072), Мортымьинская (135), Навская (10202), Пайтыхская (50), Половинкинская (101, 110), Потанайская (11, 17, 65), Славинская (9050, 9051, 9054, 10332, 10341, 10342), Супринская (10611), Сыморь-Яхская (10228, 10232, 10241, 10242), Терпеевская (22), Убинская (301, 306, 309, 313, 314, 316, 328, 346), Филипповская (2), Шугурская (1); Шухтунгортская (309, 332, 381)	5466
	ИТОГО:	Мулымьинская (нижняя часть)	5466
Даниловская (верхняя часть)	ХМАО (21 скважина, 4 площади)	Даниловская (61, 86, 89, 92, 107, 108, 110, 10008, 100014, 100017), Золотая (10025), Северо-Даниловская (10151, 10152, 10157, 10158, 10167, 10179), Тальниковая (10085, 10087, 10090, 10177)	2390
	ЯНАО (2 скважины, 1 площадь)	Верхне-Реченская (2, 3)	138
	Тюменская область, юг (6 скважин, 3 площади)	Борковская (1, 3, 4, 5), Михайловская (2), Тараскульская (7)	408
	ИТОГО:	Даниловская (верхняя часть) свита	2936
Марьяновская	ХМАО (7 скважин, 7 площадей)	Боровая (8), Восточно-Пылькарминская (11), Восточно-Сабунская (10), Западно-Сабунская (1), Кулын-Игольская (2), Приозерная (92), Северо-Сабунская (2)	392
	Томская область (32 скважины, 26 площадей)	Ажарминская (1), Береговая (1), Вездеходная (1, 2, 3, 4), Верхнекенгская (1), Восток (1, 3), Громовская (1), Еланская (1), Западная (1), Западно-Колпашевская (1), Карбинская (1, 2), Кенгская (135), Колпашевская (7), Корбыльская (1), Крыловская (1), Куржинская (235), Малочимулякская (1), Мартовская (431), Няргинская (1), Парбигская (1, 3), Песчаная (1), Поскоевская (1), Пульсецкая (40), Северо-	3054

Продолжение таблицы 2.14

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
		Колпашевская (81), Тигинская (1), Тымская (1), Чунжельская (1)	
	Новосибирская область (2 скважины, 2 площади)	Западно-Калгачская (1), Чановская (1)	186
	ИТОГО:	Марьяновская свита	3632
Максимоярская (верхняя часть)	Томская область (3 скважины, 3 площади)	Татьяновская (1), Чачанская (1), Ярская (2)	428
	ИТОГО:	Максимоярская (верхняя часть)	428
Баганская	Новосибирская область (2 скважины, 2 площади)	Доволенская (1), Южно-Чулымская (1)	338
	ИТОГО:	Баганская свита	338
	ИТОГО:	Количество проанализированных образцов	102320 (из них ЯНАО – 16440)
		Количество скважин – 1627 (из них ЯНАО – 162)	
		Площади – 658 (из них ЯНАО – 100)	
Количество образцов по свитам	ИТОГО	баженовская свита – 1452 скважины (ЯНАО – 160) (из них без ЯНАО – 1292 скважин)	84504 68202
		Тутлеймская (нижняя часть), скважины – 51	5016
		Мулымьинская (нижняя часть), скважины – 49	5466
		Даниловская (верхняя часть), скважины – 29	2936
		Марьяновская (верхняя часть), скважины – 41 скважина	3632
		Максимоярская (верхняя часть), скважины – 3	428
		Баганская (верхняя часть), скважины – 2	338
		Яновстанская – нет	нет
		Гольчихинская – нет	нет

Окончание таблицы 2.14

Свита	Субъект федерации	Площади, скважины	Количество измерений
Количество образцов по Административным округам		ХМАО (784 скважины)	51428
		Томская область (497 скважин)	23102
		Тюменская область, юг (92 скважины)	5710
		Новосибирская область (64 скважины)	4118
		Омская область (28 скважин)	1522
		ЯНАО (162 скважины)	16440
		Красноярский край (не использован ГИС)	нет

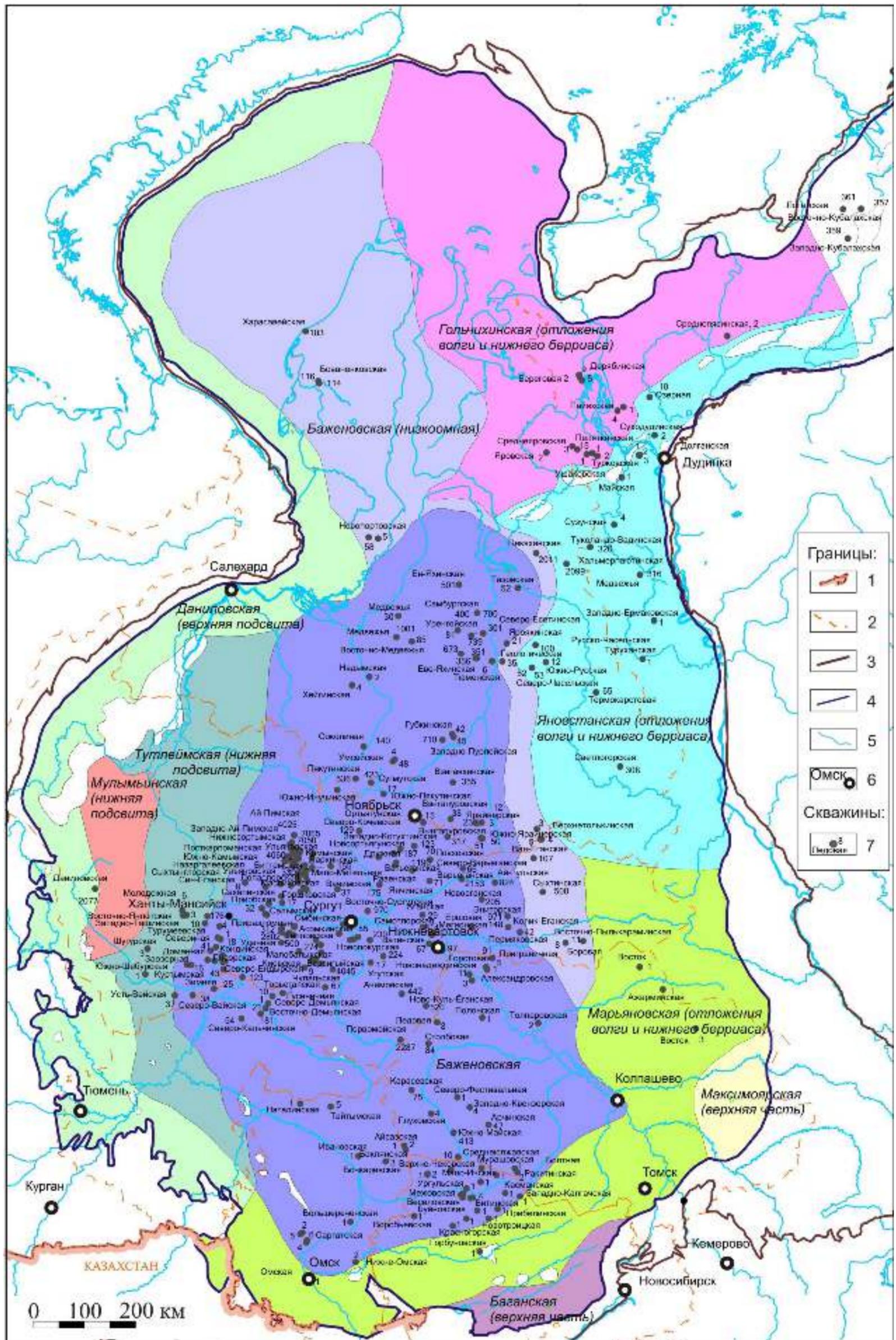


Рисунок 2.27 – Изученность территории исследования керном

Условные обозначения: 1–4 – границы: 1 – государственная; 2 – административная; 3 – распространения отложений мезозоя; 4 – площадного распространения верхнеюрских отложений. 5 – гидросеть; 6 – населенные пункты; 7 – скважины с аналитическими определениями $C_{орг}$ по керну.

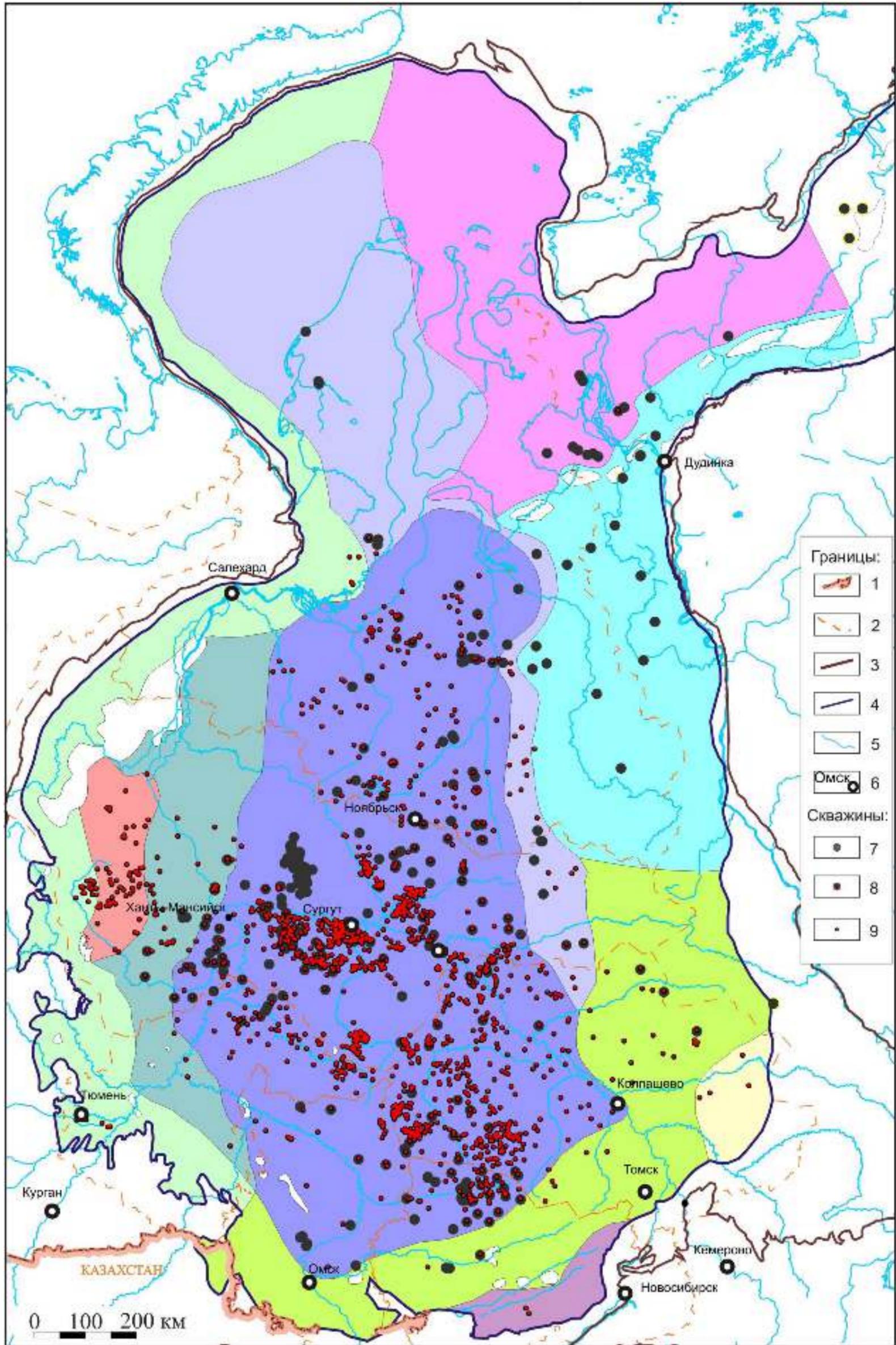


Рисунок 2.28 – Изученность территории исследования керном и ГИС

Условные обозначения: 1–4 – границы: 1 – государственная; 2 – административная; 3 – распространения отложений мезозоя; 4 – площадного распространения верхнеюрских отложений. 5 – гидросеть; 6 – населенные пункты; 7 – скважины с аналитическими определениями $S_{орг}$ по керну; 8 – скважины с аналитическими определениями $S_{орг}$ по керну и определениями $S_{орг}$ по ГИС; 9 – скважины с определениями $S_{орг}$ по ГИС.

Глава 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ БАЖЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА

Сообщения о том, что в разрезах мезозоя Западно-Сибирского осадочного бассейна более всего обогащены органическим углеродом отложения верхней юры появились в 1958-1959 гг. [Никонов, 1959; Сверчков, 1958; Гурари, 1959; Черников, Запивалов, 1958].

В главах 1 и 2 автором было отмечено, что попытки описать закономерности распределения органического углерода в породах баженовского горизонта, и особенно баженовской свиты, начиная с 60-х годов прошлого века предпринимались неоднократно. Часто это были схематические построения, опирающиеся на относительно ограниченный аналитический материал, либо они выполнялись для локальных территорий. Применение метода определения концентраций $C_{\text{орг}}$ в породах по данным ГИС с помощью зависимости «кern – ГИС» позволило разным авторам [Плуман, 1975; Хабаров и др., 1980; Гурари и др., 1988; Конторович, 2002; и др.], использовавшим при поисках зависимости «кern – ГИС» средние значения $C_{\text{орг}}$, полученные при лабораторных исследованиях керн в скважине, со средними значениями каротажа для всего интервала баженовской свиты, значительно увеличить плотность наблюдения на площади, обеспечивая детальность построений 2D. В настоящей работе был применен аналогичный методический подход, но в отличие от предыдущих исследователей, зависимости «кern – ГИС» строились для всей совокупности определений $C_{\text{орг}}$ по керну и значений γ -активности пород по данным ГК в каждой скважине, что позволило изучить распределение $C_{\text{орг}}$ во всем разрезе точно через каждые 0.5 м в каждой скважине, охарактеризованной данными радиоактивного каротажа. В результате выбранной в работе комплексной методики определения $C_{\text{орг}}$ были выявлены основные параметры

распределения органического углерода в разрезе и закономерности латерального распределения органического углерода в породах баженовского горизонта и отдельных свит в его составе. Ниже последовательно излагаются результаты этих исследований.

3.1 Средние содержания органического углерода в баженовском горизонте и отдельных свитах, его слагающих

В настоящей работе во всём баженовском горизонте по данным керна и ГИС было использовано 107318 определений по 1895 скважинам. Согласно проведённым исследованиям, современные концентрации $C_{\text{орг}}$ в породах горизонта меняются от долей процента до 25 % и более, среднее содержание $C_{\text{орг}}$ – 4.5 %, модальное значение – 3 % (Рисунок 3.1).

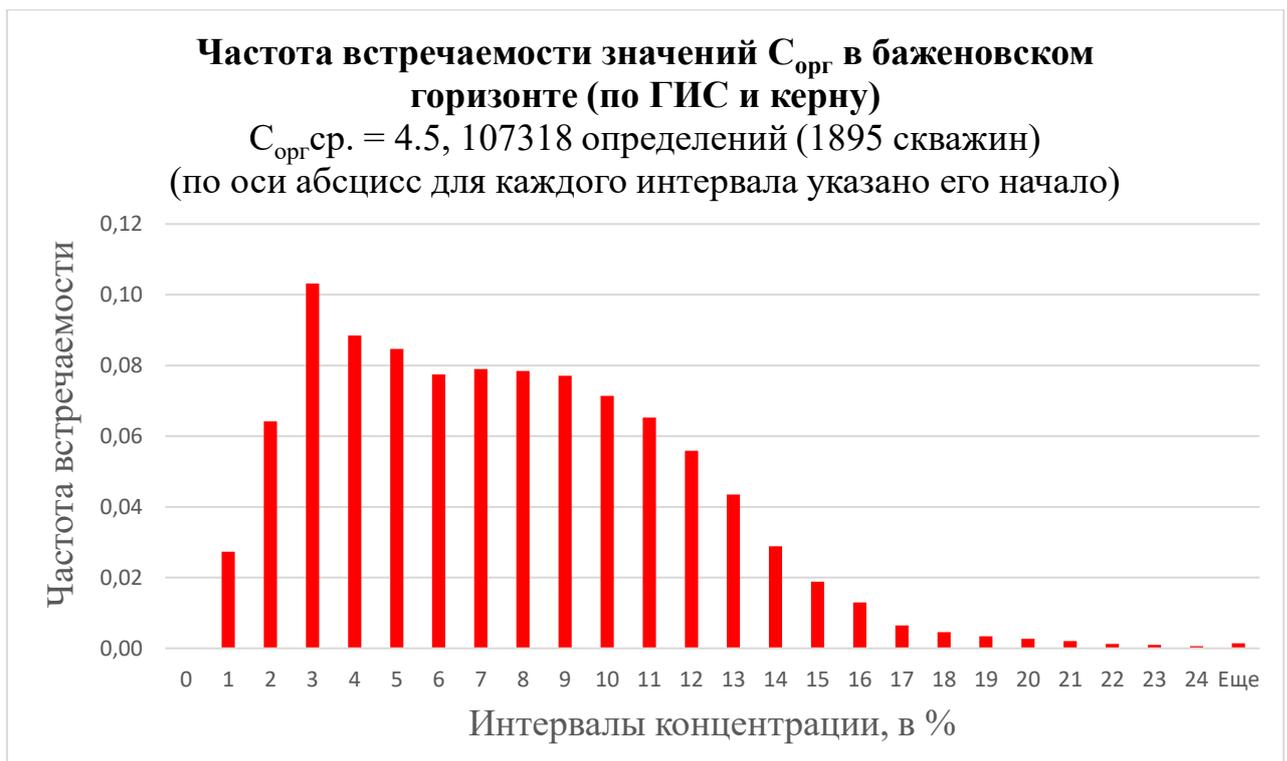


Рисунок 3.1 – Распределение концентраций $C_{\text{орг}}$ в баженовском горизонте

В работе для баженовской свиты было выполнено 88948 определений по 1667 скважинам, среднее значение – 7.1 %, модальное значение – 9 % (Рисунок 3.2).

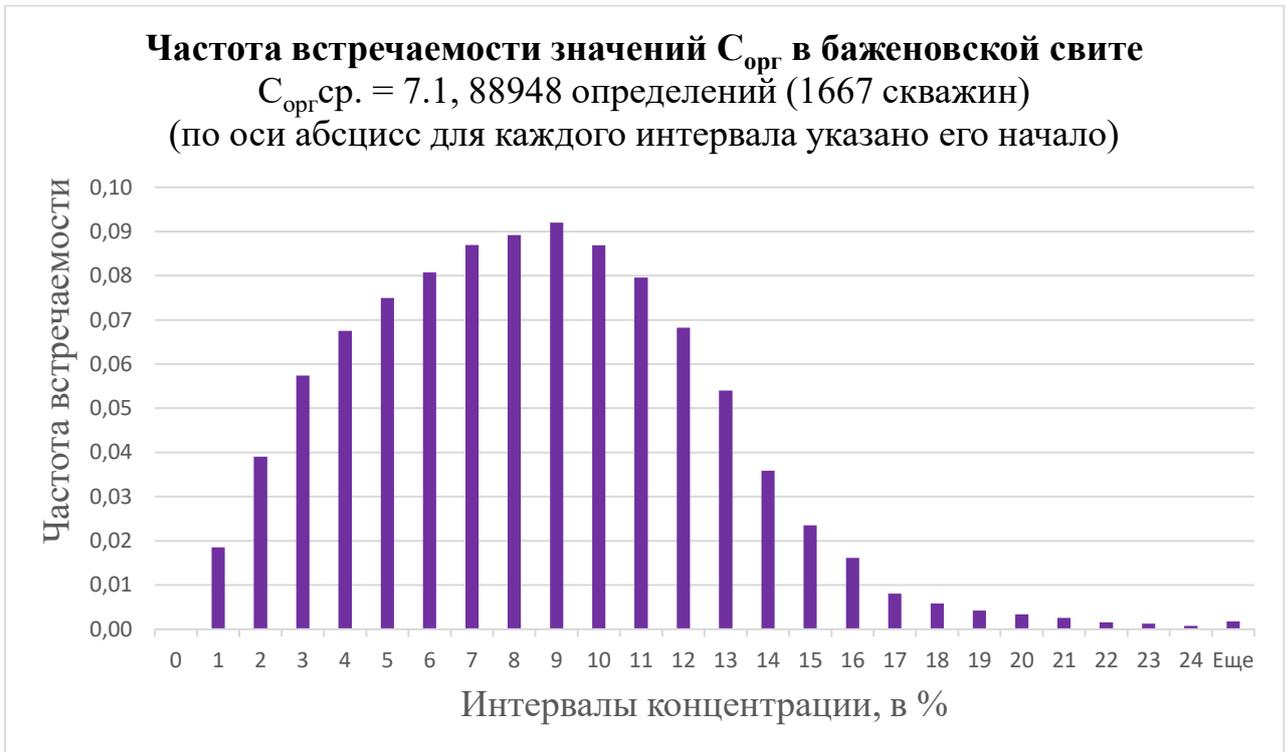
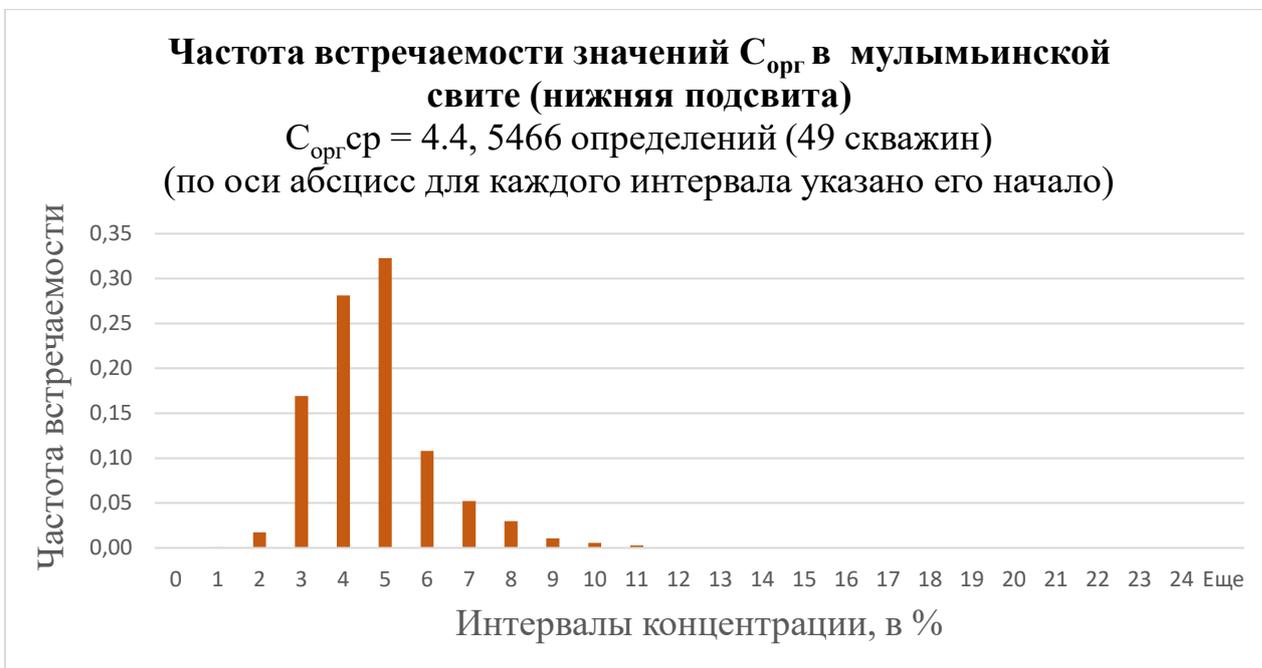


Рисунок 3.2 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в баженовской свите

Для нижнетутлеймской подсвиты было выполнено 5198 определений по 63 скважинам, среднее значение – 6.1 %, модальное значение – 6 % (Рисунок 3.3).

Аналогичные оценки были выполнены для других свит баженовского горизонта (Рисунок 3.4, Рисунок 3.5, Рисунок 3.6, Рисунок 3.7, Рисунок 3.8, Рисунок 3.9, Рисунок 3.10).

Для нижней подсвиты мулымьинской свиты было выполнено 5466 определений по 49 скважинам, среднее значение – 4.4 %, модальное значение – 5 % (Рисунок 3.4).

Рисунок 3.3 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в нижнетутлеймской подсвитеРисунок 3.4 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в нижней подсвите мулымьинской свиты

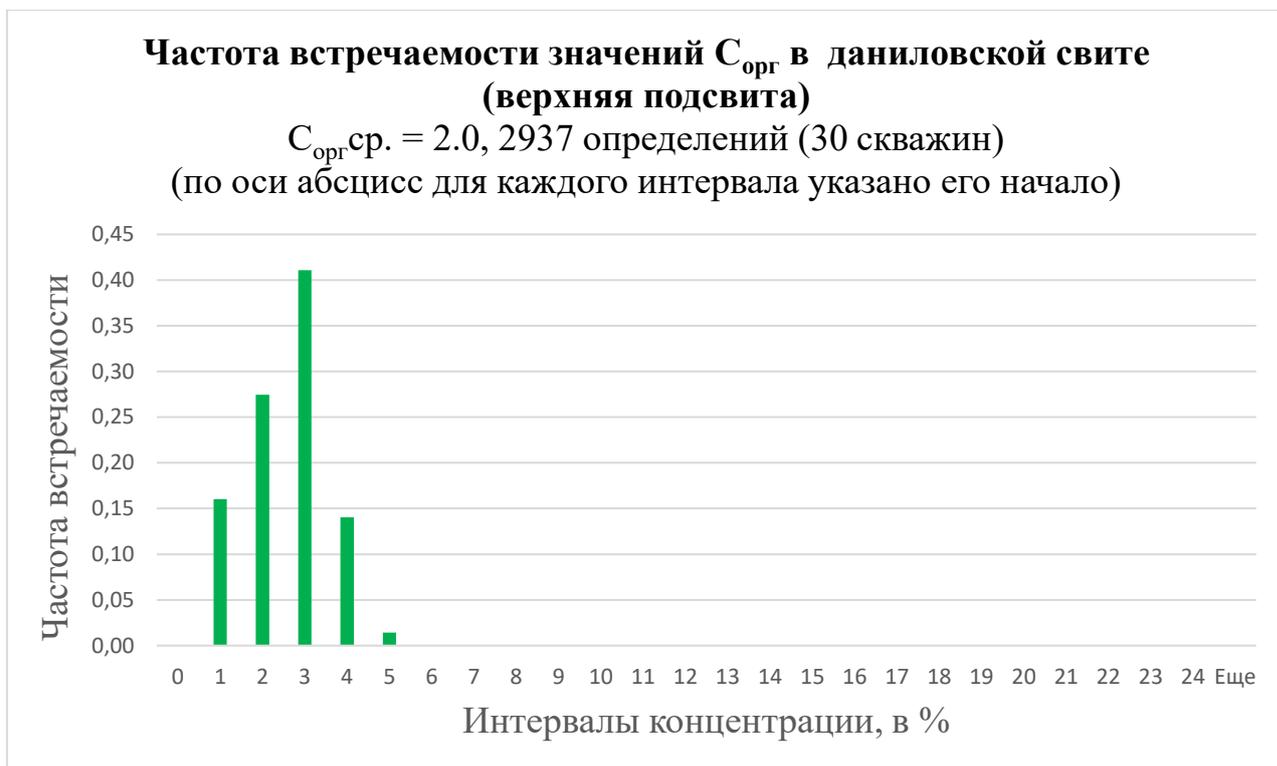
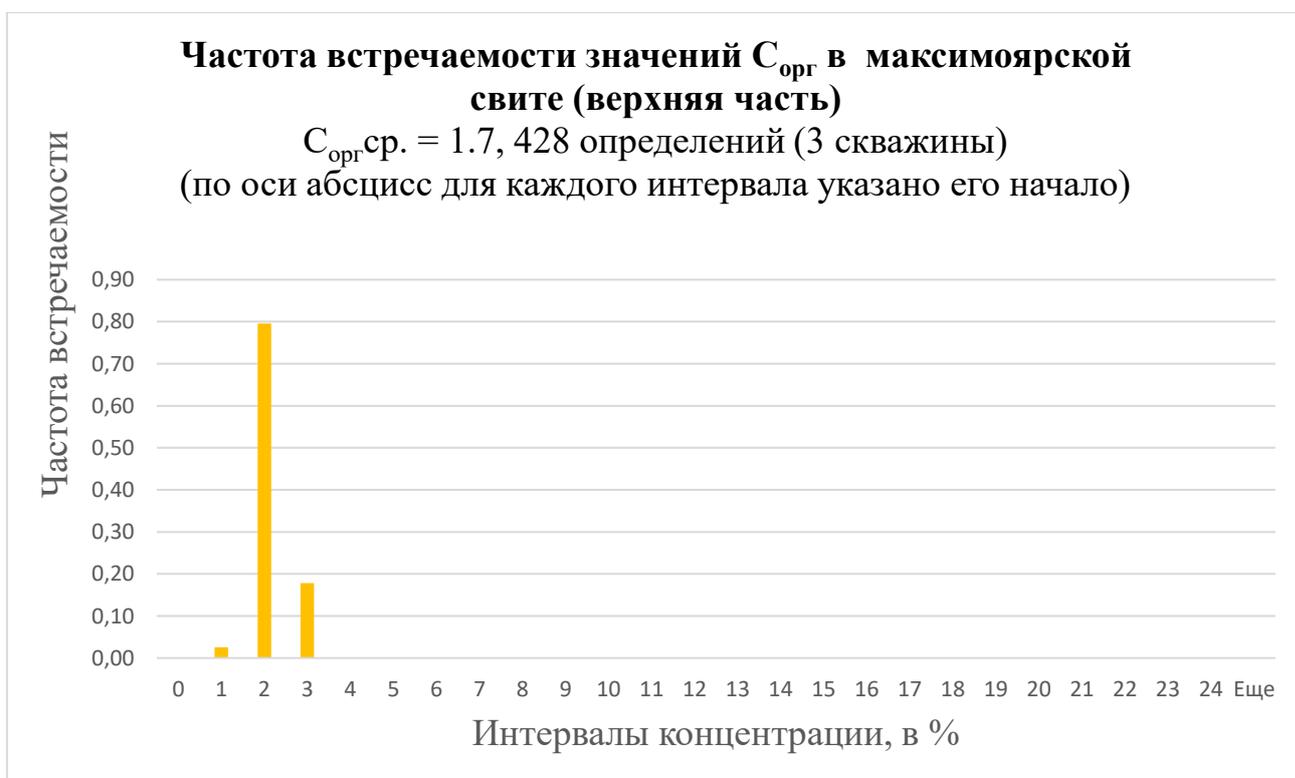
Для марьяновской свиты было выполнено 3683 определений по 47 скважинам, среднее значение – 2.9 %, модальное значение – 3 % (Рисунок 3.5).

Для даниловской свиты (верхняя подсвита) было выполнено 2937 определений по 30 скважинам, среднее значение – 2.0 %, модальное значение – 3 % (Рисунок 3.6).

Для максимоярской свиты (верхняя часть) было выполнено 428 определений по 3 скважинам, среднее значение – 1.7 %, модальное значение – 2 % (Рисунок 3.7).



Рисунок 3.5 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в марьяновской свите (верхняя часть)

Рисунок 3.6 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в верхнеданиловской подсвитеРисунок 3.7 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в максимоярской свите (верхняя часть)

Для баганской свиты (верхняя часть) было выполнено 338 определений в 2 скважинах, среднее значение – 2.3 %, мода равна 1 % (Рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в баганской свите (верхняя часть)

Для гольчихинской свиты было выполнено 133 определений в 15 скважинах, среднее значение – 2.4 %, мода равна 2 % (Рисунок 3.9).

Для яновстанской свиты было выполнено 187 определений в 19 скважинах, среднее значение – 1.5 %, мода равна 2 % (Рисунок 3.10).

Еще исследования 60-х-70-х годов прошлого века показали тенденцию роста концентраций органического углерода в породах от окраин бассейна седиментации волжского века к его центральной, наиболее глубокой части [Гурари и др., 1963; Конторович, 1967; Конторович и др., 1971, 1975]. Выполненные в рамках настоящей работы исследования подтвердили и детализировали на представительном материале выявленные ранее тенденции распределения $C_{орг}$ в Западно-Сибирском осадочном бассейне.



Рисунок 3.9 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в гольчихинской свите (верхняя часть)

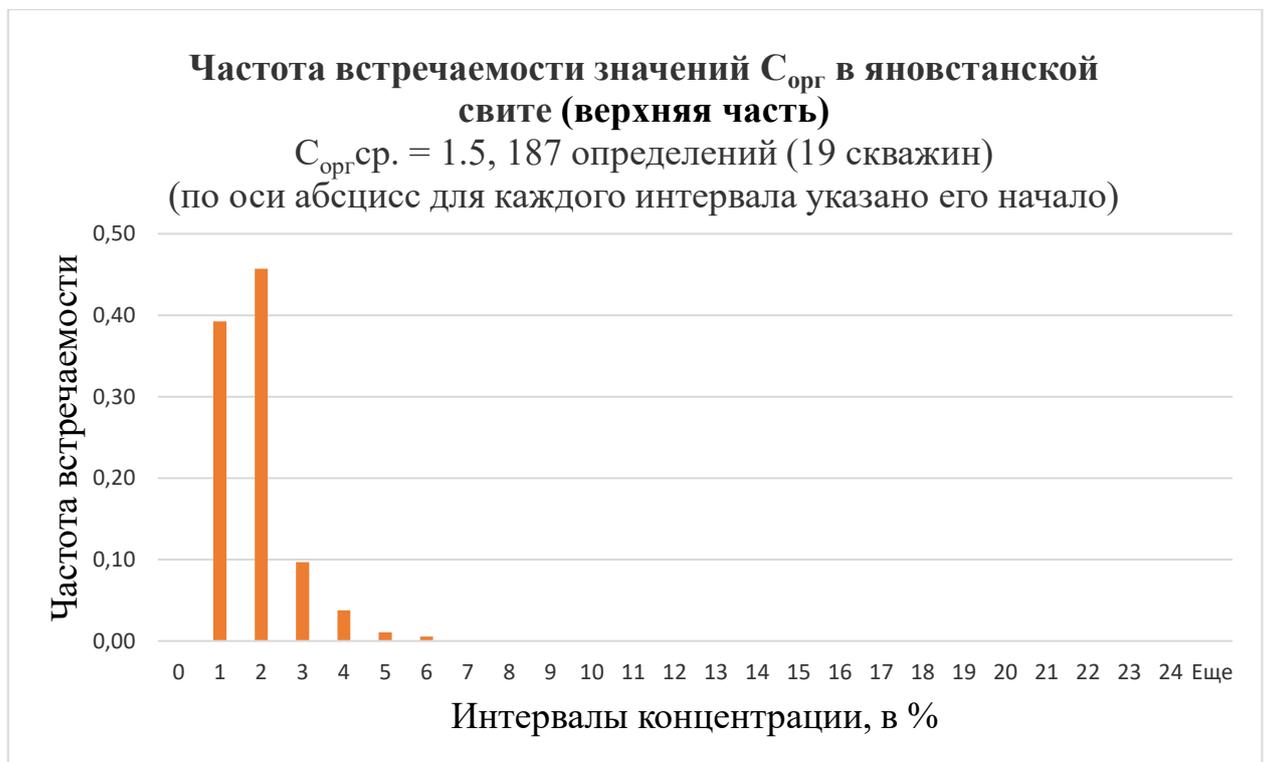


Рисунок 3.10 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в яновстанской свите (верхняя часть)

Данные, полученные при исследовании частоты встречаемости значений $C_{орг}$ в отдельных свитах, приведены на карте фациально-стратиграфического районирования баженовского горизонта на рисунке 3.11. Как видно, средние значения $C_{орг}$ по свитам изменяются от 1.5 % – по периферии бассейна – в яновстанской свите (верхняя часть), до 7.1 % – в центральной части осадочного бассейна – в баженовской свите.

В таблице 3.1 вышеперечисленные данные (средние, максимальные и модальные концентрации $C_{орг}$ в породах) приведены в виде сводной таблицы для разных свит баженовского горизонта. Видно, что максимальные значения варьируют от 3 % – в максимоярской свите (верхняя часть), до 25 % – в баженовской и тутлеймской (нижняя подсвита) свитах. При этом модальные значения по свитам изменяются от 1 % – в баганской свите (верхняя часть) до 9 % – в баженовской свите.

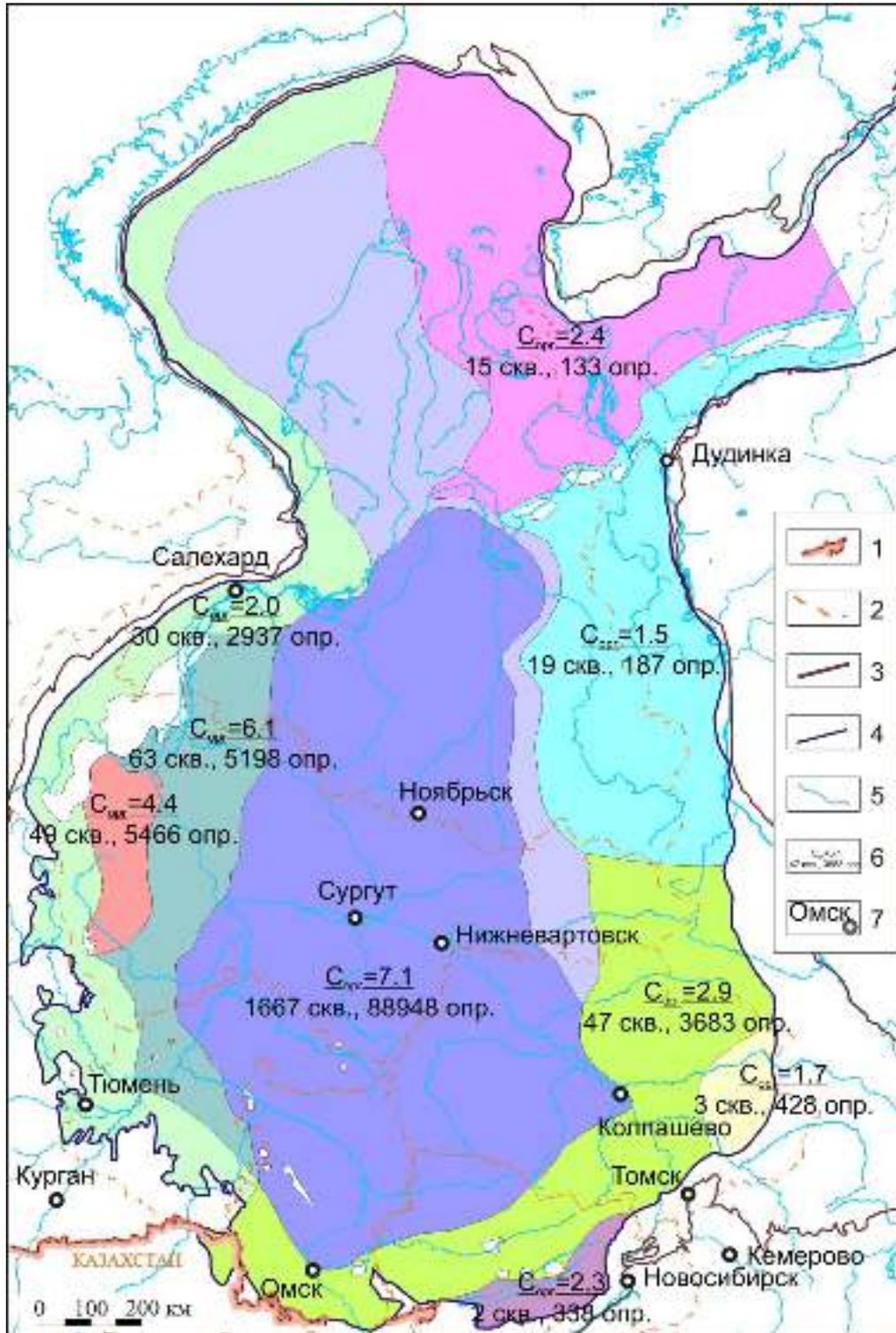


Рисунок 3.11 – Средние значения C_{org} в свитах баженовского горизонта

Условные обозначения: 1–2 – границы: 1 – государственная; 2 – административная. 3 – площадного распространения отложений мезозоя; 4 – площадного распространения верхнеюрских отложений; 5 – гидросеть; 6 – средние концентрации C_{org} в отдельных свитах по керну и ГИС (указано в числителе), количество скважин и определений – указано в знаменателе; 7 – населенные пункты.

Таблица 3.1 – Распределение современных средних, максимальных и модальных концентраций $C_{орг}$ по свитам баженовского горизонта

№ п.п.	Свита	$C_{орг}$ среднее, %	$C_{орг}$ макс., %	$C_{орг}$ мода, %
1.	Баженовская	7.1	25.0	9.0
2.	Тутлеймская (нижняя подсвита)	6.1	25.0	6.0
3.	Мулымьинская (нижняя подсвита)	4.4	11.0	5.0
4.	Даниловская (верхняя подсвита)	2.0	5.0	3.0
5.	Гольчихинская (верхняя часть)	2.4	6.0	2.0
6.	Яновстанская (верхняя часть)	1.5	6.0	2.0
7.	Марьяновская (верхняя часть)	2.9	9.0	3.0
8.	Максимоярская (верхняя часть)	1.7	3.0	2.0
9.	Баганская (верхняя часть)	2.3	5.0	1.0

Если принять по Н.Б. Вассоевичу [Вассоевич, 1972] кларк $C_{орг}$ в осадочных породах, равным 1 %, то 99 % пород баженовского горизонта имеют значения $C_{орг}$ выше кларка (Таблица 3.2).

Таблица. 3.2 – Современное содержание органического углерода в породах свит баженовского горизонта

Свита	Всего определений	Количество определений $C_{орг}$ до 1 %	% определений $C_{орг}$ меньше 1 %	Количество определений $C_{орг}$ от 1 % до 3 %	% определений $C_{орг}$ от 1 % до 3 %	Количество определений $C_{орг}$ от 3 % до 5 %	% определений $C_{орг}$ от 3 % до 5 %	Количество определений $C_{орг}$ от 5 % до 7 %	% определений $C_{орг}$ от 5 % до 7 %	Количество определений $C_{орг}$ больше 7 %	% определений $C_{орг}$ больше 7 %	$C_{орг}$ ср., %	Количество скважин
баженовская	88948	0	0	2164	2	9359	11	11644	13	65783	74	7.1	1667
тутлеймская (ниж. подсв.)	5198	0	0	468	9	1087	21	1215	23	2427	47	6.1	63
мулымьинская (ниж. подсв.)	5466	0	0	98	2	2460	45	2355	43	552	10	4.4	49
даниловская (верх. подсв.)	2937	0	0	1277	43	1618	55	42	1	0	0	2.0	30
марьяновская (верхняя часть)	3683	0	0	649	18	2501	68	373	10	159	4	2.9	47
баганская (верхняя часть)	338	5	1	304	90	25	7	4	1	0	0	2.3	2
максимоярская (верхняя часть)	428	0	0	352	82	76	18	0	0	0	0	1.7	3
гольчихинская (верхняя часть)	133	0	0	54	41	45	34	8	6	0	0	2.4	15
яновстанская (верхняя часть)	187	0	0	150	80	25	13	3	2	0	0	1.5	19
Сумма:	107318	5	0	5516	5	17196	16	15644	15	68921	64	3.4	1895

3.2 Пространственные закономерности распределения современных концентраций органического углерода в отдельных разрезах баженовского горизонта

Согласно результатам выполненных исследований по керну и ГИС, в центральной части Западно-Сибирского осадочного бассейна, где развиты баженовская и тутлеймская (нижняя подсвита) свиты, содержание органического углерода в породах меняется от 1-2 % до 25 % и выше. Наиболее часто встречаемые современные концентрации $C_{\text{орг}}$ в породах этих свит составляют от 6.0 % до 10.0 %, среднее по результатам 94146 (1730 скважин) анализов – 6.6 % (Рисунок 3.12).

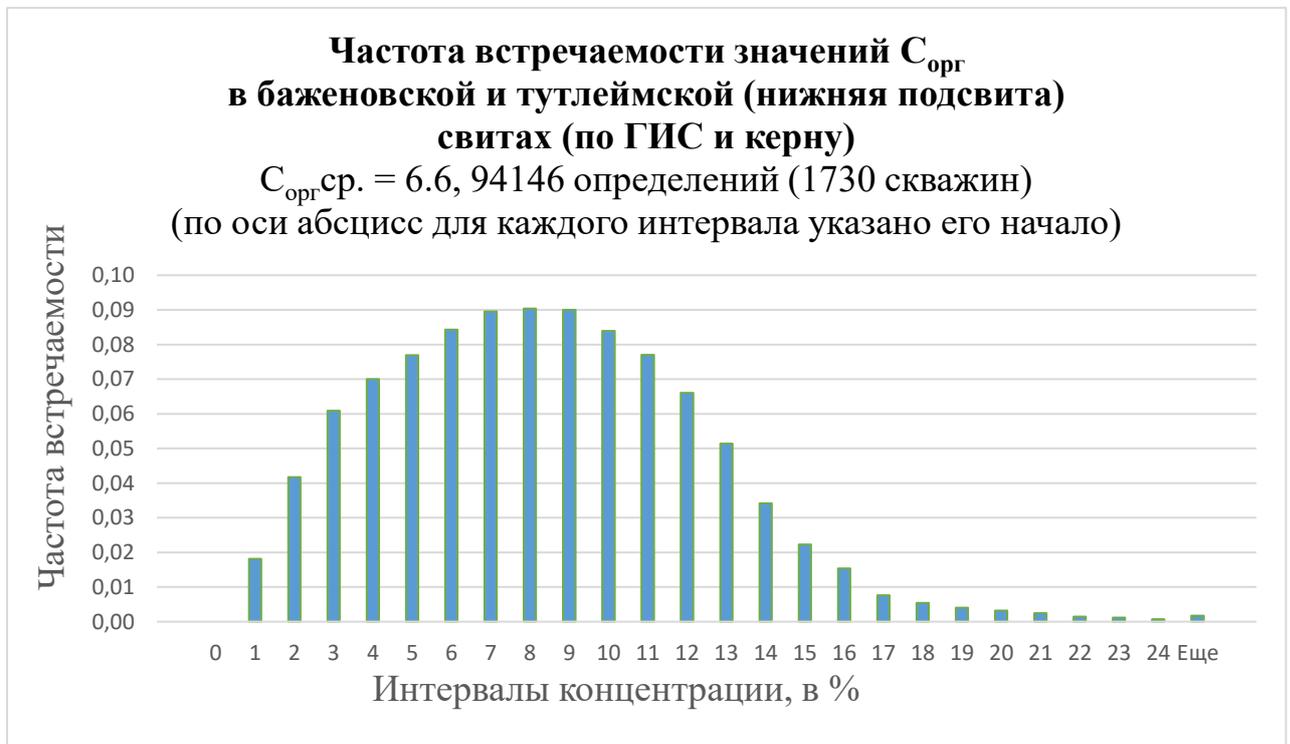


Рисунок 3.12 – Распределение концентраций $C_{\text{орг}}$ в породах волжско-раннеберриасского возраста в центральных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна

На западной, юго-западной, южной и юго-восточной периферии бассейна, где развиты даниловская (верхняя подсвита), мулымьинская (нижняя подсвита), верхние части баганской, марьяновской и максимоярской свит, по данным керн и ГИС в 131 скважине концентрация $C_{\text{орг}}$ меняется от долей процента до 10-11 %. В этой части бассейна обработка полученных данных (12852 анализов) $C_{\text{орг}}$ в породах

дала среднее значение – 2.7 %. Наиболее часто встречаемые концентрации органического углерода в породах волжско-раннеберриасского возраста на этой территории – 2-4 % (Рисунок 3.13).

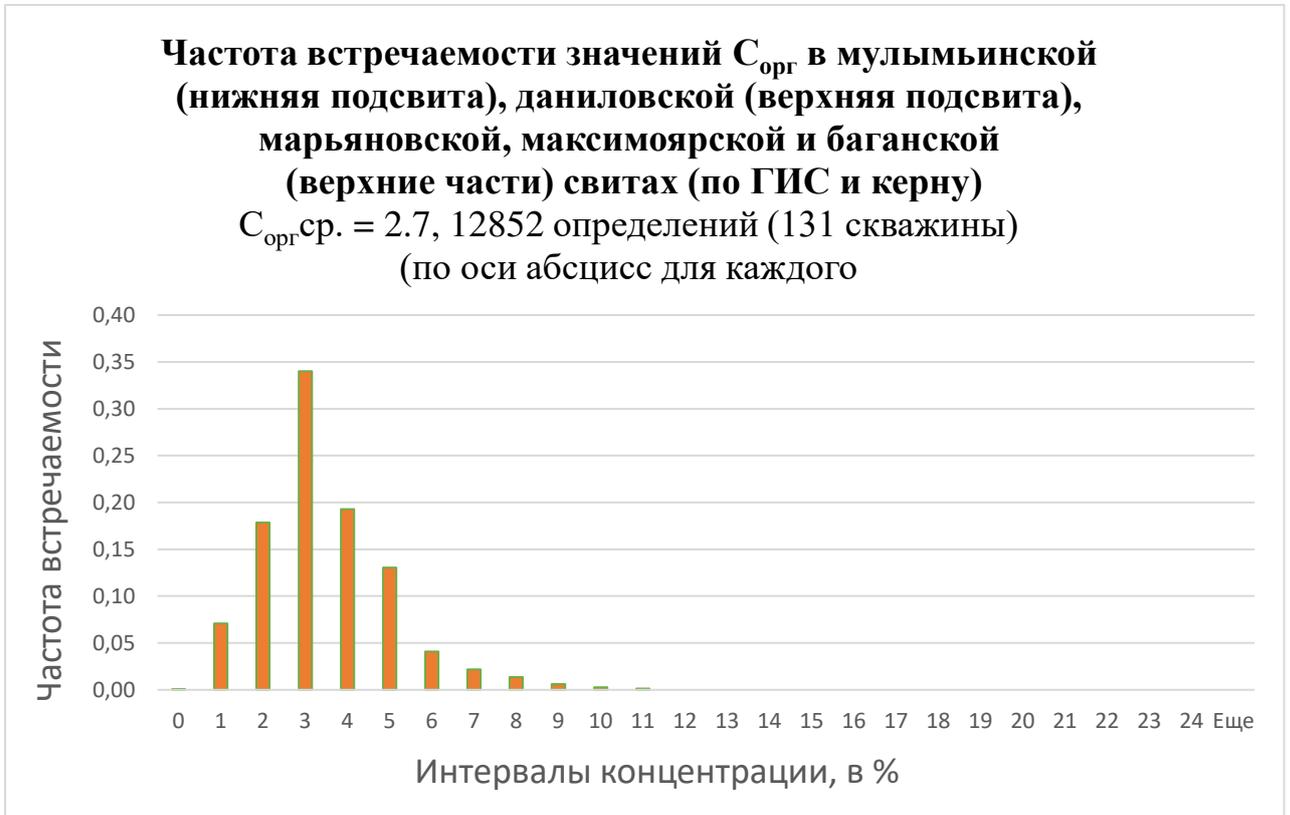


Рисунок 3.13 – Распределение концентраций $S_{орг}$ в породах волжско-раннеберриасского возраста в западных, юго-западных, южных и юго-восточных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна

На восточной и северо-восточной периферии бассейна, где развиты гольчихинская и яновстанская (верхние части) свиты, по данным керна из 34 скважин концентрации органического углерода меняются от долей процента до 5-6 %. Наиболее часто встречаемые концентрации $S_{орг}$ в породах этих свит составляют 1-3 %, среднее по результатам 320 анализов – 2.0 % (Рисунок 3.14).

Используя выбранную методику, учитывающую аналитические определения $S_{орг}$ и данные, полученные с помощью зависимости «керна – ГИС», была построена карта современных средних концентраций органического углерода в породах баженовского горизонта на территории Западной Сибири (Рисунок 3.15).



Рисунок 3.14 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в породах волжско-раннеберриасского возраста в восточных и северо-восточных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна

Была принята следующая методика картопостроения. На первом этапе были сформированы базы данных по соответствующим целевым характеристикам (толщины, содержания органического углерода по данным керна и ГИС) в формате Microsoft Excel (с применением программы Geosolver). При построении предварительных вариантов карт из баз исключались данные с «ураганными» значениями, существенно уклоняющимися от значений в ближайшей окрестности. В итоговые базы вошли данные по разрезам скважин с аналитическими определениями по керну, а также по ГИС, в т.ч. 1023 скважины центральных и южных районов Западной Сибири.

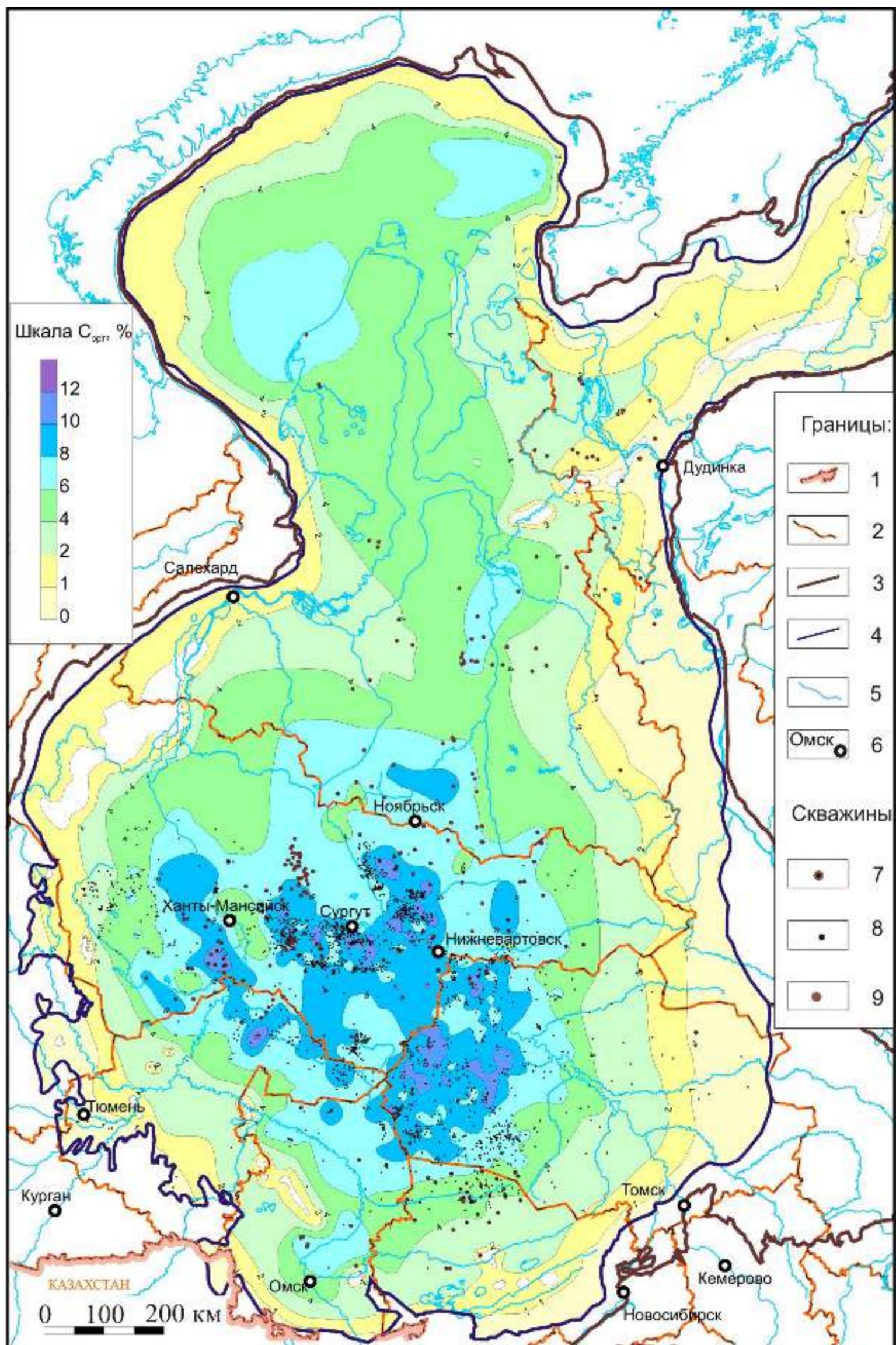


Рисунок 3.15 – Карта средних концентраций органического углерода в породах баженовского горизонта на территории Западной Сибири, в %

Условные обозначения: 1–2 – границы: 1 – государственная; 2 – административная; 3 – площадного распространения осадочного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы; 4 – площадного распространения отложений баженовского горизонта. 5 – гидросеть; 6 – населенные пункты. 7–9 – скважины: 7 – с аналитическими определениями $C_{орг}$, данными ГИС, определения $C_{орг}$ в разрезе выполнены по эталонным зависимостям «кern – ГИС» с коррекцией по результатам аналитических определений; 8 – с данными ГИС, аналитические определения $C_{орг}$ отсутствуют, определения $C_{орг}$ в разрезе выполнены по эталонным зависимостям «кern – ГИС»; 9 – с аналитическими определениями $C_{орг}$, данные ГИС отсутствуют.

Следует заметить, что исходные данные размещены по территории исследований достаточно неравномерно. В независимости от используемого метода интерполяции, это может приводить к недостаточно обоснованным результатам в зонах отсутствия фактических данных, например, на периферии бассейна. Для предотвращения этого эффекта в таких зонах экспертно, на основе общих тенденций пространственного изменения картируемого параметра, вводились дополнительные данные. Например, для учета тенденции к снижению содержания органического углерода к периферии Западно-Сибирского бассейна за пределами границы распространения верхнеюрских отложений были введены дополнительные искусственные точки с содержаниями $C_{орг}$ менее 1 %.

Каждой карте соответствует равномерная сеточная модель с шагом 1 км, построенная в проекции Гаусса-Крюгера (система координат Пулково 1942, 14 зона). Интерполяция исходных данных выполнялась методом «Kriging» в программе Surfer (разработка Golden Software, LLC). Дополнительная обработка (сглаживание, зональная и точечная коррекция) проводилась в программе GridMaster (разработка В.В. Лапковского, ИНГГ СО РАН). Для окончательного графического оформления карт использовалась программа CorelDRAW X4.

При построениях карт $C_{орг}$ учитывалось, что устойчивые корреляционные связи между содержанием урана и органического углерода, имеют место при разбросе концентраций органического углерода от 4-5 % до 15-25 % и выше. В связи с этим в северной части и периферийных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна, где концентрации $C_{орг}$ редко достигают 5-6 %, применить зависимости «кern – ГИС» не удалось. Для этих территорий карты распределения содержания $C_{орг}$ в породах баженовского горизонта построены методом интерполяции по тренду аналитических данных.

На приведенной карте (Рисунок 3.15) показано, что средние концентрации органического углерода в породах возрастают от долей процента – по периферии бассейна, до 10-12 % – в его центральной части. Территории с содержанием $C_{орг}$ в породах баженовского горизонта более 8 % находятся в пределах Мансийской синеклизы – в районе Тундринской и Юганской мегавпадин, Средне-Тобольского

наклонного мегапрогиба, юго-западного склона Нижневартовского свода и юго-западном борту Колтогорско-Нюрольского жёлоба. На отдельных участках концентрация $C_{\text{орг}}$ достигает 10 % и более: в Мансийской синеклизе – это в Тундринской мегавпадине, Северо-Гантельской и Южно-Гантельской впадинах; Нюрольской мегавпадине, а также на склонах некоторых сводов и антеклиз; в Хантейской гемиантеклизе – область между Сургутским и Нижневартовским сводами. На севере Западно-Сибирского бассейна кольцо концентраций органического углерода 6-8 % замыкается на территории Южно-Надымской мегамоноклизы.

Области с высокими (8-10 %) концентрациями органического углерода в породах баженковского горизонта концентрически окаймляются территориями, на которых концентрация органического углерода равна 6-8 % и, образуя еще две кольцеобразных полосы, 4-6 % и 2-4 %. В тектоническом плане кольца с концентрациями 2-6 % на западе занимают территорию погруженных склонов Красноленинской мегамоноклизы, на юго-западе – склоны Тюменской мегамоноклизы, на юге – северные склоны Каймысовского свода и Верхнедемьянского мегавала, на востоке – восточного склона Александровского свода и Усть-Тымской мегавпадины.

В распределении $C_{\text{орг}}$ в бассейне имеет место асимметрия. Во-первых, область максимальных концентраций $C_{\text{орг}}$ занимает центральную и южную части бассейна. В северной половине бассейна концентрации $C_{\text{орг}}$ даже в его осевой части составляют порядка 4-6 % и лишь для отдельных депрессий в южной части Карского моря предполагается, что они достигают 6-8 %. Помимо описанной асимметрии в направлении «юг – север» имеет место асимметрия в направлении «восток – запад». Область высоких концентраций $C_{\text{орг}}$ смещена от приенисейской части бассейна на запад, в его приуральскую часть.

Для понимания литологии, органической геохимии и процессов нефтегазообразования в баженковской свите важно знать концентрации в породах не только органического углерода, а и органического вещества. При известном содержании в составе керогена углерода (C), водорода (H), азота (N), серы (S) и

кислорода (O) (в % на горючую массу) можно рассчитать содержание в породе органического вещества (керогена) [Успенский, Инденбом и др., 1958; Конторович, Рогозина, 1967; Успенский, Неручев, Радченко и др., 1973; Конторович и др. 1975; Неручев и др., 1976; Богородская и др., 2005]. Такая информация была использована в настоящей работе. Совместная обработка этой информации позволила построить карту современных содержаний органического вещества (ОВ – керогена) в породах баженовской свиты [Конторович и др., 2018]. Она показана на рисунке 3.16. В общих чертах картина изменений содержаний ОВ, естественно, повторяет картину изменения содержаний $C_{\text{орг}}$.

В породах баженовского горизонта средние содержания органического вещества (керогена) равны в баженовской свите – 8.2 %, в нижней подсвите тутлеймской свиты – 6.9 %, в окраинных районах Западно-Сибирской бассейна в разных свитах средние содержания – 2.3-2.9 % (Таблица 3.3).

Как известно, органическое вещество в ходе катагенеза теряет значительную часть своей начальной массы в виде газообразных (CH_4 - C_4H_{10} , CO_2 , NH_3) и жидких (H_2O , нефть) соединений [Конторович, 1967, Конторович и др., 1971; Неручев, Рогозина, 2010; и др.]. Для палеоландшафтных реконструкций, для оценки начального генерационного потенциала нефтематеринских пород карта содержаний органического вещества в породах баженовской свиты к началу катагенеза необходима. Такая карта показана на рисунке 3.17. На карте видно, что к началу катагенеза концентрация органического вещества в литифицирующемся осадке достигала на юге бассейна в центральной, наиболее удаленной от границ бассейна его части 30-40 %. Хорошо известно, что в диагенезе при накоплении осадков баженовской свиты и ее аналогов имели место восстановительная обстановка и биохимическая редукция сульфат-иона и окислов серы, а также новообразование пирита, элементной серы и сераорганических соединений, в том числе осернение и частичное окисление формирующегося протокерогена [Конторович, 1967; Конторович и др., 1971; 1974; 1975 и др.]. При этом значительная часть органического вещества, в первую очередь, его белково-углеводные компоненты, подвергались окислению. Именно за счет этих процессов

в диагенезе начинал формироваться преимущественно полимерлипидный по составу и химической структуре кероген [Конторович, 1976; Конторович, 1967; 1974; 1985; Неручев, 1967; Неручев и др., 1976].

Таблица 3.3 – Средние содержания органического углерода и органического вещества в породах баженовского горизонта (верхняя волга – нижний берриас) Западно-Сибирского бассейна (площади и оценки – без акватории Карского моря)

Свита	Параметры				
	площадь, тыс. кв. км	средняя толщина, м	объем, тыс. куб. км	содержание С _{орг} , средневзв., в % масс.	содержание ОВ, средневзв., в % масс.
баженовская	783.7	25.0	19.6	6.6	8.2
тутлеймская	151.6	23.3	3.5	5.5	6.9
мулымьинская	41.0	23.9	1.0	4.4	5.6
даниловская	196.9	14.0	2.7	1.9	2.6
марьяновская	282.4	25.2	7.1	2.2	2.9
гольчихинская	238.8	84.5	20.2	1.8	2.3
яновстанская	294.3	72.4	21.3	1.7	2.3
максимоярская	26.8	22.9	0.6	0.7	0.9
баганская	27	6.5	0.2	1.0	1.4
Для всей территории:	2042.5	37.3	76.2	3.2	4.1

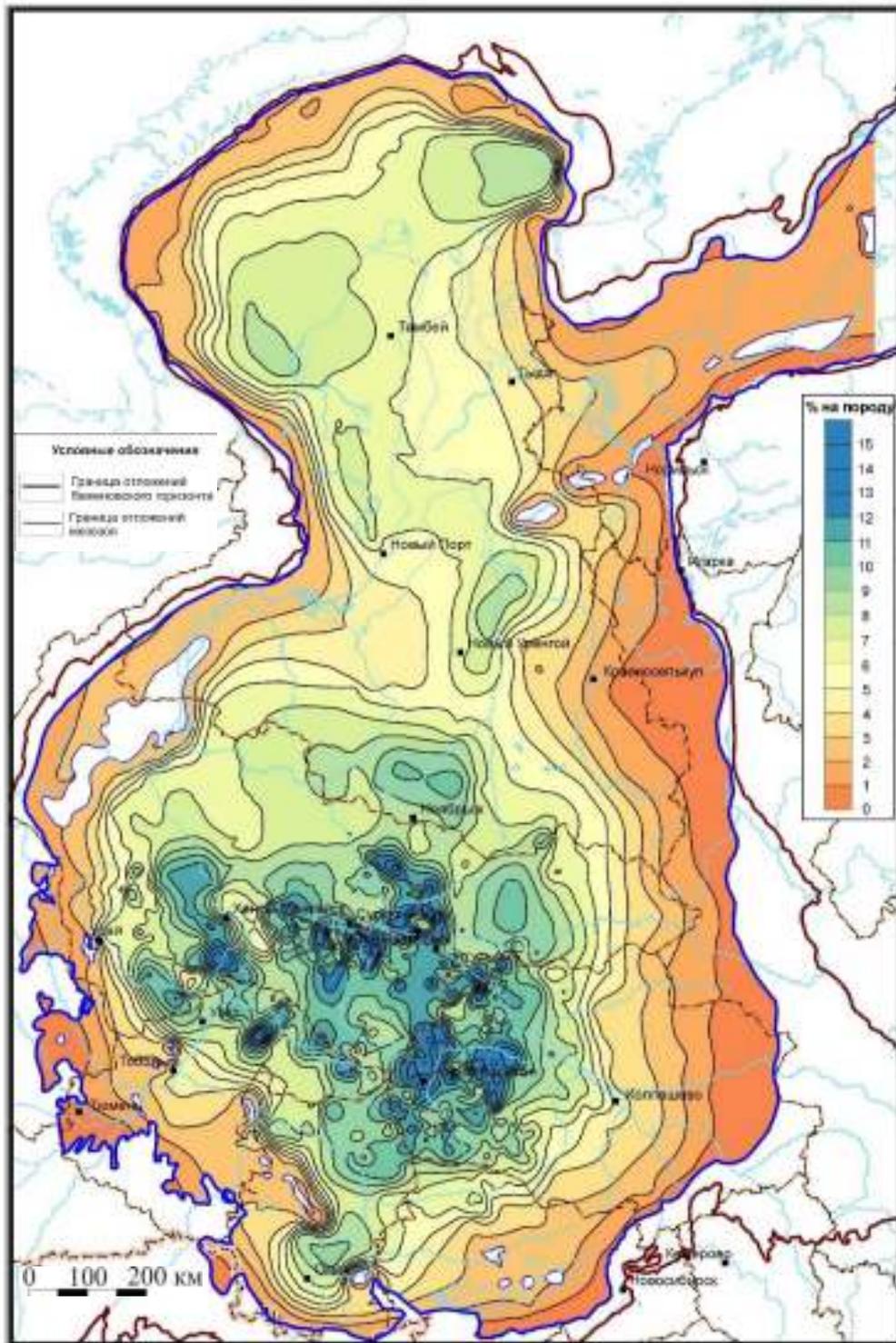


Рисунок 3.16 – Карта современных содержаний органического вещества в породах баженовского горизонта, в % на породу [Геологическая..., 2014-2016ф]

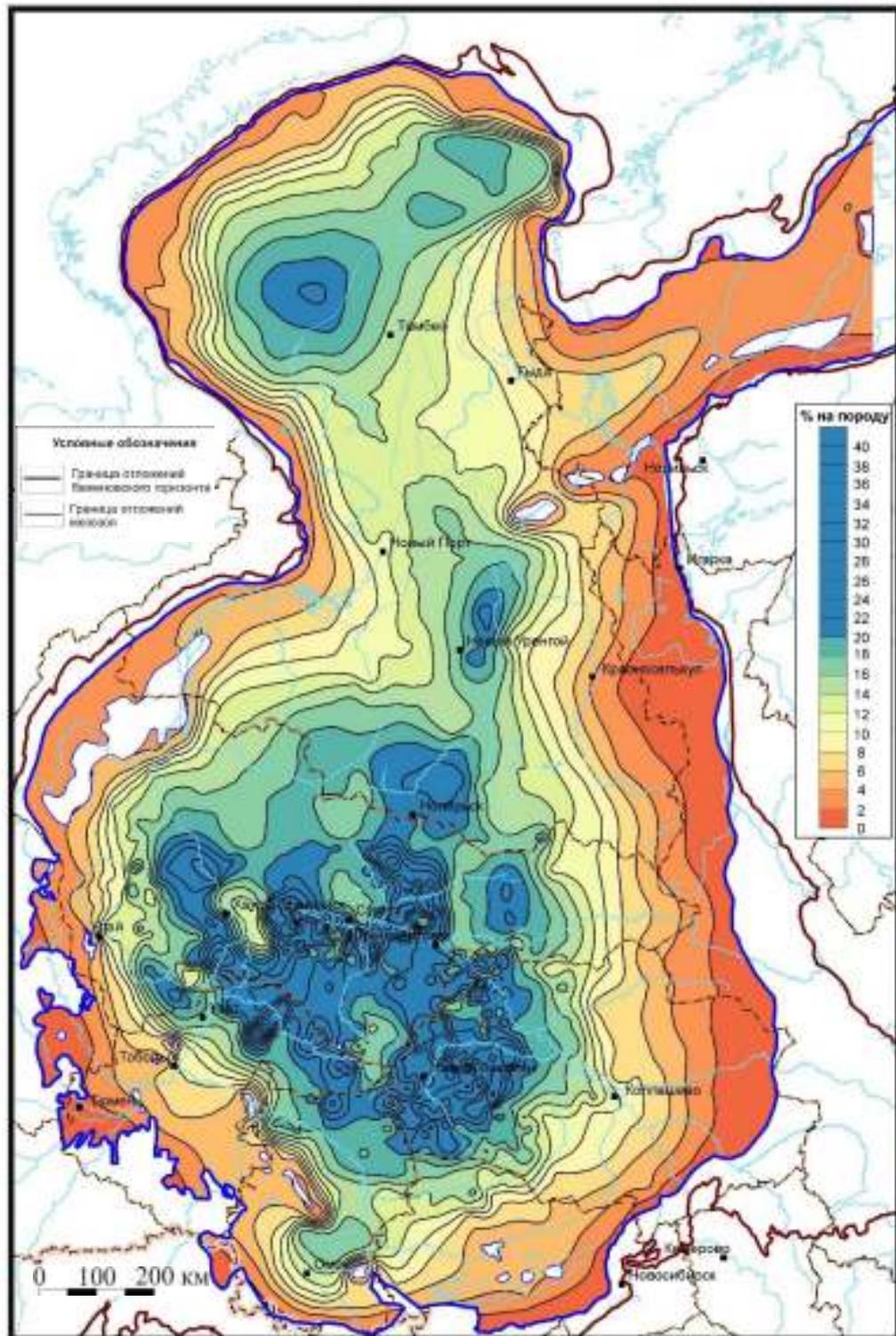


Рисунок 3.17 – Карта содержаний органического вещества на начало катагенеза в породах баженковского горизонта, в % на породу [Геологическая..., 2014-2016ф]

3.3 Схематические численные модели пространственного распределения органического углерода в породах баженовского горизонта

Выявленные распределения $C_{\text{орг}}$ на площади Западно-Сибирского осадочного бассейна, тем не менее, не дают представления о концентрациях органического вещества в разрезе отложений. Для получения более объективной характеристики распределения органического углерода в баженовском горизонте были рассмотрены толщины пород с разными концентрациями $C_{\text{орг}}$ и распределение $C_{\text{орг}}$ в разных частях разреза. Для этого были построены карты толщин пород баженовского горизонта с содержанием $C_{\text{орг}}$ менее 5 %, 5-7 %, 7-10 % и более 10 % (Рисунок 3.18, Рисунок 3.19, Рисунок 3.20, Рисунок 3.21).

Как видно на рисунке 3.10, повышенные (более 60 м) толщины пород баженовского горизонта с концентрацией $C_{\text{орг}}$ менее 5 % (Рисунок 3.18) приурочены к восточной окраине Западно-Сибирского бассейна, что соответствует представлениям о действии маргинального фильтра в восточной части баженовского моря [Лисицын, 1994; Конторович и др., 2019]. Отложения с концентрацией $C_{\text{орг}}$ в породах равной 5-7 % (Рисунок 3.19) развиты повсеместно в центральной части бассейна. Породы с концентрацией органического углерода более 7 % (Рисунок 3.20, Рисунок 3.21) сосредоточены в южной половине бассейна и наибольшие их толщины (до 15 м) находятся в центральных, западных и юго-западных районах. Повышенные (до 20 м) толщины пород с концентрацией $C_{\text{орг}}$ более 10 % (Рисунок 3.21) приурочены, в основном, к центральным районам, со смещением на юго-запад.

В таблице 3.3 приведены средневзвешенные содержания $C_{\text{орг}}$ в породах баженовского горизонта и отдельных свит, его образующих. Среднее содержание $C_{\text{орг}}$ в породах баженовского горизонта 3.2 %. Более всего обогащены органическим углеродом породы баженовской свиты и нижнетутлеймской подсвиты. В этих свитах средневзвешенные значения $C_{\text{орг}}$ равны 6.6 % и 5.5 % соответственно.

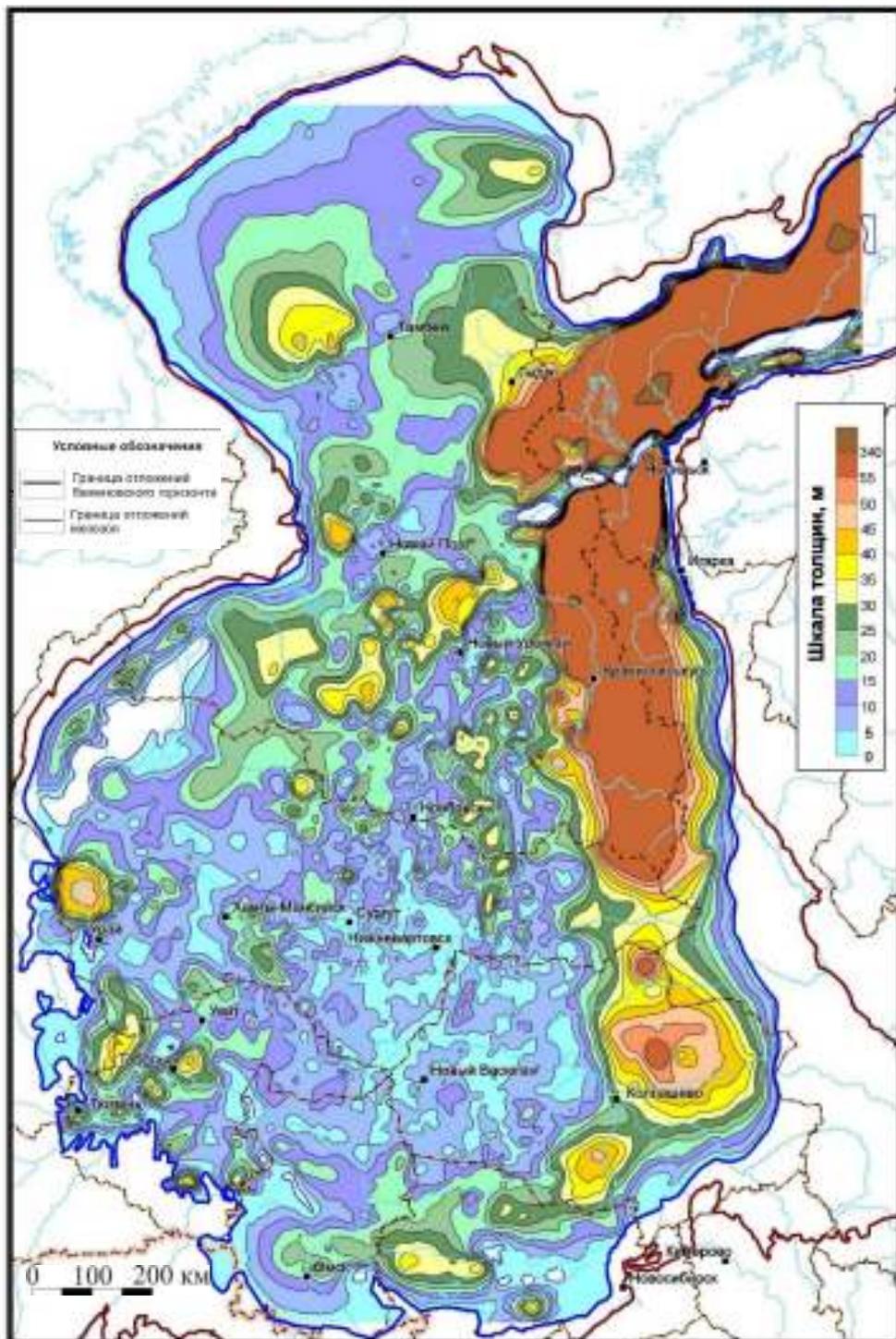


Рисунок 3.18 – Карта толщин пород базенового горизонта с современным содержанием органического углерода менее 5 %

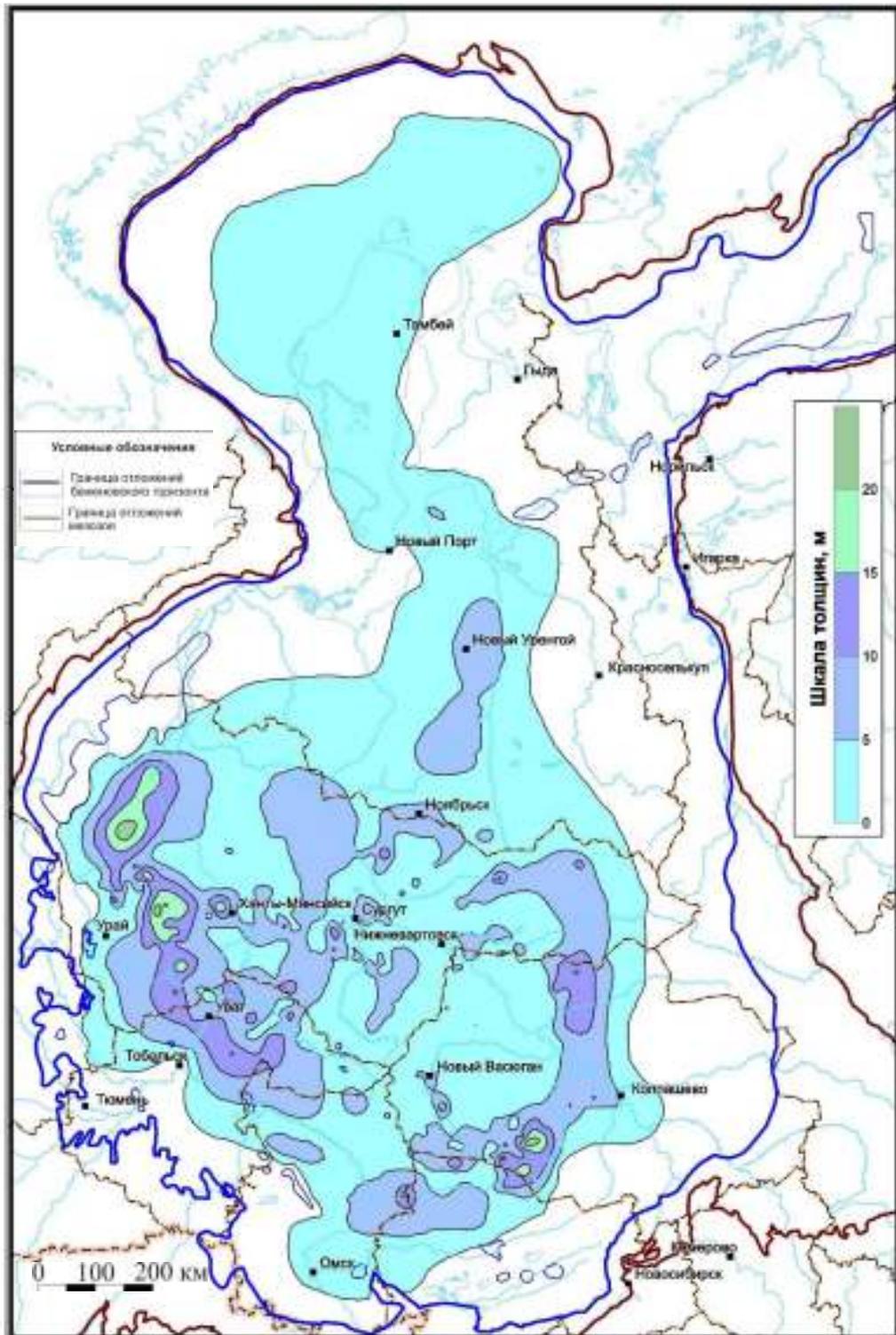


Рисунок 3.19 – Карта толщин пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода 5-7 %

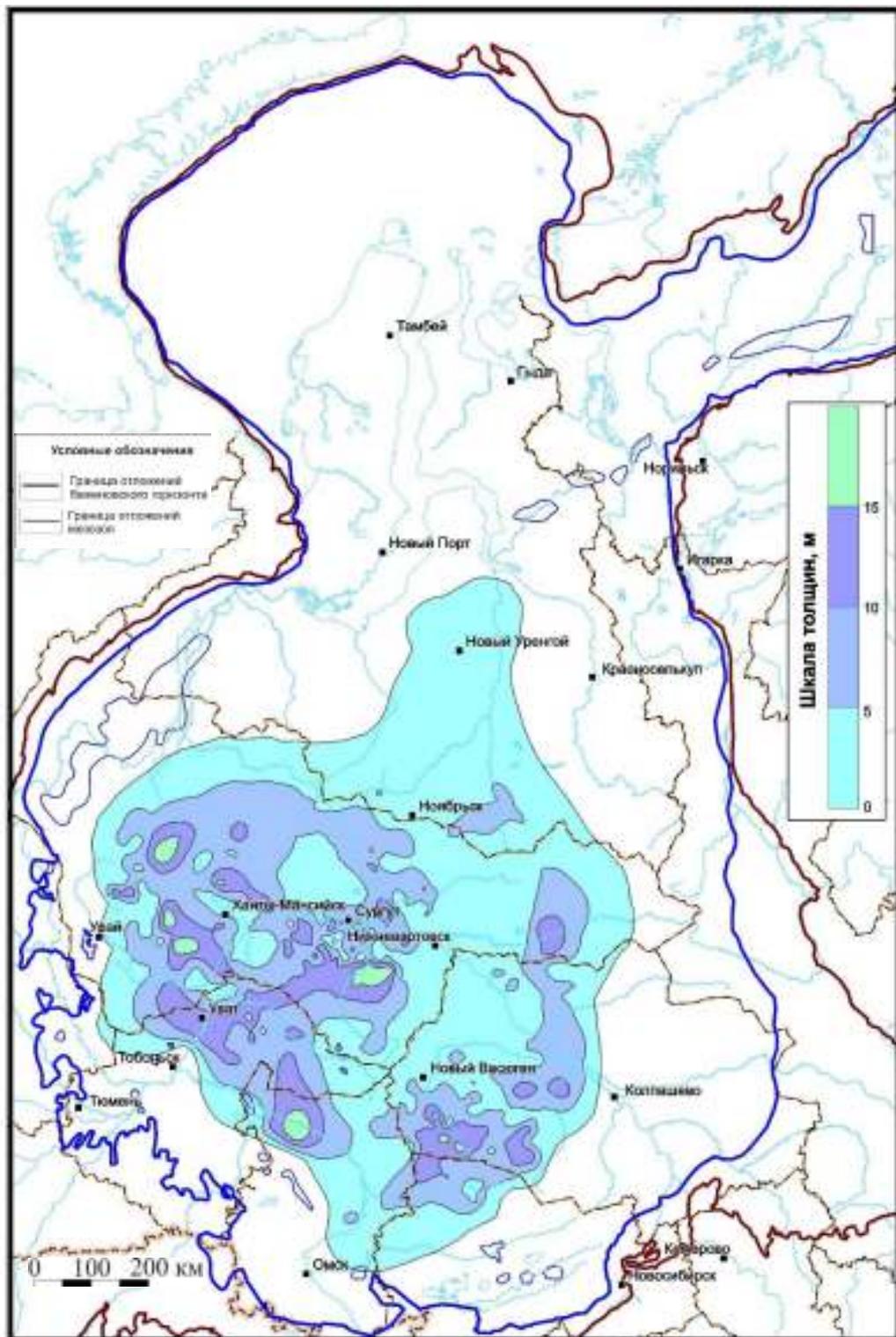


Рисунок 3.20 – Карта толщин пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода 7-10 %

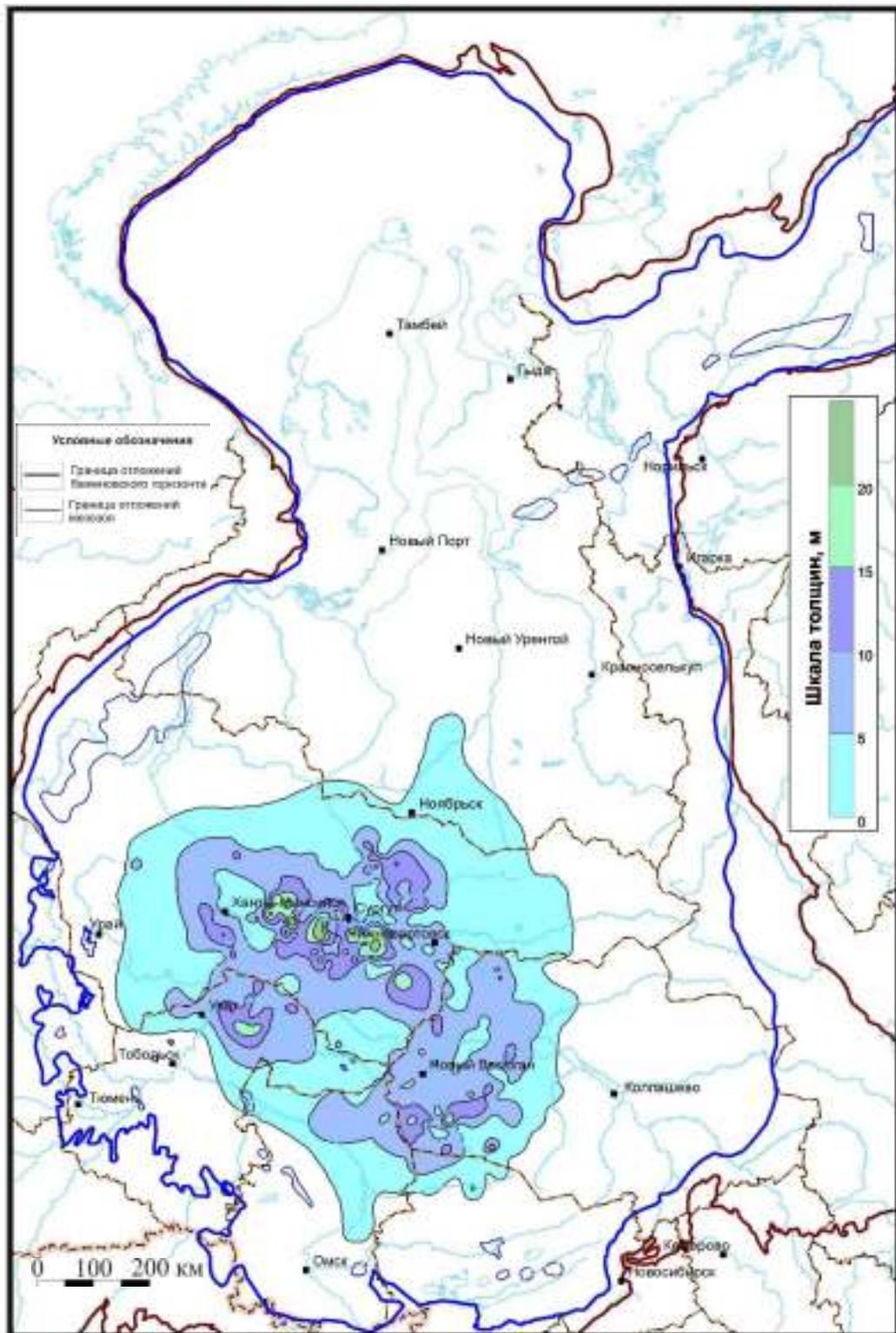


Рисунок 3.21 – Карта толщин пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода более 10 %

Для того, чтобы понять, как изменяются концентрации $C_{\text{орг}}$ в интервале баженовского горизонта по вертикали, разрезы баженовской и тутлеймской (нижняя подсвита) свит в каждой изученной скважине (1023 скважин) были условно разделены на три равные по толщине «пачки» (части). Для каждой «пачки» были посчитаны средневзвешенные концентрации $C_{\text{орг}}$ в породах (Таблица 3.4) и построены карты средних концентраций $C_{\text{орг}}$ для трёх условных уровней (Рисунок 3.22, Рисунок 3.23, Рисунок 3.24). Выше уже было отмечено, что зависимости «керна – ГИС» можно использовать только для наиболее богатых органическим углеродом центральных и южных районов Западно-Сибирского бассейна. По этой причине карты $C_{\text{орг}}$ в породах в разных частях разреза баженовского горизонта построены только для этих территорий.

Согласно полученным картам (Рисунок 3.22, Рисунок 3.23, Рисунок 3.24) и данным изменения средних содержаний органического углерода по разрезу (Таблица 3.4), наиболее высокие концентрации $C_{\text{орг}}$ находятся в средней «пачке» баженовского горизонта – до 16 %. В верхней «пачке» значения $C_{\text{орг}}$ в породах достигают 12 %, а в нижней – не превышают 10 %. По мнению автора, неравномерное распределение $C_{\text{орг}}$ в разрезе связано с изменением обстановок осадконакопления, в частности, изменением содержаний урана в водной толще волжского бассейна [Пономарева, 2018].

Таким образом, в работе по данным керна и ГИС в 1895 скважинах были оценены средние содержания органического углерода в породах баженовского горизонта и отдельных свит в его составе, построена карта средних концентраций органического углерода в породах горизонта, созданы численные модели пространственного распределения концентраций $C_{\text{орг}}$ в баженовском горизонте. Было выявлено, что область максимальных содержаний $C_{\text{орг}}$ распределена асимметрично и смещена в юго-западную часть бассейна, оконтурены территории с концентрациями $C_{\text{орг}} < 5 \%$, $5-7 \%$, $7-10 \%$, $>10 \%$, и показано, что более всего в разрезе обогащены органическим углеродом средняя и верхняя «пачки» баженовского горизонта.

Таблица 3.4 – Изменение средних содержаний органического углерода по разрезу в породах баженовской и тутлеймской свит (баженовский горизонт) в центральных и южных районах Западно-Сибирского бассейна

Свита	Площадь, тыс. кв. км	Средняя толщина, м	Объем, тыс. куб. км	Содержание $C_{орг}$, средневзв., в % масс.		
				нижняя часть разреза	средняя часть разреза	верхняя часть разреза
баженовская	583.3	24.9	14.5	4.4	7.7	7.5
тутлеймская, нижняя подсвита	100.2	26.2	2.6	3.5	6.0	5.8
Для всей территории:	683.5	25.0	17.1	4.3	7.4	7.2

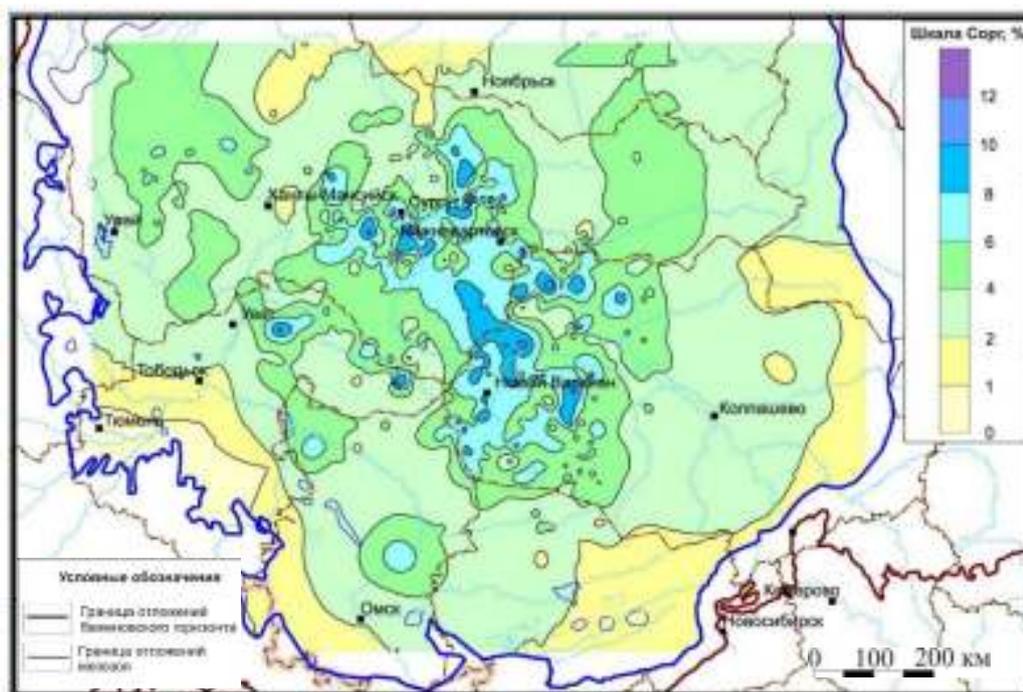


Рисунок 3.22 – Карта средних концентраций органического углерода в породах нижней части разреза баженовского горизонта центральных и южных районов Западно-Сибирского бассейна, в %

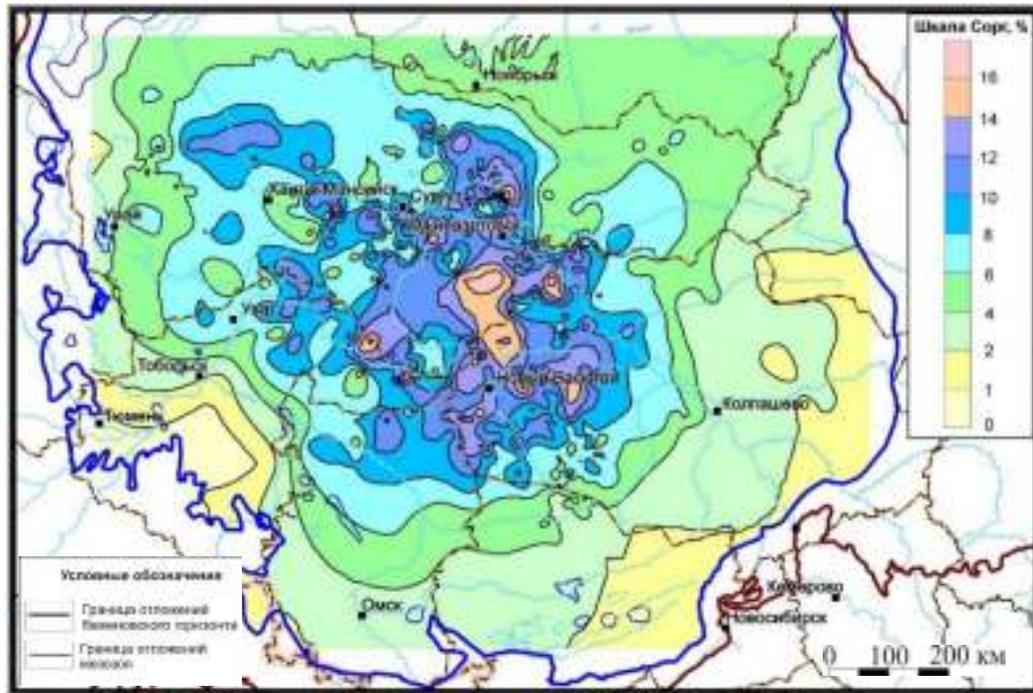


Рисунок 3.23 – Карта средних концентраций органического углерода в породах средней части разреза байдарианского горизонта центральных и южных районов Западно-Сибирского бассейна, в %

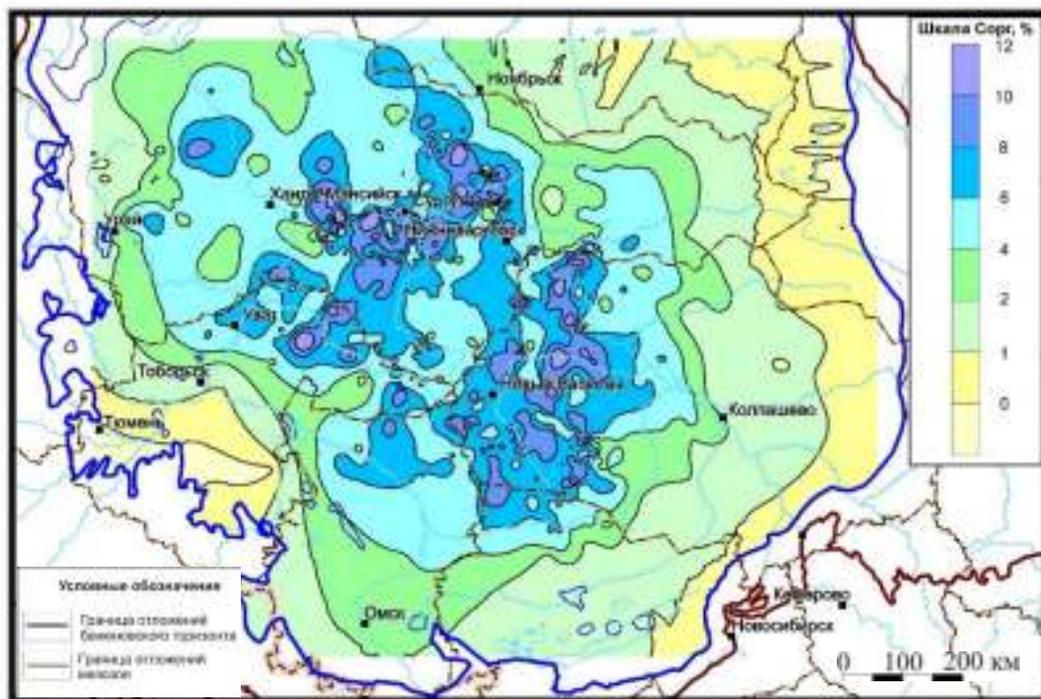


Рисунок 3.24 – Карта средних концентраций органического углерода в породах верхней части разреза байдарианского горизонта центральных и южных районов Западно-Сибирского бассейна, в %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осадочно-миграционная (биогенная) теория образования нефти и газа позволяет создать целостную, непротиворечивую схему количественной оценки перспектив нефтегазоносности, и изучение распределения органического углерода и органического вещества в породах является первым шагом такой оценки. Методика и результаты первого этапа работы были изложены в главах 2 и 3 настоящей работы. Главной её особенностью является избранный автором комплексный подход к решению этой задачи, который позволил использовать при определении содержания $C_{орг}$ в образцах пород сочетание химического метода определения органического углерода, метода Rock-Eval и геофизического метода «кern – ГИС». Это, в свою очередь, обеспечило максимальную плотность наблюдений, как на площади развития баженовского горизонта, так и в интервале каждой скважины, охарактеризованной данными радиоактивного каротажа. При применении такой комплексной методики удалось получить максимально полную аналитическую информацию для построения карты распределения средних в каждой скважине значений $C_{орг}$ и численных моделей пространственного распределения концентраций $C_{орг}$ в баженовском горизонте. Ранее с такой детальностью подобные исследования баженовского горизонта, и насколько известно автору, других нефтепроизводящих горизонтов и свит ни в Западной Сибири, ни в других регионах не проводились. Полученные результаты крайне важны для понимания закономерностей накопления органического вещества в осадочных бассейнах.

Однако, только знания закономерностей распределения органического вещества в нефтепроизводящих породах для прогноза нефтегазоносности недостаточно. Для этого необходимо также детально изучить генетический тип органического вещества, особенности его диагенеза, уровень катагенетических преобразований, состав и распределение в породах битумоидов. Сам такой подход был разработан Н.Б. Вассоевичем, В.А. Успенским, А.А. Трофимуком, Д. Вельте, А.Э. Конторовичем, С.Г. Неручевым, Б. Тиссо, Т.К. Баженовой, Е.А. Рогозиной и

др. В Западной Сибири он в разные годы был реализован Н.М. Бабиной, Л.И. Богородской, Л.С. Борисовой, Л.М. Бурштейном, Ф.Г. Гурари, Г.Ф. Григорьевой, Н.П. Запиваловым, А.Э. Конторовичем, М.М. Колгановой, Н.С. Ким, Е.А. Костыревой, Л.Ф. Липницкой, В.Н. Меленевским, В.М. Мельниковой, В.И. Москвиным, И.И. Нестеровым, Г.М. Парпаровой, И.И. Плуманом, Е.А. Рогозиной, А.В. Рыльковым, Ф.К. Салмановым, П.А. Трушковым, А.Н. Фоминым, А.С. Фомичевым, К.А. Черниковым и др. На современном этапе исследования с использованием единого методического подхода задачу изучения распределения $C_{орг}$ в породах баженовского горизонта полностью решала автор.

1. На основании 107318 определений $C_{орг}$ (по керну и ГИС) в 1895 скважинах установлено, что современные концентрации $C_{орг}$ в породах баженовского горизонта меняются от долей процента до 25 % и более, среднее содержание – 4.5 %, модальное значение – 3.0 %. Богаче всего органическим углеродом породы баженовской свиты и нижнетутлеймской подсвиты, в которых средние содержания $C_{орг}$ равны 7.1 % и 6.1 %, соответственно. В остальных свитах распределение средних значений $C_{орг}$ следующее: в нижней подсвите мулымьинской свиты – 4.4 %; в марьяновской (верхняя часть) – 2.9 %; в гольчихинской (верхняя часть) – 2.4 %; в баганской (верхняя часть) – 2.3 %; в верхнеданиловской подсвите – 2.0 %; в максимоярской (верхняя часть) – 1.7 %; в яновстанской (верхняя часть) – 1.5 %.
2. В центральной части Западно-Сибирского бассейна, где развиты баженовская и тутлеймская (нижняя подсвита) свиты, содержание $C_{орг}$ в породах меняется от 1-2 % до 25 % и выше. Наиболее часто встречаемые значения органического углерода в породах этих свит составляют от 6.0 % до 10.0 %, среднее по результатам 94146 анализов – 6.6 %. На западной (южная половина), южной, юго-западной и юго-восточной периферии бассейна, где развиты мулымьинская (нижняя подсвита), даниловская (верхняя подсвита), верхние части марьяновской, баганской и максимоярской свит, по результатам 12852 анализов среднее значение $C_{орг}$ составляет 2.7 %. В этой

части бассейна концентрация $C_{\text{орг}}$ меняется от долей процента до 10-11 %. На восточной периферии бассейна, где развиты гольчихинская и яновстанская свиты (верхние части) по результатам 320 анализов концентрация $C_{\text{орг}}$ меняется от долей процента до 5-6 %. Наиболее часто встречаемые значения органического углерода в породах этих свит от 1.0 % до 2.0 %.

3. В Западно-Сибирском осадочном бассейне наблюдается асимметричное распределение концентраций органического вещества в породах баженовского горизонта: максимальные концентрации $C_{\text{орг}}$ смещены на юго-запад глубоководной части бассейна; наибольшие толщины (до 15-20 м) пород с концентрацией $C_{\text{орг}}$ более 7.0 % находятся в южной половине бассейна – в центральных, западных и юго-западных районах; в разрезе баженовской и тутлеймской свит более всего обогащены органическим углеродом средняя и верхняя (условное разделение по толщине отложений) «пачки» горизонта.

Выявленные автором закономерности распределения концентраций $C_{\text{орг}}$ в баженовском горизонте подтверждают и на представительном материале детализируют закономерности, описанные ранее в Западно-Сибирском нефтегазоносном бассейне.

Полученные материалы являются исходной базой для количественной оценки перспектив нефтеносности оксфордских (васюганский горизонт) и берриас-аптских отложений. По оценкам Л.М. Бурштейна и А.Э. Конторовича несколько большая масса баженовской нефти сосредоточена в открытом поровом пространстве самой баженовской свиты.

Перспективой дальнейшей разработки изученной автором темы должно быть уточнение закономерностей распределения концентраций органического углерода в северных и арктических, а также периферийных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АК – акустический каротаж
- БК – боковой каротаж
- ГЗН – главная зона нефтеобразования
- ГИС – геофизические исследования скважин
- ГК-каротаж (γ -каротаж) – гамма-каротаж
- ГФН – главная фаза нефтеобразования
- ДК – диэлектрический каротаж
- ЕР – естественная радиоактивность
- ЗС – Западная Сибирь
- ЗСБ – Западно-Сибирский бассейн
- ЗСП – Западно-Сибирская плита
- ИК – индукционный каротаж
- ИК-детектор – инфракрасный детектор
- КП – куполовидное поднятие
- КС – каротаж кажущегося сопротивления
- ЛП – локальное поднятие
- МОВ – метод отраженных волн в сейсморазведке
- МОГТ – метод общей глубинной точки в сейсморазведке
- МСК – Межведомственный стратиграфический комитет
- НГК – нейтронный гамма-каротаж
- НГО – нефтегазоносная область
- НГП – нефтегазоносная провинция
- НГР – нефтегазоносный район
- НОВ – дебитуминизированная, нерастворимая в хлороформе часть ОВ
- ОВ – органическое вещество
- ПЗ – переходная зона
- ПИД – пламенно-ионизационный детектор
- ПС – каротаж потенциалов самопроизвольной поляризации

РОВ – рассеянное органическое вещество

СФО – структурно-фациальная область

СФР – структурно-фациальный район

УВ – углеводороды

УЭС – удельное электрическое сопротивление

ФЕС – фильтрационно-емкостные свойства

А – зольность

$C^Г$ – содержание углерода

$C_{орг}$ – органический углерод

CO_2 – углекислый газ

СРІ – соотношение нечетных насыщенных УВ к четным

$H^Г$ – содержание водорода

H_2S – сероводород

$N_{пр}$ – показатель преломления мацералов ОВ

NDIR – недисперсионный инфракрасный датчик

NH_3 – аммиак

Q – теплотворная способность

R_{vt}^0 – отражательная способность витринита (коллинита)

$V^Г$ – выход летучих веществ

$W^Г$ – влажность

$\beta_{ХЛ}$ – выход битумоидов (экстракция хлороформом)

ρ – плотность

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, А.Д. Литологические особенности строения нижнетутлеймской подсветы Фроловской НГО в связи с особенностями ее нефтеносности / А.Д. Алексеев, В.Д. Немова, В.Н. Колосков, С.С. Гаврилов // Геология нефти и газа. – 2009. – № 2. – С. 27-33.
2. Алескерова, З.Т. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Западно-Сибирской низменности / З.Т. Алескерова, Г.С. Крицук, П.Ф. Ли, И.В. Литвиненко, Д.В. Осадчая, А.С. Остроумова, Т.И. Осыко, О.В. Равдоникас, Н.Н. Ростовцев, Т.Н. Симоненко, М.А. Толстихина, Б.Э. Хесин / под ред. Н.Н. Ростовцева. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. // Труды ВСЕГЕИ – 391 с.
3. Аммосов, И.И. Стадии изменения углей и парагенетические отношения горючих ископаемых / И.И. Аммосов, Тянь-сю-и. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 119 с.
4. Амон, Э.О. Радиолярии в экосистеме баженовского моря (поздняя юра – начало раннего мела), Западная Сибирь / Э.О. Амон // Литология и геология горючих ископаемых: межвуз. науч. темат. сб. под ред. В.П. Алексеева. – 2011. – С. 145-170.
5. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М., Изд. МГУ, 1970. – 488 с.
6. Атлас «Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского автономного округа». Ханты-Мансийск, Государственное предприятие Ханты-Мансийского автономного округа «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана», 2004. – 149 с.
7. Атлас моллюсков и фораминифер морских отложений верхней юры и неокома Западно-Сибирской нефтегазоносной области. В 2-х томах. М.: Недра, 1990, Т. 1. – 286 с., Т. 2. – 359 с.
8. Атлас и объяснительная записка к атласу литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины // Под ред. И.И. Нестерова. – 1:5000000. – Тюмень: Тр. ЗапСибНИГНИ, 1976. – 85 с.

9. Балущкина, Н.С. Закономерности строения баженовского горизонта и верхов абалакской свиты в связи с перспективами добычи нефти / Н.С. Балущкина, Г.А. Калмыков, Т.А. Кирюхина, Н.И. Коробов, Д.В. Корост, Е.В. Соболева, А.В. Ступакова, Н.П. Фадеева, Р.А. Хамидуллин, Т.А. Шарданова // Геология нефти и газа. – 2013. – № 3. – С. 48-61.

10. Белкина, С.Г. Предложения по изменению и уточнению корреляционной стратиграфической схемы мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской низменности / С.Г. Белкина, В.С. Бочкарев, Г.К. Боярских, Ю.В. Брадучан, А.А. Булынникова, И.И. Ващенко, В.Г. Гоголева, И.Г. Зальцман, Ю.Ф. Захаров, Х.А. Иштирякова, Ю.Н. Карагодин, Н.Х. Кулахметов, В.И. Левина, В.А. Мартынов, И.И. Нестеров, М.Д. Поплавская, С.И. Пуртова, Е.Б. Раевская, А.Н. Резапов, Л.В. Ровнина, Н.Н. Ростовцев, М.Я. Рудкевич, Л.Я. Трушкова, П.Е. Харитонов, Г.С. Ясович // М.: Недра, 1965. Труды ЗапСибНИГНИ. – Вып. 1. – С. 3-26.

11. Богородская, Л.И. Химический состав рассеянного в осадочных породах органического вещества и пути его классификации / Л.И. Богородская, А.Э. Конторович // Седикахиты на разных этапах литогенеза. – М.: Наука, 1982. – С. 49-59.

12. Богородская, Л.И. Кероген: Методы изучения, геохимическая интерпретация / Л.И. Богородская, А.Э. Конторович, А.И. Ларичев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "Гео", 2005. – 254 с.

13. Борисова, Л.С. Комплекс химических и физических методов получения и исследования компонентов органического вещества пород и нефтидов: Методическое пособие / Борисова Л.С., Е.А. Фурсенко, Е.А. Костырева, И.Д. Тимошина. – Новосибирск: НГУ, 2011. – 86 с.

14. Бочкарев, В.С. Проблемы тектоники Западной Сибири / В.С. Бочкарев // Тектоника Западной Сибири. – Тюмень, 1987. – С. 5-29.

15. Бочкарев, В.С. Тектоника и магматизм синорогенных, эпиорогенных и дейтероорогенных рифтовых систем / В.С. Бочкарев // Тектоника, геодинамика

и процессы магматизма и метаморфизма. Материалы XXXII Тектонического совещания. – М.: ГЕОС, 1999. – Т. I., – С. 97-102.

16. Бочкарев, В.С. Вопросы тектоники Ямало-Гыданского региона и прилегающих территорий / В.С. Бочкарев, А.М. Брехунцов, Н.П. Дещеня, В.А. Ордин, Л.А. Насонова, П.В. Пенягин, Д.П. Куликов, О.Н. Хорошева, В.М. Безруков, Ю.В. Рослов // Горные ведомости. – 2014. – № 12 (19). – С. 42-63.

17. Боярских, Г.К. Тектоническая схема платформенного чехла Западно-Сибирской плиты / Г.К. Боярских, Ю.Н. Карагодин, Н.Н. Ростовцев и др. // М.: Недра, 1965. Труды ЗапСибНИГНИ. – Вып. 1. – С. 71-91.

18. Брадучан, Ю.В. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность) / Ю.В. Брадучан, А.В. Гольберт, Ф.Г. Гулари, В.А. Захаров, С.П. Булынникова, И.Г. Климова, М.С. Месежников, Н.П. Вячкилева, Г.Э. Козлова, А.И. Лебедев, Т.И. Нальняева, А.С. Турбина – Новосибирск: Наука, 1986, – 217 с.

19. Брадучан, Ю.В. Даниловская свита / Ю.В. Брадучан, Г.С. Ясович // Тр. ЗапСибНИГНИ, 1984. – Вып. 188, – С. 31-39.

20. Булынникова, С.П. Фораминиферы нефтегазоносных отложений неокома Западно-Сибирской равнины / С.П. Булынникова – М.: Недра, 1973. – 129 с.

21. Булынникова, С.П. Палеобиофации нефтегазоносных волжских и неокомских отложений Западно-Сибирской плиты / С.П. Булынникова, А.В. Гольберт, И.Г. Климова, А.Э. Конторович, И.Д. Полякова, М.А. Решетникова, А.С. Турбина / Под ред. А.В. Гольберта, А.Э. Конторовича. Тр. СНИИГГиМС. – М.: Недра. 1978. Вып. 248. – 86 с.

22. Булынникова, А.А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности приенисейской части Западно-Сибирской низменности / А.А. Булынникова, А.Н. Резапов, В.В. Пучкина, А.А. Стороженко – Новосибирск, Недра, 1968. – 216 с.

23. Варламов, И.П. Новейшая тектоника нефтегазоносных областей Сибири / И.П. Варламов, Р.О. Галабала, П.П. Генералов и др. / Под ред. Н.А. Флоренсова, И.П. Варламова – М.: Недра, 1981. – 239 с.

24. Вассоевич, Н.Б. Образование нефти в терригенных отложениях (на примере чокракско-караганских слоев Терского передового прогиба) / Н.Б. Вассоевич // Труды ВНИГРИ. – Л., 1958. – Вып. 128. – С. 9-220.
25. Вассоевич, Н.Б. Теория осадочно-миграционного происхождения нефти (исторический обзор и современное состояние) / Н.Б. Вассоевич // Известия академии наук СССР, серия геологическая. – 1967. – № 11. – С. 135-156.
26. Вассоевич, Н.Б. Происхождение нефти и газа и формирование их месторождений / Н.Б. Вассоевич. – М.: Недра, 1972. – С. 39-70.
27. Вебер, В.В. Условия битуминозности баженовской свиты / В.В. Вебер, Л.А. Коцеруба // Геология нефти и газа. 1979. – № 9. – С. 15-19.
28. Вышемирский, В.С. Геологические условия метаморфизма углей и нефтей / В.С. Вышемирский. – Саратов: Изд-во Саратовск. Ун-та, 1973. – 377 с.
29. Гавшин, В.М. Закономерности распределения микроэлементов в баженовской свите / В.М. Гавшин, В.А. Бобров // Доманикиты Сибири и их роль в нефтегазоносности. – Новосибирск: изд. СНИИГГиМС, 1982. – С.76-91.
30. Генерация углеводородов в процессе литогенеза осадков / Отв. ред. А.А. Трофимук, С.Г. Неручев // Труды института геологии и геофизики. – Вып. 330. – 1976. – 200 с.
31. Геология и геохимия нефти и газа: Учебник / Под ред. Б.А. Соколова. О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин, Б.А. Соколов, В.Е. Хаин. – М.: МГУ, 2000. – 384 с.
32. Геология и геохимия нефти и газа. Учебник / О. К. Баженова, Ю.К. Бурлин, Б.А. Соколов, В.Е. Хаин. – 2-е изд. – М.: Издат. центр «Академия», 2004. – 415 с.
33. Геология и нефтеносность Западно-Сибирской низменности / под ред. Д.В. Дробышева и В.П. Казаринова // Тр. ВНИГРИ. – Л.: Гостоптехиздат. – 1958. Вып. 114. – 274 с.
34. Серебренникова, О.В. Геохимические методы при поиске и разведке месторождений нефти и газа: Учебное пособие / О.В. Серебренникова. – Ханты-Мансийск: Редакционно-издательский центр ЮГУ, 2008. – 172 с.

35. Неручев, С.Г. Геохимические основы прогноза нефтегазоносности. Курс лекций для молодых специалистов / С.Г. Неручев, Е.А. Рогозина. – СПб.: ВНИГРИ, 2010. – 280 с.
36. Гончаров, И.В. Некоторые закономерности в составе асфальтенов и смол нефтей Западной Сибири / И.В. Гончаров, Т.А. Бабичева, А.Н. Бодак и др. // Нефтехимия. – 1985. – Т. XXV. – № 3. – С. 333-343.
37. ГОСТ 23740-79 Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ. – М., Изд. стандартов, 1979. – 17 с.
38. Гурари, Ф.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности Обь-Иртышского междуречья / Ф.Г. Гурари. – Л.: Гостоптехиздат. 1959. – 174 с.
39. Гурари, Ф.Г. Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности – новой нефтяной базы СССР / Ф.Г. Гурари, В.П. Казаринов, Ю.К. Миронов, В.Д. Наливкин, И.И. Нестеров, Т.И. Осыко, Л.И. Ровнин, Н.Н. Ростовцев, М.Я. Рудкевич, Т.Н. Симоненко, В.Н. Соколов, А.А. Трофимук, Н.Г. Чочиа, Ю.Г. Эрвье. – Н.: Изд-во СО АН СССР, 1963. – 200 с.
40. Гурари, Ф.Г. Тектоника мезозойско-кайнозойского чехла Западно-Сибирской плиты / Ф.Г. Гурари, К.И. Микуленко, В.С. Старосельцев и др. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1971. – 149 с.
41. Гурари, Ф.Г. Формирование залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты Западной Сибири / Ф.Г. Гурари, И.Ф. Гурари // Геология нефти и газа. – 1974. – № 5. – С. 36–40.
42. Гурари, Ф.Г. Доманикиты и их нефтегазоносность / Ф.Г. Гурари // Советская геология. – 1981. – № 11. – С. 3-12.
43. Гурари, Ф.Г. Условия формирования и методика поисков залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты / Ф.Г. Гурари, Э.Я. Вайц, В.Н. Меленевский, В.И. Москвин, Г.Н. Перозио, Е.А. Предтеченская, Д.И. Рудницкая, О.Ф. Стасова, В.Х. Фролов, Л.А. Фролова. – М.: Недра, 1988. – 199 с.
44. Гурова, Т.И. О вещественном составе верхнеюрских отложений Западно-Сибирской низменности / Т.И. Гурова // Докл. АН СССР. – 1960. – Т. 134. – № 4. – С. 924-927.

45. Гурова, Т.И. Литология и палеогеография Западно-Сибирской низменности в связи с нефтегазоносностью / Т.И. Гурова, В.П. Казаринов. – М.: Гостоптехиздат, 1962. – 296 с.
46. Девятов, В.П. Палеогеография Сибири в юрском периоде на этапах основных перестроек / В.П. Девятов, Б.Л. Никитенко, Б.Н. Шурыгин // Новости палеонтологии и стратиграфии. – 2011, – Вып. 16-17: Приложение к журналу «Геология и геофизика». – Т. 52. – С. 87-101.
47. Добрецов, Н.Л. Основы тектоники и геодинамики: Учеб. Пособие / Н.Л. Добрецов. – Новосибирск: НГУ, 2011. – 492 с.
48. Добрецов, Н.Л. Глубинная геодинамика / Н.Л. Добрецов, А.Г. Кирдяшкин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1994. – 229 с.
49. Добрынин, В.М. Проблемы коллектора нефти в битуминозных глинистых породах баженовской свиты / В.М. Добрынин // Изв. АН СССР, Сер. Геол. – 1982. – № 3. – С. 120-127.
50. Доманикиты Сибири и их роль в нефтегазоносности / Под ред. Ф.Г. Гурари. – Н.: 1982. – С. 138.
51. Дорофеева, Т.В. Особенности формирования коллекторских свойств баженовской свиты Салымского месторождения / Т.В. Дорофеева, Б.А. Лебедев, Т.В. Петрова // Геология нефти и газа. – 1979. – № 9. – С. 20-23.
52. Дорофеева, Т.В. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири / Т.В. Дорофеева, С.Г. Краснов, Б.А. Лебедев, Г.В. Петрова, Б.В. Позиненко. – Л.: Недра, 1983. – 31 с.
53. Дучков, А.Д. Каталог данных по тепловому потоку Сибири (1966-1984) / А.Д. Дучков. – Новосибирск: изд. ИГи Г СО АН СССР, 1985. – 82 с.
54. Желтов, Ю.В. Обоснование особенностей строения и продуктивности / Ю.В. Желтов, Г.Е. Малофеев, Л.А. Толстов, А.Я. Хавкин, О.А. Московцев, В.И. Погонищев, А.С. Сибгатуллин // Геология нефти и газа. – 1984, – № 8. – С. 1-6.
55. Занин, Ю.Н. Корреляционные связи органического вещества с минеральными компонентами в баженовской свите / Ю.Н. Занин,

А.Г. Замирайлова, В.Ю. Давыдов, В.Н. Меленевский // Геология нефти и газа. – 1997. – № 1. – С. 23-25.

56. Занин, Ю.Н. О двух вещественно-генетических типах черных сланцев баженовской свиты / Ю.Н. Занин, А.Г. Замирайлова, В.Н. Меленевский, В.Ю. Давыдов // Доклады академии наук. – 1999. – Т. 368, – № 1. – С. 91-94.

57. Западная Сибирь. Геология и полезные ископаемые России / В шести томах. Т. 2 / Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова. – ВСЕГЕИ, 2000. – 477 с.

58. Зарипов, О.Г. Закономерности размещения коллекторов в глинистых отложениях баженовской свиты и ее возрастных аналогов в Западной Сибири / О.Г. Зарипов, И.И. Нестеров // Советская геология. – 1977. – № 3. – С.19-25.

59. Захаров, В.А. Биостратиграфия неокома Северного Приобья Западной Сибири / В.А. Захаров, В.А. Казаненков, Ю.И. Богомоллов, Н.К. Лебедева, В.А. Маринов, Ю.Н. Карогодин, Е.Б. Пещевицкая // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. – № 8. – С. 1135–1148.

60. Захаров, В.А. Условия формирования волжско-берриаской высокоуглеродистой баженовской свиты Западной Сибири по данным палеоэкологии / В.А. Захаров // Эволюция биосферы и биоразнообразия. К 70-летию А.Ю. Розанова. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – С. 552-568.

61. Зимин, Ю.Г. Основные черты гидрогеологии и геотермии осадочного чехла / Ю.Г. Зимин, А.Э. Конторович, Э.Э. Фотиади // в кн. Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности. – Труды СНИИГиМС. – 1972. – Вып. 131. Под ред. А.А. Трофимука, Э.Э. Фотиади, Ф.Г. Гурари. – М.: Недра. – С. 67-81.

62. Зубков, М.Ю. Геологические и литолого-геохимические критерии промышленной нефтеносности отложений баженовской свиты Западной Сибири / М.Ю. Зубков, В.П. Сонич, О.Г. Зарипов // Сборник научн. тр. ИГиРГИ «Проблемы нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири». – Москва. – 1986. – С. 5-14.

63. Зубков, М.Ю. Литолого-стратиграфическая характеристика отложений баженовской и абалакской свит центральной части Красноленинского свода / Зубков М.Ю., Мулявин К.М., Чуйко А.И. // Сборник научных трудов «Основные направления научно-исследовательских работ в нефтяной промышленности Западной Сибири». – Тюмень. – 1998. – С. 138-158.

64. Зубков, М.Ю. Литолого-петрофизическая характеристика отложений баженовской и абалакской свит центральной части Красноленинского свода / Зубков М.Ю. // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. – № 12. – С. 1821-1836.

65. Изотова, Т.С. Методика и программы привязки глубины отбора керн к диаграммам каротажа / Т.С. Изотова, А.А. Сорока, А.О. Пуш. – Львов: УкрНИГРИ, 1981.

66. Ильин, Ю.М. Западная Сибирь. Палеогеографические схемы стратиграфических горизонтов юры / Ю.М. Ильин, В.В. Сапьяник, Л.Ф. Найденов и др. – Тюмень, 2005. ЗАО «Тюменский нефтяной центр», – 84 с.

67. Клубова, Т.Т. Диагенетические и эпигенетические минералы в меловых глинах из Омской опорной скважины / Т.Т. Клубова // Докл. АН СССР. – 1960. – Т. 134. – № 4. – С. 928-930.

68. Казаринов, В.П. Мезозойские и кайнозойские отложения Западной Сибири / В.П. Казаринов. – М.: Гостоптехиздат, 1958. – 324 с.

69. Калмыков, Г.А. Пустотное пространство пород баженовской свиты и насыщающие его флюиды / Г.А. Калмыков, Н.С. Балущкина, В.С. Белохин, С.И. Билибин, Т.Ф. Дьяконова, Т.Г. Исакова // Недропользование XXI век. – 2015. – № 1. – С. 64-71.

70. Кислухин, В.И. Литолого-фациальное районирование юрских и нижнемеловых отложений севера Западной Сибири / В.И. Кислухин // Нефтегазоносность отложений Северных районов Западной Сибири. Сборник научных трудов. – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1986. – С. 13-31.

71. Колганова, М.М. Некоторые черты геохимии ванадия и никеля в осадочных породах и нефтях / Колганова М.М., Конторович А.Э. // Геология

нефтегазоносных районов Западно-Сибирской низменности. – Труды СНИИГГиМС. Новосибирск, 1966. – Вып. 47. – С. 184-197.

72. Конторович, А.Э. Геохимия юрских и нижнемеловых отложений Западно-Сибирской низменности в связи с оценкой перспектив их нефтегазоносности: Автореф. Дис. ... канд. геол.-мин. наук: 04.00.17 / Конторович Алексей Эмильевич. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1964. – 20 с.

73. Конторович, А.Э. Геохимия верхнеюрских отложений Западно-Сибирской плиты / А.Э. Конторович // Литология и полезные ископаемые. – 1967. – № 3. – С. 90-102.

74. Конторович, А.Э. Метаморфизм органического вещества и некоторые вопросы нефтегазоносности (на примере мезозойских отложений Западно-Сибирской низменности) / А.Э. Конторович, Г.М. Парпарова, П.А. Трушков // Геология и геофизика. – 1967а. – №2. – С. 16-29.

75. Конторович, А.Э. Геотермическая характеристика мезозойских отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна / А.Э. Конторович, Ю.Г. Зимин, Л.И. Швыдкова // Геология и геофизика. – 1967б. – № 5. – Переиздание. Конторович, А.Э. Геология нефти и газа. Том II. Новосибирск, 2008. – С. 328-335.

76. Конторович, А.Э. Масштабы образования углеводородных газов в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности / А.Э. Конторович, Е.А. Рогозина // Геология и нефтегазоносность юго-востока Западно-Сибирской плиты. Труды СНИИГГиМС. Новосибирск, 1967. – Вып. 65. – С.13-25.

77. Конторович, А.Э. Некоторые особенности температурного поля в отложениях осадочного чехла Западно-Сибирской плиты / А.Э. Конторович, Ю.Г. Зимин // Материалы по тектонике нефтегазоносных областей Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1969. – Переиздание. Конторович, А.Э. Геология нефти и газа. Том II. Новосибирск, 2008. – С. 356-362.

78. Конторович, А.Э. Закономерности накопления органического вещества в древних осадочных толщах (на примере мезозойских отложений Сибири. / А.Э. Конторович, И.Д. Полякова, А.С. Фомичев // Литология и полезные

ископаемые. – 1971. – № 6. – Переиздание. Конторович, А.Э. Геология нефти и газа. Том II. Новосибирск, 2008. С. 82-92.

79. Конторович, А.Э. Катагенез рассеянного органического вещества и нефтегазообразование / А.Э. Конторович, С.Г. Неручев // Проблемы нефтеносности Сибири. Новосибирск: Наука, 1971. – С. 51-69.

80. Конторович, А.Э. Условия накопления и преобразования органического вещества в осадочных толщах / А.Э. Конторович, П.А. Трушков, А.С. Фомичев // Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности. Труды СНИИГГиМС. – 1972а. – Вып. 131. – С. 201-227.

81. Конторович, А.Э. Первичная миграция углеводородов и диагностика нефтегазопроизводящих толщ / А.Э. Конторович, Е.А. Рогозина, А.А. Трофимук // Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности. Труды СНИИГГиМС. – 1972б. – Вып. 131. – С. 227-260.

82. Конторович, А.Э. Рациональный комплекс современных методов анализа в органической геохимии / А.Э. Конторович // Современные методы анализа в органической геохимии. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1973. – Переиздание. Конторович, А.Э. Геология нефти и газа. Том II. Новосибирск, 2008. – С. 374-382.

83. Конторович, А.Э. Природный фактор, вызывающий преобразование ископаемого органического вещества / А.Э. Конторович, А.А. Трофимук, Н.В. Черский, В.С. Вышемирский, Э.М. Галимов, О.Л. Кузнецов, Ю.А. Пещуха, Т.И. Сороко, В.П. Царев, В.Г. Чахмачев // Геология и геофизика. – 1973. – № 9. – Переиздание. Конторович, А.Э. Геология нефти и газа. Том II. Новосибирск, 2008. – С. 121-125.

84. Конторович, А.Э. Анаэробные превращения органического вещества в древних морских осадках / А.Э. Конторович, Л.И. Богородская, В.М. Мельникова // Изв. АН СССР. Сер. Геол. – 1974. – № 9. – С. 112-123.

85. Конторович, А.Э. Геология нефти и газа Западной Сибири / А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Ф.К. Салманов, В.С. Сурков, А.А. Трофимук, Ю.Г. Эрвье. – М.: Недра, 1975. – 680 с.

86. Конторович А.Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности / А.Э. Конторович // Тр. СНИИГГиМС. М.: Недра, 1976. – Вып. 229. – 249 с.

87. Конторович А.Э. Распределение стабильных изотопов углерода в седикахитах различной генетической природы / А.Э. Конторович Л.И. Богородская, С.И. Голышев // Геология и геофизика. – 1985. – № 7. – С. 3-11.

88. Конторович А.Э. Пиролиз как метод изучения нефтегазогенерационного потенциала материнских пород / А.Э. Конторович, В.Н. Меленевский, А.С. Фомичев, Г.Ю. Шведенков // Геология нефти и газа. – 1986. – № 12. – Переиздание. Конторович, А.Э. Геология нефти и газа. Том II. Новосибирск, 2008. – С. 398-403.

89. Конторович А.Э. Литология, органическая геохимия и условия формирования основных типов пород баженовской свиты (Западная Сибирь) / А.Э. Конторович, В.Н. Меленевский, Ю.Н. Занин, А.Г. Замирайлова, В.А. Казаненков, В.В. Казарбин, Е.Н. Махнева, Л.С. Ямковая // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39. – № 11. – С. 1477-1491.

90. Конторович А.Э. Нефтематеринские формации Западной Сибири: старое и новое видение проблемы / А.Э. Конторович, В.П. Данилова, Е.А. Костырева, В.Н. Меленевский, В.И. Москвин, А.Н. Фомин, Е.Н. Махнева // Органическая геохимия нефтепроизводящих пород Западной Сибири. Новосибирск: Издательство СО РАН, НИЦ ОИГГМ. – 1999б. – С. 10-12.

91. Конторович А.Э. Твердые битумы баженовской свиты Западно-Сибирской плиты и главные особенности их геохимии / А.Э. Конторович, Занин Ю.Н., В.Н. Меленевский, А.Г. Замирайлова, А.Н. Фомин, Д.Ю. Давыдов // Геохимия. – 1999а. – № 8. – С. 888-896.

92. Конторович А.Э. Катагенез органического вещества в кровле и подошве юрского комплекса Западно-Сибирского мегаполиса / А.Э. Конторович, А.Н. Фомин, В.О. Красавчиков, А.В. Истомин // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50. – № 11. – С. 1191-1200.

93. Конторович А.Э. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде / А.Э. Конторович, В.А. Конторович, С.В. Рыжкова, Б.Н. Шурыгин, Л.Г. Вакуленко, Е.А. Гайдебурова, В.П. Данилова, В.А. Казаненков, Н.С. Ким, Е.А. Костырева, В.И. Москвин, П.А. Ян // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 972-1012.

94. Конторович, А.Э. Баженовская свита – главный источник ресурсов нетрадиционной нефти в России / А.Э. Конторович, Л.М. Бурштейн, В.А. Казаненков, В.А. Конторович, Е.А. Костырева, Е.В. Пономарева, С.В. Рыжкова, П.А. Ян // Электронный научный журнал. «Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. – 2014. Выпуск 2(10) (зарегистрирован под номером 3599). – С. 1-8. / http://oilgasjournal.ru/vol_10/kontorovich.html.

95. Конторович, А.Э. Классификация пород баженовской свиты / А.Э. Конторович, П.А. Ян, А.Г. Замирайлова, Е.А. Костырева, В.Г. Эдер // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. – №11. – С. 2034-2043.

96. Конторович А.Э. Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта / А.Э. Конторович, Е.В. Пономарева, Л.М. Бурштейн, В.Н. Глинских, Н.С. Ким, Е.А. Костырева, М.А. Павлова, А.П. Родченко, П.А. Ян // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 3. – С. 357-371.

97. Конторович, А.Э. Маргинальный фильтр волжско-раннеберриасского Западно-Сибирского морского бассейна и его влияние на распределение осадков / А.Э. Конторович, Л.М. Бурштейн, Б.Л. Никитенко, С.В. Рыжкова, Е.В. Борисов, С.В. Ершов, Е.А. Костырева, В.А. Конторович, А.Ю. Нехаев, Е.В. Пономарева, М.А. Фомин, П.А. Ян // Литология и полезные ископаемые. – 2019. – № 3. – С. 199-210.

98. Конторович, В.А. Тектоническое строение и история развития Западно-Сибирской геосинеклизы в мезозое и кайнозое / В.А. Конторович, С.Ю. Беляев,

А.Э. Конторович, В.О. Красавчиков, А.А. Конторович, О.И. Супруненко // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42. – № 11-12. – С. 1832-1845.

99. Конторович, В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири / В.А. Конторович. – Новосибирск: Издательство СО РАН филиал «ГЕО», 2002. – 253 с.

100. Кругликов, Н.М. Гидрогеология Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна и особенности формирования залежей углеводородов / Н.М. Кругликов, В.В. Нелюбин, О.Н. Яковлев. Л.: Недра, – 1985. – 363 с.

101. Кузнецова, Г.П. Методические приемы привязки керна к геофизическим исследованиям / Г.П. Кузнецова // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2017. – № 1-2. – С. 20-26.

102. Кукушкина, Т.С. Районирование верхнеюрских осадочных образований по типам разрезов (Заполярные районы Западной-Сибири) Т.С. Кукушкина, В.И. Кислухин // Тезисы докладов VI научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ЗапСибНИГНИ (23-24 марта 1983 г.). – Тюмень, 1983. – С. 20-21.

103. Куляпин, П.С. Прогноз коллекторов в разрезе баженовской свиты по материалам керна и геофизических исследований скважин / П.С. Куляпин, Т.Ф. Соколова // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – № 1. – С. 118-133.

104. Курчиков, А.Р. Геотермический режим углеводородных скоплений Западной Сибири / А.Р. Курчиков // Геология и геофизика. 2001. – Т. 42 (11-12). – с. 1846-1853.

105. Курчиков, А.Р. Гидрогеотермические критерии нефтегазоносности / А.Р. Курчиков. – М.: Недра, 1992. – 231 с.

106. Курчиков, А.Р. Геотермия нефтегазоносных областей Западной Сибири / А.Р. Курчиков, Б.П. Ставицкий. – М.: Изд. Недра, 1987. – 134 с.

107. Лебедев, Б.А. Вещественный состав и природа емкости глинисто-сапропелево-кремнистых нефтеносных отложений баженовской свиты (верхняя

юра) Западной Сибири / Б.А. Лебедев, Т.В. Дорофеева, О.Г. Краснов, Г.В. Лебедева, Г.В. Петрова // Литология и полезные ископаемые. – 1979. – № 2. – С. 90-101.

108. Лисицын, А.П. Маргинальный фильтр океанов / А.П. Лисицын // Океанология. – 1994. – Т. 34. – №5. – С. 735-748.

109. Лопатин, Н.В. Пиролиз в нефтегазовой геохимии / Н.В. Лопатин, Т.П. Емец – М.: Наука, 1987. – 144 с.

110. Маринов, В.А. Биофациальный анализ верхнеюрских и нижнемеловых отложений центральных районов Западной Сибири / В.А. Маринов, С.В. Меледина, О.С. Дзюба, О.С. Урман, О.В. Язикова, В.А. Лучинина, А.Г. Замирайлова, А.Н. Фомин // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 2006. – Т. 14. – № 4. – С. 81-96.

111. Маринов, В.А. Биостратиграфия верхней юры и нижнего мела центральной части Западной Сибири / В.А. Маринов, С.В. Меледина, О.С. Дзюба, О.С. Урман // Новости палеонтологии и стратиграфии. – Вып. 12. Геология и геофизика. Прил., 2009. – Т. 50. – С. 119–142.

112. Мегакомплексы и глубинная структура земной коры Западно-Сибирской плиты / Под ред. В.С. Сурков. – М.: Недра, 1986. – 149 с.

113. Меленевский, В.Н. Методические рекомендации по применению пиролитических методов моделирования в органической геохимии / В.Н. Меленевский. – Новосибирск. СНИИГГиМС, 1991. – 48 с.

114. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом / Под ред. В.И. Петерсилье, В.И. Пороскуна, Г.Г. Яценко. – Москва-Тверь: ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика», 2003. – 258 с.

115. Васильев, В.В. Методы оценки качества нефтегазоматеринских пород: Учебное пособие / В.В. Васильев. – Ухта: УГТУ. – 2012. – 56 с.

116. Микуленко, К.И. Перспективы нефтегазоносности отложений баженовской свиты центральных и южных районов Западно-Сибирской плиты / К.И. Микуленко // Геология и нефтегазоносность Сибири. Труды СНИИГГиМС, 1974. – Вып. 194. – С. 37-41.

117. Немова, В.Д. Процессы формирования карбонатизированных коллекторов в глинисто-кремнистых отложениях баженовского горизонта на западе Широтного Приобья / В.Д. Немова, В.Н. Колосков, Б.Г. Покровский // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 12. – С. 31-35.

118. Неручев, С.Г. Теоретические основы геохимических методов поисков нефтяных и газовых месторождений / С.Г. Неручев // Вопросы методики диагностики нефтепроизводящих свит. Материалы первой секции подсекции по нефти и газу Сибирской секции Межведомственного совета по проблеме «Научные основы геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых», 17-19 января 1972 г. Академия наук СССР. Новосибирск, 1973. – С. 64-84.

119. Неручев, С.Г. Эпохи интенсивного накопления планктона в истории Земли и их причины / С.Г. Неручев // Микрофитофоссилии протерозоя и раннего палеозоя. Л.: Наука, 1974. – С. 38-48.

120. Неручев, С.Г. Уран и жизнь в истории Земли / С.Г. Неручев. – Л.: Недра, 1982. – С. 208

121. Неручев, С.Г. Уран и жизнь в истории Земли / С.Г. Неручев. // 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: ВНИГРИ, 2007. – 328 с.

122. Неручев, С.Г. О шкале катагенеза в связи с нефтегазообразованием / С.Г. Неручев, Н.Б. Вассоевич, Н.В. Лопатин // Горючие ископаемые. Проблемы геологии и геохимии нафтидов и битуминозных пород. – М.: Наука, 1976. –С. 47-62.

123. Нестеров, И.И. Новый тип коллектора нефти и газа / И.И. Нестеров // Геология нефти и газа. – 1979. – № 10. – С. 26-29.

124. Нестеров, И.И. Литолого-фациальная характеристика берриас-валанжинский седиментационно-сейсмических комплексов Среднего Приобья / И.И. Нестеров, В.Н. Высоцкий // Сейсморазведка для литологии и стратиграфии. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1985. – С.41-54.

125. Нестеров, И.И. Нефтегазоносность глинистых пород Западной Сибири / И.И. Нестеров, И.Н. Ушатинский, А.Я. Малыхин, Б.П. Ставицкий, Б.Н.Пьянков // Мин-во геологии РСФСР. ЗапСибНИГНИ. – М.: Недра, 1987. – 256 с.

126. Нефтепроизводящие толщи и условия образования нефти в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности / А.Э. Конторович, Н.М. Бабина, Л.И. Богородская, Б.Г. Винокур. – Л.: Недра, 1967. – 224 с.

127. Никонов, В.Ф. Аутигенное железо, сера, органический углерод и битумы в осадках мезозоя Восточного Приуралья / В.Ф. Никонов // ДАН. – 1959. – Т. 124. – № 2. – С. 392-394.

128. Новиков, Г.Р. Перспективы открытия крупных залежей нефти в трещиноватых аргиллитах баженовской свиты / Г.Р. Новиков, Ф.К. Салманов, А.В. Тянь // Нефть и газ Тюмени. – 1970. – №7. – С. 1-3.

129. Объяснительная записка к атласу литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины в масштабе 1 : 5000000 / Атлас литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины в масштабе 1 : 5000000 / Алексеев Е.Я., Бочкарев В.С., Брадучан Ю.В., Волков А.М., Горский А.Т., Зырянов Л.Н., Кулахметов Н.Х. (зам. ред.), Куликов П.К., Лебедев И.В., Нестеров И.И. (гл. ред.), Подсосова Л.Л., Потеряев А.Г., Прозорович Г.Э., Ростовцев Н.Н., Рудкевич М.Я., Рыльков А.В., Сидоренков А.И., Смирнов В.Г., Соболевский В.В., Соколовский А.П., Ставицкий Б.П., Стерлин Д.Я., Сторожев А.Д., Тихомиров Ю.П., Ушатинский И.Н., Федорцов В.К., Шпильман В.И., Шпильман К.А., Ясович Г.С. / Под ред. И.И. Нестерова. – ЗапСибНИГНИ, 1976. – 83 с.

130. Парпарова, Г.М. Углепетрографические методы в изучении осадочных пород и полезных ископаемых / Г.М. Парпарова, А.В. Жукова. – Л.: Недра, 1990. – 308 с.

131. Парфенова, Т.М. Использование гамма-каротажа для определения содержания органического вещества в высокоуглеродистых осадочных формациях (на примере баженовской свиты) / Т.М. Парфенова,

В.Н. Меленевский, В.И. Москвин. // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – 1999. – № 11. – С. 29-34

132. Плуман, И.И. Ураноносность черных аргиллитов волжского яруса Западно-Сибирской плиты как критерий геохимических условий осадконакопления / И.И. Плуман // Геохимия. Издательство «Наука», 1971. – Т. 9. – С. 1138-1143.

133. Плуман, И.И. Распределение урана, тория и калия в отложениях Западно-Сибирской плиты / И.И. Плуман // Геохимия. – 1975. – № 5. – С. 756-767.

134. Плуман, И.И. Возможности использования данных по радиоактивности для решения некоторых задач нефтяной геологии в Западной Сибири / И.И. Плуман // Тр. ЗапСибНИГНИ. Тюмень, 1976. – Вып. 116. – С. 108-114.

135. Плуман, И.И. Условия образования битуминозных аргиллитов волжского яруса Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции / И.И. Плуман, Н.П. Запывалов. – Изв. АН СССР. Сер. Геол. – 1977. – № 9. – С. 111-117.

136. Пономарева, Е.В. Распределение значений естественной гамма-активности в породах баженовской свиты в центральных и южных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна / Е.В. Пономарева // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018. XIV Междунар. науч. конгресс и выставка, 23-27 апреля 2018 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология»: Сборник материалов в 6 т. – 2018. – Т. 1. – С. 128-135. <http://geosib.sgugit.ru/>

137. Прозорович, Г.Э. Новые данные о трещинных коллекторах баженовской свиты / Г.Э. Прозорович, А.П. Соколовский, А.Г. Малых // Проблемы нефти и газа Тюмени. Научно-технический сборник. Тюмень, 1973а. – Вып. 18. – С. 7-9.

138. Прозорович, Г.Э. Минеральные новообразования в нефтесодержащих глинах волжского яруса Салымского месторождения (Западная Сибирь) / Г.Э. Прозорович, А.П. Соколовский, А.Г. Малых // ДАН. – 1973б. – Т. 208. – № 4. – С.945-947.

139. Решения и труды Межведомственного совещания по доработке и уточнению унифицированной и корреляционной стратиграфических схем Западно-Сибирской низменности Часть 1 // Тюмень. – 1969. – 143 с.

140. Решения V Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины (Тюмень, 1990 г.) // Тюмень. – 1991. – 54 с.

141. Решение 6-го межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003 г. // СНИИГГиМС, ИГНГ СО РАН, Новосибирск, 2004. – 114.

142. Рожкова, К.Г. Катагенетическое преобразование рассеянного органического вещества в системах открытого и закрытого типа мезозойских отложений Западно-Сибирской плиты // Органическое вещество, процессы его превращения и генерации углеводородов в условиях свободного и затрудненного оттока флюидов / К.Г. Рожкова / Под ред. С.Г. Неручева и Г.М. Парпаровой. – СПб.: Недра, 1993. – С. 41-52.

143. Ростовцев, Н.Н. Проект классификации структур платформенного чехла Западно-Сибирской низменности (в связи с нефтегазоносностью) / Н.Н. Ростовцев // Новосибирск. СНИИГГиМС, 1961. – 23 с.

144. Руководство по анализу битумов и рассеянного органического вещества горных пород (для лабораторий геологоразведочных организаций) / Под ред. В.А. Успенского, К.Ф. Родионовой, А.И. Горской, А.П. Шишковой. – Л., Недра, 1966, – 315 с.

145. Рыльков, А.В. Распределение органического вещества в битуминозных отложениях баженовского горизонта Западной Сибири в условиях компенсированного осадконакопления / А.В. Рыльков, Г.Ф. Григорьева // Сб. науч. тр. Под ред. И.И. Нестерова: Строение и нефтегазоносность баженигов Западной Сибири. Тюмень: ЗапСибНИГНИ. – 1985. – С. 73-80.

146. Рыжкова, С.В. Баженовский горизонт Западной Сибири: строение, корреляция и толщины / С.В. Рыжкова, Л.М. Бурштейн, С.В. Ершов,

В.А. Казаненков, А.Э. Конторович, В.А. Конторович, А.Ю. Нехаев, Б.Л. Никитенко, М.А. Фомин, Б.Н. Шурыгин, А.Л. Бейзель, Е.В. Борисов, О.В. Золотова, Л.М. Калинина, Е.В. Пономарева // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 7. – С. 1053-1074.

147. Салымский нефтеносный район / Под ред. И.И. Нестерова, Г.Р. Новикова, И.Н. Ушатинского и др. // Тюмень: Тр. ЗапСибНИГНИ. – 1970. – Вып. 41. – 314 с.

148. Сараев, С.В. Петрохимический метод в изучении минерального состава пород баженовской свиты Западной Сибири / С.В. Сараев // Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 33-38.

149. Сверчков, Г.П. Формирование нефтяных и газовых залежей в северо-западной части Западно-Сибирской низменности / Г.П. Сверчков // Геология нефти. – 1958. – № 6. – С. 8-14.

150. Славкин, В.С. Некоторые аспекты геологического строения и перспектив нефтеносности баженовской свиты на западе Широтного Приобья / В.С. Славкин, А.Д. Алексеев, В.Н. Колосков // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 8. – С. 100-104.

151. Степанов, В.П. Основные итоги и перспективы разработки баженовской свиты Салымского месторождения / В.П. Степанов, М.Ю. Ахапкин, В.П. Табаков, А.Г. Пасынков, В.В. Быков и др., // Геофизика. – 2007. – № 4. – С. 211-218.

152. Страхов, Н.М. К геохимии органического вещества: О связи рассеянных битумов с петрографическими типами осадочных пород / Н.М. Страхов, К.Ф. Родионова // Бюлл. МОИП. Отд. геол. – 1954. – Т. 29. – № 2. – С. 3-20.

153. Страхов, Н.М. Основы теории литогенеза. Том II. Закономерности состава и размещения гумидных отложений / Н.М. Страхов. – М.: АН СССР, 1962. – 551 с.

154. Сурков, В.С. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты / В.С. Сурков, О.Г. Жеро. – Москва: Недра, 1981. – 143 с.

155. Толстолыткин, В.П. Промыслово-геофизические исследования скважин / В.П. Толстолыткин, Б.Н. Зубарев // Нефтяное хозяйство. – 1984. – № 6. – С. 38-43.
156. Трофимук, А.А. Баженовская свита - уникальный природный резервуар нефти / А.А. Трофимук, Ю.Н. Карогодин // Геология нефти и газа. – 1981. – № 4. – С.29-33.
157. Успенский, В.А. К разработке генетической классификации рассеянного органического вещества / В.А. Успенский, Ф.Б. Инденбом, А.С. Чернышева, В.Н. Сенникова // Вопросы образования нефти. Л.: Гостоптехиздат, 1958. Тр. ВНИГРИ. – Вып. 128. – С. 221-362.
158. Успенский, В.А. Формирование основных типов ископаемого органического вещества и их эволюция на последовательных этапах литогенеза / В.А. Успенский, С.Г. Неручев, О.А. Радченко, Е.А. Рогозина, Г.М. Парпарова, Т.Э. Баранова, Е.А. Глебовская, А.И. Горская, И.А. Зеличенко, А.И. Шапиро, И.А. Шакс, Е.А. Файзуллина // Природа ОВ современных и ископаемых осадков. – М.: Наука, 1973. – С. 68-78.
159. Ушатинский, И.Н. Литология и перспективы нефтеносности юрско-неокомских битуминозных отложений Западной Сибири / И.Н. Ушатинский // Советская геология. – 1981. – № 2. – С. 11-22.
160. Ушатинский, И.Н. Основные литотипы и петрофизические свойства пород баженовской свиты. Петрофизическое обеспечение подсчета запасов нефти и газа / И.Н. Ушатинский / Под ред. А.Я. Малыхина. – Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1989. – С. 43-51.
161. Филина, С.И. Палеогеография и нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири / С.И. Филина, М.В. Корж, М.С. Зонн. – М.: Наука, 1984. – 36 с.
162. Фомин, А.Н. Диагностика стадий катагенеза по отражательной способности псевдовитринита / А.Н. Фомин // Методы исследования природных органических веществ / Под ред. А.А. Трофимука. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 32-37.

163. Фомин, А.Н. Катагенез органического вещества и перспективы нефтегазоносности юрских, триасовых и палеозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна / А.Н. Фомин, А.Э. Конторович, В.О. Красавчиков // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42. – № 11-12. – С. 1875-1887.

164. Фомин, А.Н. Катагенез органического вещества и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна / А.Н. Фомин; Научн. ред. Академик А.Э. Конторович / Рос. Акад. Наук, Сиб. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. – 331 с.

165. Хабаров, В.В. Уран, калий и торий в битуминозных породах баженовской свиты Западной Сибири / В.В. Хабаров, О.М. Нелепченко, Е.Н. Волков, О.В. Барташевич / Советская геология. – М., Недра, 1980. – С. 94-105.

166. Хабаров, В.В. Выделение и литостратиграфическое расчленение битуминозных пород в разрезах Западной Сибири / В.В. Хабаров, Т.В. Первухина / Литология разрезов Западной Сибири по геофизическим исследованиям. – Тюмень, 1989. – С. 82-89.

167. Шурыгин, Б.Н. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система / Б.Н. Шурыгин, Б.Л. Никитенко, В.П. Девятов, В.И. Ильина, С.В. Меледина, Е.А. Гайдебурова, О.С. Дзюба, А.М. Казаков, Н.К. Могучева // Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "Гео", 2000. – 480 с.

168. Шурыгин, Б.Н., Граница юры и мела на севере Сибири и бореально-тетическая корреляция приграничных толщ / Б.Н. Шурыгин, О.С. Дзюба // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56. – № 4. – С. 830-833.

169. Черников, К.А. К вопросу о выделении нефтематеринских пород в разрезе мезозоя Западно-Сибирской низменности / К.А. Черников, Н.П. Запывалов // Вестник Зап. Сиб. и Новосибирского геол. управления. – Томск: ТГУ, 1958. – № 2. – С. 12-25.

170. Эдер, В.Г. Некоторые типы разрезов верхнеюрских баженовской и георгиевской свит Обь-Иртышского междуречья / В.Г. Эдер // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 46, – № 6. – С. 746-754.

171. Эдер, В.Г. Литолого-геохимические и геофизические особенности приграничных толщ баженовского и куломзинского горизонтов (основание нижнего мела) центральных районов Западной Сибири / В.Г. Эдер, С.В. Рыжкова, Е.А. Костырева, М.А. Павлова, И.С. Сотнич, А.Г. Замирайлова, Е.В. Пономарева // Геология и геофизика – 2020. – Т. 61. – № 7. – С. 943-961.

172. Bordenave M.L. Applied petroleum geochemistry // Paris: Ed. Technip, 1993. – XI. – 524 p.

173. Espitalie, J. Role of mineral matrix in kerogen pyrolysis: influence on petroleum generation and migration / J. Espitalie, M. Madec, B. Tissot // The american association of petroleum geologists bulletin. – 1980. – V. 64. – № 3. – P. 59-66.

174. Issler, D.R. Organic carbon content determined from well logs: examples from Cretaceous sediments of western Canada / Issler D.R., Hu K., Bloch J.D., Katsube T.J. // *GSC Open File 4362*. 2002. Available at: http://geogratias.gc.ca/api/en/nrcan_rncan/ess-sst/d9a3707d-03aa-542e-974e-0e45aa19e964.html (accessed 01 February 2014).

175. Peters, K.E. Guidelines for evaluation petroleum source rock using programmed pyrolysis / K.E. Peters // The American association of petroleum geologists. – 1986. – V. 70. – № 3. – P. 318-329.

176. Peters, K.E. Multiple Oil Families in the West Siberian Basin / K.E. Peters, A.E. Kontorovich, J.M. Moldovan, et al // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. – 1994. – V.78. – P. 893-899.

177. Passey, Q.R. A Practical Model for Organic Richness from Porosity and Resistivity Logs. / Q.R. Passey, S. Creaney, J.B. Kulla // The AAPG Bulletin, 1990. V. 74, – № 17. – P. 1777-1794.

178. Tissot, B.P. Petroleum Formation and Occurrence / B.P. Tissot, D.H. Welte // Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1984. – 699 p.

ФОНДОВЫЕ РАБОТЫ

1. Геологическая модель, литолого-геохимические и геолого-геофизические критерии прогноза нефтеносности, обоснование типа коллектора, бассейновое

моделирование генерации, количественная оценка начальных геологических ресурсов нефти в баженовской свите Западно-Сибирской НГП. Заключительный отчет по Договору подряда № 7/14 от 26 февраля 2014 г. / ФГУП «ВНИГНИ», ФГБУН ИНГГ СО РАН / Научный руководитель А.Э. Конторович; отв. исполнитель: к.г.-м.н. С.В. Рыжкова. – Новосибирск, 2016. – В 3-х книгах и 1 папке (50 графических приложений/50 л.).

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1.1 – Фациально-стратиграфическое районирование отложений баженовского горизонта Западно-Сибирского осадочного бассейна [Рыжкова и др., 2018] со схемой расположения залежей нефти в пласте Ю₀ и горизонтах берриасапта.

Рисунок 1.2 – Свиты, выделяемые в составе келловоя и верхней юры Западно-Сибирского осадочного бассейна [Рыжкова и др., 2018].

Рисунок 1.3 – Структурная карта по кровле юрского комплекса Западно-Сибирской геосинеклизы [Конторович и др., 2001].

Рисунок 1.4 – Карта тектонического районирования кровли юрского комплекса Западно-Сибирской геосинеклизы [Конторович и др., 2001].

Рисунок 1.5 – Палеогеографическая карта. Волжский век [Конторович и др., 2019].

Рисунок 1.6 – Карта толщин баженовского горизонта [Рыжкова и др., 2018].

Рисунок 1.7 – Карта массы минеральных компонентов в осадках (безводных) баженовского горизонта на конец диагенеза, тыс. т/км² [Конторович и др., 2019].

Рисунок 1.8 – Интенсивность генерации углеводородных газов и битумоидов и эмиграции битумоидов ОБ баженовской свиты [Неручев, Рогозина, 2010].

Рисунок 1.9 – Схематическая карта катагенеза органического вещества в кровле юрского комплекса Западно-Сибирского мегабассейна [Конторович и др., 2009, с изменениями автора].

Рисунок 1.10 – Карта пластовых температур верхней части баженовского горизонта [Геологическая..., 2014-2016ф].

Рисунок 1.11 – Карта районирования Западно-Сибирского осадочного бассейна по величине геотермического градиента [Геологическая..., 2014-2016ф].

Рисунок 2.1. – Схема исследования рассеянного органического вещества в ИНГГ СО РАН [Борисова и др., 2011].

Рисунок 2.2 – Схема экспресс-анализатора АН-7529 для определения $C_{орг}$ [Конторович, 1973].

Рисунок 2.3 – Карта со скважинами с аналитическими определениями $C_{орг}$ и с построенными корреляционными зависимостями «кern – ГИС».

Рисунок 2.4 – Районирование территории Западно-Сибирского осадочного бассейна по методике построения карт содержания $C_{орг}$ в породах баженовского горизонта.

Рисунок 2.5 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Горшковская 1017.

Рисунок 2.6 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Горшковская 1017

Рисунок 2.7 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Салымская 2802.

Рисунок 2.8 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Салымская 2802.

Рисунок 2.9 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Малобалыкская 901.

Рисунок 2.10 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Малобалыкская 901.

Рисунок 2.11 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Чупальская 67.

Рисунок 2.12 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Чупальская 67.

Рисунок 2.13 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Эниторская 971.

Рисунок 2.14 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Эниторская 971.

Рисунок 2.15 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Столбовая 84.

Рисунок 2.16 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Столбовая 84.

Рисунок 2.17 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Толпаровская 2.

Рисунок 2.18 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Толпаровская 2.

Рисунок 2.19 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Западно-Квензерская 4.

Рисунок 2.20 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Западно-Квензерская 4.

Рисунок 2.21 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Среднеюлжавская 10.

Рисунок 2.22 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Среднеюлжавская 10.

Рисунок 2.23 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Ракитинская 4.

Рисунок 2.24 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности пород баженовской свиты по данным ГИС в скв. Ракитинская 4.

Рисунок 2.25 – Изменение содержаний $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты в скв. Боровая 8.

Рисунок 2.26 – Диаграмма зависимости «кern – ГИС» содержания $C_{орг}$ от значений γ -активности в скв. Боровая 8.

Рисунок 2.27 – Изученность территории исследования керном.

Рисунок 2.28 – Изученность территории исследования керном и ГИС.

Рисунок 3.1 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в баженовском горизонте.

Рисунок 3.2 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в баженовской свите.

Рисунок 3.3 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в нижнетутлеймской подсвите.

Рисунок 3.4 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в нижней подсвите мулымьинской свиты.

Рисунок 3.5 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в марьяновской свите (верхняя часть).

Рисунок 3.6 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в верхнеданиловской подсвите.

Рисунок 3.7 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в максимоярской свите (верхняя часть).

Рисунок 3.8 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в баганской свите (верхняя часть).

Рисунок 3.9 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в гольчихинской свите (верхняя часть).

Рисунок 3.10 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в яновстанской свите (верхняя часть).

Рисунок 3.11 – Средние значения $C_{орг}$ в свитах баженовского горизонта.

Рисунок 3.12 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в породах волжско-раннеберриасского возраста в центральных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна.

Рисунок 3.13 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в породах волжско-раннеберриасского возраста в западных, юго-западных, южных и юго-восточных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна.

Рисунок 3.14 – Распределение концентраций $C_{орг}$ в породах волжско-раннеберриасского возраста в восточных и северо-восточных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна.

Рисунок 3.15 – Карта средних концентраций органического углерода в породах баженовского горизонта на территории Западной Сибири, в %.

Рисунок 3.16 – Карта современных содержаний органического вещества в породах баженовского горизонта, в % на породу [Геологическая..., 2014-2016ф].

Рисунок 3.17 – Карта содержаний органического вещества на начало катагенеза в породах баженовского горизонта, в % на породу [Геологическая..., 2014-2016ф].

Рисунок 3.18 – Карта толщин пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода менее 5 %.

Рисунок 3.19 – Карта толщин пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода 5-7 %.

Рисунок 3.20 – Карта толщин пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода 7-10 %.

Рисунок 3.21 – Карта толщин пород баженовского горизонта с современным содержанием органического углерода более 10 %.

Рисунок 3.22 – Карта средних концентраций органического углерода в породах нижней части разреза баженовского горизонта центральных и южных районов Западно-Сибирского бассейна, в %.

Рисунок 3.23 – Карта средних концентраций органического углерода в породах средней части разреза баженовского горизонта центральных и южных районов Западно-Сибирского бассейна, в %.

Рисунок 3.24 – Карта средних концентраций органического углерода в породах верхней части разреза баженовского горизонта центральных и южных районов Западно-Сибирского бассейна, в %.

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1.1 – Классификация тектонических элементов мезозойско-кайнозойских платформенных отложений Западно-Сибирской геосинеклизы [по В.Д. Наливкину (1963 г.) с уточнениями В.А. Конторовича и др., 2001].

Таблица 1.2 – Обозначения градаций катагенеза, применяемые российскими исследователями (по [Неручев и др., 1976], [Конторович, 1976]).

Таблица 1.3 – Выход продуктов катагенетических преобразований аквагенного керогена по данным Л.М. Бурштейна, А.Э. Конторовича [Геологическая..., 2014-2016ф].

Таблица 2.1 – Сводные показатели зависимости $C_{орг} = a \cdot \gamma + b$ «керна – ГИС» в эталонных скважинах.

Таблица 2.2 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Горшковская 1017.

Таблица. 2.3 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Салымская 2802.

Таблица. 2.4 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Малобалыкская 901.

Таблица 2.5 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Чупальская 67.

Таблица 2.6 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Эниторская 971.

Таблица. 2.7 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Столбовая 84.

Таблица. 2.8 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Толпаровская 2.

Таблица. 2.9 – Значения содержаний $C_{орг}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Западно-Квензерская 4.

Таблица. 2.10 – Значения содержаний $C_{\text{орг}}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Среднеюлжавская 10.

Таблица. 2.11 – Значения содержаний $C_{\text{орг}}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Ракитинская 4.

Таблица. 2.12. Значения содержаний $C_{\text{орг}}$ в породах баженовской свиты по аналитическим данным и зависимости «керна – ГИС» в скв. Боровая 8.

Таблица 2.13 – Количество аналитических определений содержания органического углерода в породах баженовского горизонта.

Таблица 2.14 – Количество измерений содержания органического углерода в породах баженовского горизонта по зависимостям «керна – ГИС» (ИНГГ СО РАН).

Таблица 3.1 – Распределение современных средних, максимальных и модальных концентраций $C_{\text{орг}}$ по свитам баженовского горизонта.

Таблица. 3.2 – Современное содержание органического углерода в породах свит баженовского горизонта.

Таблица 3.3 – Средние содержания органического углерода и органического вещества в породах баженовского горизонта (верхняя волга – нижний берриас) Западно-Сибирского бассейна (площади и оценки – без акватории Карского моря).

Таблица 3.4 – Изменение средних содержаний органического углерода по разрезу в породах баженовской и тутлеймской свит (баженовский горизонт) в центральных и южных районах Западно-Сибирского бассейна.