

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи



Кудаманов Александр Иванович

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРХНЕГО МЕЛА ЗАПАДНОЙ
СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ ТУРОН-КАМПАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ)**

1.6.5 – Литология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Москва – 2024

Диссертация подготовлена в обществе с ограниченной ответственностью «Тюменский нефтяной научный центр» (ООО «ТННЦ»), г. Тюмень.

**Официальные
оппоненты:**

Дорошенко Александр Александрович – доктор геолого-минералогических наук, снс, доцент, общество с ограниченной ответственностью «Газпром ВНИИГАЗ» (г. Тюмень), отдел подсчёта запасов, главный научный сотрудник

- Калмыков Георгий Александрович – доктор геолого-минералогических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, заведующий кафедрой

- Шишлов Сергей Борисович – доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», подразделение проректора по науке, научно-исследовательская часть (НИЧ), ведущий научный сотрудник

Защита диссертации состоится «15» ноября 2024 г. в 14 часов 30 минут на заседании диссертационного совета МГУ.016.8 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, МГУ имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, ауд. 621.

E-mail: poludetkinaelena@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на портале: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3088/>

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.016.8,

кандидат геолого-минералогических наук



Е Н. Полудеткина

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Выработка запасов газа сеномана определяет потребность вовлечения в разработку новых залежей в отложениях верхнего мела Западно-Сибирской плиты (ЗСП), для снижения темпов падения и стабилизации уровня добычи углеводородов. Верхнемеловые толщи (над сеноманом) могут рассматриваться как возвратный объект разработки при истощении основных залежей. Известные оценки ресурсов надсеноманского газа достигают 50 трлн м³, что в три раза превышает начальные запасы сеноманского газа. *Эффективность разработки надсеноманского мела* определяется близостью состава газа к сеноманскому (содержит преимущественно метановый газ), малой глубиной залегания (не более 1000–1200 м), а также наличием инфраструктуры разработки газовых месторождений. Одной из проблем разработки верхнего мела является широкое развитие пород-коллекторов нетрадиционного типа (кремнисто-глинистые и кремневые отложения). Геолого-геофизические работы по изучению *надсеноманского* мела ЗСП были сокращены более 30-ти лет назад из-за представлений о «*простом их строении и низкой перспективности*». Объёмы сеймики, поисково-разведочного бурения, лабораторных исследований керна (за тридцать последних лет), позволили выявить недостатки существующих представлений о составе и строении глинисто-кремнистых отложений верхнего мела ЗСП. Доказанные перспективы газоносности и низкий уровень изученности определяют актуальность новых исследований.

Степень изученности объекта исследований. Историю изучения верхнего мела Сибири в разные годы создавали многие специалисты. Впервые коренные выходы верхнего мела (пос. Воронцово, руч. Брагина) в пределах ЗСП были открыты в 1866 г. геологом П.А. Лопатиным. В.И. Бодылевский в 1938 г. установил верхнемеловой возраст (турон-коньяк) воронцовских отложений.

Заметный вклад в изучение верхнего мела Сибири внесли В.Н. Сакс (1945; 1957; 1963), Н.И. Куликов, В.С. Ломанчиков (1954), Е.П. Колокольцева и др. (1964), В.И. Ефремова, В.И. Бодылевский, Н.И. Шульгина, В.А. Захаров и др.

(1986, 1989, 1991, 1998), Ильина и др. (1994) и многие другие. В результате работ ИГиГ СО РАН в 80-х годах XX века разработаны детальные шкалы по иноцерамам, диноцистам, спорам и пыльце (Захаров и др., 1991; Микрофитофоссилии ..., 1994). Создана шкала геологических событий, основанная на трансгрессивно-регрессивной этапности процессов осадконакопления (Захаров и др., 1991; Sahagian et al., 1994). Методами зональной стратиграфии разрезы разных структурно-фациальных зон скоррелированы между собой, составлен сводный разрез верхнего мела – для расчленения и корреляции закрытых районов ЗСП (Sahagian et al., 1994; Захаров и др., 1998).

Новый импульс в изучение верхнего мела ЗСП придали нефтегазодобывающие компании в 10-е годы XXI века (получены промышленные притоки газа). В настоящее время в континентальных отложениях верхнего мела выделены свиты, прослеженные по латерали методами ГИС и сейсмостратиграфии, и датированные споро-пыльцевыми комплексами (СПК), редкими фораминиферами. Для морских отложений верхнего мела разработаны лито- и биостратиграфические схемы, выделены местные литостратиграфические единицы: свиты, пачки, пласты. Корреляционные схемы, разработанные специалистами Ленинграда (ВНИГРИ, НИИГА), научных центров Сибири – Новосибирска (СНИИГГиМС, ИГиГ СО РАН), Тюмени (ЗапСибНИГНИ), Свердловска (ИГиГ УрО РАН), Томска (ТГУ), служат хорошей основой для сопоставления стратонов и определения возраста верхнего мела по всей территории Сибири.

Целью исследований являлась реконструкция формирования верхнего мела (на примере турон-кампанских отложений) ЗСП, на основе, во-первых, современных представлений о глобальных закономерностях седиментации позднего мела, и, во-вторых, результатов комплексного анализа актуализированной геолого-геофизической информации.

Задачи исследований. Для достижения цели исследований были определены основные задачи:

1. По результатам анализа данных и на основе характерных признаков **выявить** в разрезе глинисто-кремнистых толщ (горизонтов) турон-кампа верхнего мела ЗСП региональные стратиграфические комплексы/стратоны.

2. **Уточнить** происхождение, и детализировать состав и строение стратонов, показать сходство и различие.

3. **Установить** циклический характер седиментации турон-маастрихтских отложений.

4. **Показать** корреляцию циклов верхнего мела Западной Сибири с планетарными событиями (например, аноксийными, ОАЕ).

Методы исследований. Теоретической основой послужили разработки известных отечественных и зарубежных ученых. В области *литологии осадочных комплексов* – Л.Б. Рухина (1961), Н.М. Страхова (1948, 1960), Г.И. Теодоровича (1958), В.Д. Шутова (1967), В.Н. Шванова (1969, 1987, 1992), Б.А. Лебедева (1992), Н.В. Логвиненко (1984), В.Т. Фролова (1995). Материалы монографий – «Систематика и классификация...» (1998), Ю.Г. Волохина (2013), О.В. Япаскурта (2016), П.Л. Тихомирова (2018). *Седиментологии* – Дж. Р. Аллена (1983), Ю.П. Казанского (1976, 1983), С.И. Романовского (1977, 1985, 1988), Р. Градзиньского и др. (1980), Г.-Э. Рейнека и И.Б. Сингха (1981), Р.Ч. Селли (1989), М.Р. Лидера (1986). *Цикличности процессов осадконакопления* – труды Ю.А. Жемчужникова (1956), И.А. Вылцана (1977), Ю.Н. Карогодина (1980), Э. Хэллема (1983), А.А. Нежданова (1990), Л.Н. Ботвинкиной и В.П. Алексеева (1991), В.П. Алексеева (2002) и многих др. *Фаций и литолого-фациального анализа* – результаты исследований В.Т. Фролова (1984), R.G. Walker и P.J. Noel (1992), В.П. Алексеева (2002, 2007), И.А. Вылцана (2002), В.М. Цейслера (2004), В.Г. Кузнецова (2012). *Системного подхода в геологии* – Е.Г. Аввакумова (1986), Я.Э. Юдовича и М.П. Кэтрис (1988), А.Н. Дмитриевского (1998), Е.М. Емельянова (1998), Ю.Н. Карогодина и Е.А. Гайдебуровой (1989), Н.Е. Мартьянова (2003), Л. Косентино (2007), С.Г. Неручева (2007), С.Л. Шварцева и др. (2007), К.Ю. Еськова (2014), П.Л. Тихомирова (2018), и др.

Фактический материал. Основой диссертационной работы являются результаты практического изучения автором геологических объектов (природных обнажений и керна) в течение 40 лет. Проанализировано около 3 тыс. п.м. керна более 40 скважин глубокого бурения на территории ЗСП (Харампурский, Береговой, Кынско-Часельский, Русский, Губкинский, Северо-Комсомольский, Ван-Ёганский, Мессояхский, Ем-Ёговский и другие лицензионные участки (ЛУ)). Проведены лабораторные исследования керна, системная оценка комплекса геолого-геофизических и промысловых данных по скважинам, вскрывшим верхний мел. Выполнен литолого-седиментологический анализ (керна, ГИС, сейсмика), построены концептуальные и объёмные (для отдельных ЛУ) модели (турон, сантон, кампан), а также палеорекострукции на основе базовых характеристик продуктивных пластов и флюидоупоров. Возрастные датировки, стратиграфические разбивки и экология горизонтов и литостратонов, кроме актуальных исследований ООО «ТННЦ», уточнялись опубликованными и фондовыми данными (спорово-пыльцевые комплексы, определения микро- и макрофауны, палеомагнитные данные, и пр.).

Личный вклад соискателя. С 2003 года автор занимался изучением мезокайнозойских отложений ЗСП в центре исследования керна (г. Когалым, 2003–2011 гг.) компании ООО «ЛУКОЙЛ» (ЛУ Сургутского и Вартовского сводов, Шаимского района, ЯНАО), а с 2011 г. по настоящее время – в ООО «ТННЦ».

В публикациях (в соавторстве с коллегами), соискателю принадлежит седиментологическая, литолого-минералогическая, геохимическая (минеральных парагенезов) характеристика отложений, оценка особенностей эволюции обстановок, степени влияния вулканических процессов, тектоники и цикличности, вторичных преобразований пород и изменчивости строения осадочного разреза. Результаты изучения отражены в материалах ряда научно-производственных отчётов.

Научная новизна работы. По результатам выполненных исследований:

1. Впервые показано, что эпизоды регрессии отражают колебательный

характер малоамплитудных вертикальных движений дна Западно-Сибирского бассейна в позднем мелу, с периодичностью в среднем 3,0–3,5 млн лет;

2. Впервые показано, что этапы активизации крупных провинций кремнекислого вулканизма в позднем мелу оказывали опосредованное влияние на осадконакопление аморфного кремнезёма коньяк-сантонского возраста (десятки тысяч км³);

3. Впервые отмечено, что в основании трансгрессивных фаз циклитов присутствуют повышенные содержания пирита (в 2–4 превышающие доли пирита во вмещающих отложениях), связанные с формированием эпизодов «кислородного голодания». Отдельные границы (например, сеноман-турон, коньяк-сантон) с аномальными долями пирита соответствуют глобальным аноксийным событиям ОАЕ (ОАЕ2 и ОАЕ3, соответственно).

Публикации и апробация работы. Характеристики стратонов и прогноз закономерностей их распространения, находят своё подтверждение в текущих работах ПАО «НК-Роснефть», ПАО «Газпром» и ПАО «Новатэк». Промежуточные данные обсуждались на различных форумах (за 9 лет порядка 25 авторских презентаций): НПК, совещания, симпозиумы, в том числе международные (5) и с международным участием (4).

По теме диссертации опубликовано порядка 80 работ, в том числе 33 статьи (общий объём 32,44 п.л.) в научных журналах. В рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных WoS, Scopus, RSCI, и в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ – 28; в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России – 5. Более 45 статей, тезисов и рефератов – в сборниках материалов конференций и совещаний. Основные положения работы докладывались автором на многочисленных конференциях и совещаниях. Например, на Российской нефтегазовой технической конференции SPE (Москва, 2018), Интерэкспо ГЕО-Сибирь (Новосибирск, 2017, 2018, 2019), Литология осадочных комплексов Евразии и шельфовых областей (Казань, 2019), Экзолит (МГУ, 2018, 2020, 2021, 2023), Литологические совещания (Екатеринбург, 2016, 2018, 2020;

Новосибирск, 2013; Томск, 2015), EAGE (2018, 2021), Новые Идеи в Геологии Нефти и Газа (МГУ, 2021), Меловые совещания (Крым, 2016; Белгород, 2018; Магадан, 2020; Томск, 2022), и др.

Теоретическая и практическая значимость. Обоснованное утверждение о преобладании биогенно-хемогенного типа осадконакопления надсеноманской части разреза верхнего мела, детализация трансгрессивно-регрессивной цикличности, выявление тектонического контроля процессов седиментации отдельных стратонов. Установление влияния вулканогенных процессов на седиментацию осадочных толщ верхнего мела ЗСП. Вывод о формировании в начальные фазы этапов трансгрессии обстановок без или с низким содержанием кислорода в придонных водах (проявленных повышенными содержаниями пирита), в ряде случаев (рубежи сеноман-турон и коньяк-сантон), совпадающих с океаническими событиями аноксии ОАЕ2 и ОАЕ3 (соответственно).

Практическое значение работы заключается в детальном расчленении сеймостратиграфических комплексов (ССК, горизонтов) верхнего мела ЗСП на дополнительные стратиграфические подразделения – стратоны (и их характеристика). Выявленные закономерности строения стратонов позволили с высокой эффективностью прогнозировать характер распределения коллекторских свойств и перспектив данных отложений на территории ЗСП.

Достоверность результатов работы определяется детальной проработкой верхнемеловых разрезов Западной Сибири в течение ряда лет по керну современного бурения с применением комплекса взаимодополняющих лабораторных и геолого-геофизических методов. Достоверность, предложенных автором выводов и прогнозов, контролируется актуальными результатами текущего поисково-разведочного бурения.

Структура и объём диссертации. Диссертация включает введение, семь глав, заключение, список сокращений и список литературы (всего 381 наименование). Общий объём – 225 страниц машинописного текста, включая 118 рисунков и 1 таблицу.

Благодарности. В течение сбора, систематизации, анализа и оформления

диссертации оказана неоценимая помощь со стороны руководства, экспертов и менеджеров ООО «ТННЦ»: А.В. Аржиловского, А.Н. Бабурина, А.Н. Фищенко, М.В. Лебедева, Т.А. Рязановой, Н.В. Нассоновой, А.О. Гордеева, Е.А. Иванова, А.В. Храмцовой, Д.А. Сидорова, которым автор благодарен, и признателен за ценные и своевременные советы, рекомендации и поддержку.

Автору неоднократно приходилось консультироваться и пользоваться советами В.П. Алексеева, Е.Ю. Барабошкина, А.Л. Бейзеля, Л.Г. Вакуленко. П.А. Яна; А.В. Маслова, В.П. Меркулова, Г.А. Мизенса, В.П. Морозова, З.Я. Сердюк, П.А. Тишина, Г.М. Татьяна, А.И. Чернышова, О.М. Гринёва, А.В. Файнгерца, Н.М. Недоливко, А.В. Ежовой, О.В. Бетхер, О.В. Япаскурта, А.И. Малиновского, В.Г. Кузнецова, Э.А. Абли, В.Г. Колокольцева, А.П. Вилесова, К.В. Зверева, А.Д. Коробова, Н.В. Лопатина, В.М. Подобинной, О.П. Гончаренко, Н.И. Коробовой, Е.В. Щепетовой, В.Д. Немовой, И.В. Панченко, А.Ю. Гужикова. Всем специалистам автор выражает глубокую признательность и благодарность за помощь в работе и конструктивную критику. С.Е. Агалаков и В.А. Маринов взяли критически оценить работу, за что им низкий сердечный поклон.

Особая благодарность друзьям, учителям и коллегам: Т.М. Карих, А.И. Гордину и Р.И. Гординой, А.Э. Жарову, В.Г. Евсюкову, Г.В. Сидельниковой, М.П. Кортусову, В.А. Баженову, А.И. Родыгину и В.Г. Родыгиной, С.А. Родыгину, И.А. Вылцану, А.И. Летувнинкасу, Г.М. Тюлюпо, В.А. Баженову, А.И. Гончаренко, С.Л. Свешниковой, Д.А. Васильеву, Г.Б. Князеву, Ю.В. Уткину, Ю.В. Индукаеву, В.В. Хахлову, В.П. Парначёву, К.Е. Закревскому, В.Ф. Евсееву, А.М. Донову, Н.Ф. Каячеву, Ю.В. Кострову, И.А. Квардакову, О.В. Шишковой, А.М. Фадееву, И.Г. Павлуткину, Е.В. Панёву, Е.С. Климовой, А.В. Кочетову, В.В. Васильеву, Ю.М. Земцову, С.В. Степанову, С.В. Соколову, А.М. Исмагиловой, И.А. Лебедевой, М.Ю. Новосёловой, Т.В. Глухову, И.О. Ошнякову, Д.А. Митрофанову, А.А. Кузовкову, Л.Р. Дистановой, С.Л. Белоусову, Е.В. Смирновой, В.А. Аксарину, А.Э. Лыткину и многим другим –

за терпение, поддержку и неформальное отношение при обсуждении проблем седиментации и литогенеза, в том числе верхнего мела Западно-Сибирской плиты.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Область диссертационного исследования по направленности решаемых задач соответствует паспорту специальности 1.6.5 – «Литология», а именно: пункту 1 – *«вещественный состав, структура и геохимия осадочных горных пород (обломочных, хемогенных, органогенных, полигенных)»* и пункту 2 – *«палеогеографические реконструкции условий осадконакопления; процессы транспортировки и аккумуляции осадочного материала и их моделирование»*.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. В составе толщи турон-кампанского возраста верхнего мела Западно-Сибирской плиты выделяются стратоны (в целом, глауконитово-сметтитового, кремнистого и кремнисто-глинистого состава), отличающиеся четко выраженными границами, а также соответствующие относительно крупным этапам развития внутриконтинентального палеобассейна, и отражающие последовательную смену условий осадконакопления, обусловившую формирование отложений различного литологического состава.
2. Значительная роль кремневого вещества в составе отложений коньяка-кампана Западно-Сибирской плиты, региональное распространение и особенности строения этих толщ, а также синхронность их накопления с проявлением интенсивных кремнекислых извержений крупных магматических провинций, свидетельствуют, по всей видимости, о влиянии вулканогенно-гидротермальных процессов на седиментацию и породообразование исследуемых верхнемеловых глинисто-кремнистых пород одной из крупнейших нефтегазоносных провинций.
3. Течение позднемеловой трансгрессии в пределах Западно-Сибирского плиты периодически осложнялось эпизодами регрессий, что сопровождалось на востоке и северо-востоке бассейна усилением терригенной седиментации и

развитием тел песчано-алевритовых осадков. По мере омоложения импульсов регрессии граница распространения терригенного осадконакопления смещалась в юго-западном направлении, что обусловило формирование клиноформно подобного типа разреза, аналогичного толщам неокома.

4. Циклические глобальные процессы развития океанов на фоне активизации вулканизма нашли отражение в строении разреза верхнего мела Западно-Сибирской плиты, в том числе, в виде повышенных содержаний пирита на рубежах регрессия – трансгрессия, в ряде случаев совпавшими с глобальными аноксическими событиями, например, ОАЕ2 (граница сеноман-турон) и ОАЕ3 (граница коньяк-сантон).

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

Первое защищаемое положение. В составе толщи турон-кампанского возраста верхнего мела Западно-Сибирской плиты выделяются стратоны (в целом, глауконитово-сметтитового, кремнистого и кремнисто-глинистого состава), отличающиеся четко выраженными границами, соответствующие относительно крупным этапам развития внутриконтинентального палеобассейна, и отражающие последовательную смену условий осадконакопления, обусловившую формирование отложений различного литологического состава.

На региональном композитном профиле верхнего мела, построенном по материалам сейсмических работ на севере Западной Сибири хорошо просматривается клиноформно подобное строение толщ с востока на запад (Рисунок 1).

На региональных широтных композитных временных сейсмических разрезах прослежены плащевидные сейсмостратиграфические комплексы (ССК) осадочных отложений, охарактеризованные палеонтологическими и магнитостратиграфическими данными (Маринов и др., 2021).

Основными отражающими горизонтами (ОГ) для верхнемеловых отложений являются Г, С4, С3, С2, С1, имеющие различную динамическую выраженность

и стабильность, но в целом уверенно прослеживаются на большей части площади Западной Сибири. Только на западной, северо-восточной и восточной периферии плиты на временных разрезах наблюдается хаотическая волновая картина (Агалаков, 2020) (Рисунок 2).

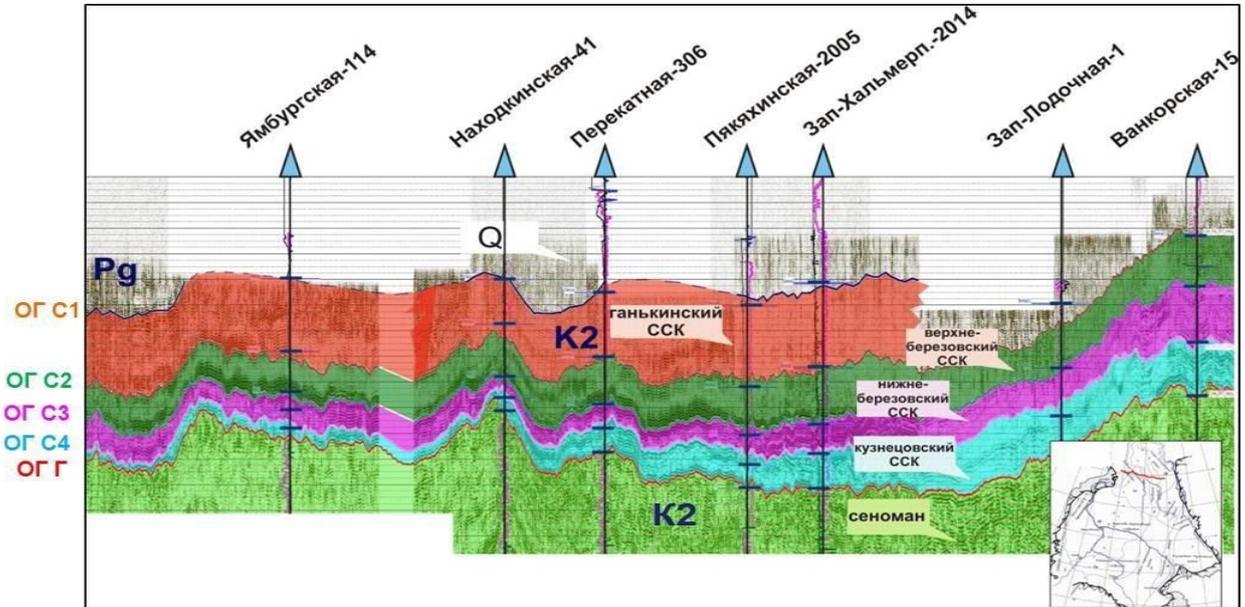


Рисунок 1. Сейсмогеологическая модель надсеноманских отложений. Композитный профиль верхнего мела на севере Западной Сибири (Агалаков, 2020).

К востоку и северо-востоку ЗСП происходит опесчанивание разреза верхнего мела, в том числе, глинистых пачек. Стратиграфическое расчленение отложений верхнего мела по данным только сейсмики и ГИС невозможно. Для этого также необходимо привлечение результатов палеонтологии (в том числе палинологии) и магнитостратиграфии, т.е., требуется изучение кернового материала.

В рабочем проекте были использованы – 2Д сейсмика, протяжённость профилей 265 тыс. пог. км; 3 000 скважин, в которых отложения верхнего мела охарактеризованы ГИС выше сеномана, по всем изучаемым участкам сделаны разбивки в разрезе, частично скважины с *вертикальным сейсмическим профилированием* (ВСП; 186 скважин). Построено 17 региональных схем корреляции (11 – субширотного направления, 6 – субмеридионального) с использованием 220 скважин.

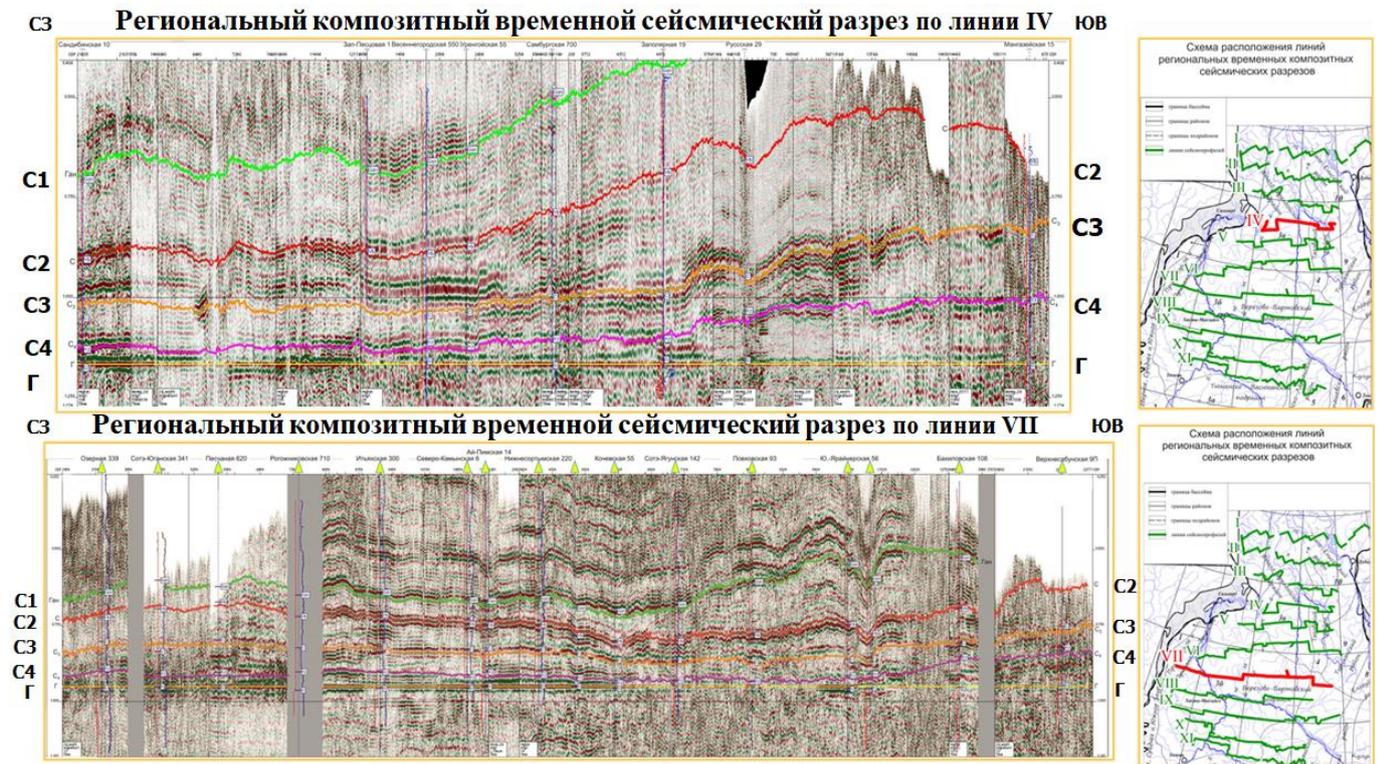


Рисунок 2. Примеры региональных широтных композитных временных сейсмических разрезов. Выравнивание на горизонт Г (кровлю покурской свиты сеномана). Клиноформноподобный облик верхнего мела ЗСП – с востока на север (ООО «ТННЦ»).

По данным сейсмики было выделено 4 сеймостратиграфических комплекса (ССК, горизонты): кузнецовский (турон – нижний коньяк, сеймокомплекс ОГ Г-С4), нижеберёзовский (коньяк–сантон, сеймокомплекс ОГ С4-С3), верхнеберёзовский (кампан, сеймокомплекс ОГ С3-С2) и ганькинский (маастрихт, сеймокомплекс ОГ С2-С1). Построены карты толщин ΔT (сейсмика и ГИС) каждого ССК в пределах ЗСП (Рисунок 3). Видно, что области повышенных толщин ССК расположены на востоке (кузнецовский горизонт) и северо-востоке (вышележащие три горизонта, например нижеберёзовский ССК), что обусловлено малоамплитудными тектоническими движениями разных частей (блоков, доменов) ЗСП, в течение нескольких этапов в течение позднего мела.

Дополнительно было построено 16 детальных схем корреляции в зоне фациальной изменчивости отложений с использованием 148 скважин (Агалаков и др., 2017; Агалаков, 2020).

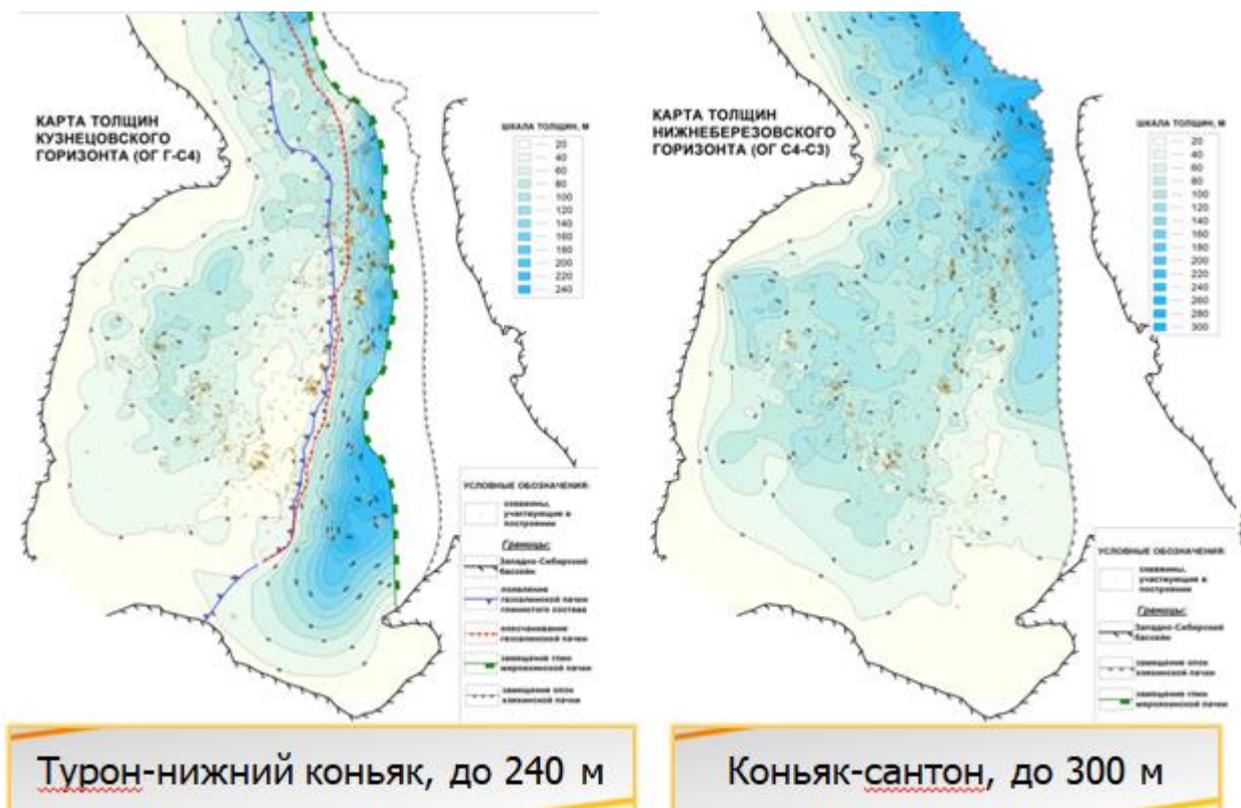


Рисунок 3. Карты общих толщин сейсмостратиграфических комплексов (ССК) глинисто-кремнистых отложений верхнего мела Западной Сибири; сгущение окраски отражает увеличение толщин (ООО «ТННЦ»).

ПРИМЕРЫ палеонтологической характеристики выделенных стратонов.

Газалинская пачка кузнецовского ССК содержит комплексы иноцерамид среднего и нижней части верхнего турона *Inoceramus renngarteni* и верхней части верхнего турона *Mytiloides ex gr. Incertus*;

Мярояхинская пачка – глауконитовые глины, относятся к конденсированным горизонтам. Нижний коньяк на основании находок иноцерамид *Sremnoceramus sp. (ex gr. erectus)* и *Mytiloides ex gr. Gibbosus*;

Стратон (НБЗ) глинистых алевролитов относится к верхнему коньяку по находке индексного вида иноцерамид *Sphenoceramus cf. Subcardisoides*;

Хяяхинская пачка (стратон НБ1) представлена глинистыми опоками. В нижней части стратона найдены фораминиферы, характерные для верхнего сантона, зоны *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crispa*;

Ганькинская свита соответствует маастрихту, представлена чередованием

песков глинистых, глин и алевролитов серого и зеленовато-серого цвета. Вблизи подошвы свиты обнаружен комплекс фораминифер нижнего маастрихта *Gaudryinarugosa spinulosa*, *Spiroplectamina variabilis*.

В настоящей работе под *стратоном* понимается – геологическое тело, совокупность горных пород (слой или группа смежных слоёв), занимающая определённое положение в последовательности геологических тел, слагающих земную кору, и характеризующаяся признаком или комплексом признаков.

Основными реперами в разрезе верхнего мела Западной Сибири являются: граница между песчаниками и алевролитами покурской свиты (сеноман), песчаниками и глинами кузнецовской свиты туронского возраста, а также опоки в кровле нижеберёзовского ССК (пласт опок НБ1, или хэяхинская пачка, на границе сантона и кампана; ОГ «СЗ»; Рисунок 4).

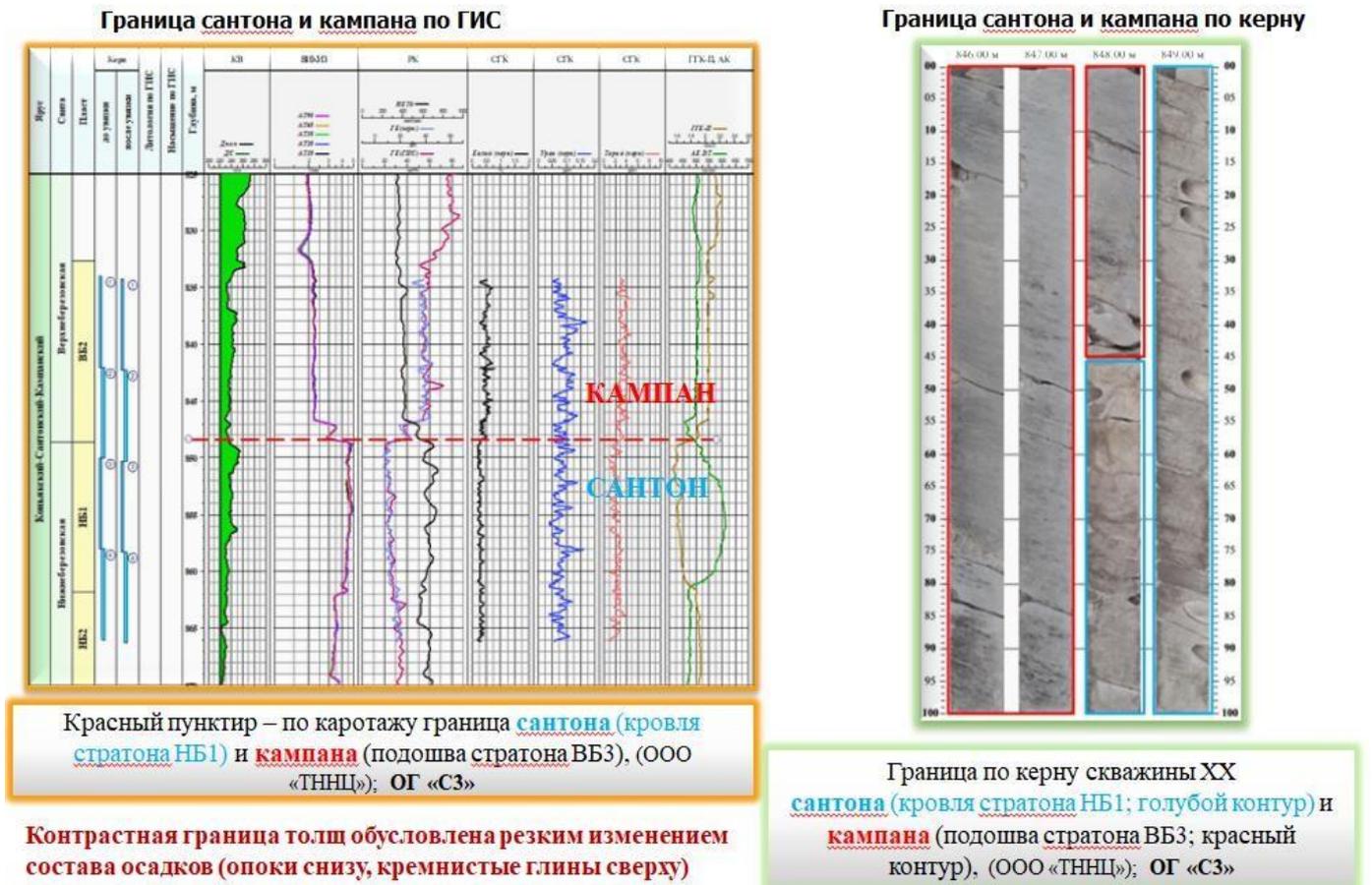


Рисунок 4. Граница сантон-кампан по керну и ГИС в интервале верхнего мела Западной Сибири (ООО «ТННЦ»).

По керну и данным ГИС выделяются следующие границы ССК и стратонов:

сеноман-турон, турон-коньяк, коньяк-сантон и сантон-кампан. Интервалы разреза на границах кампан-маастрихт и маастрихт-даний не охарактеризованы керновым материалом текущего бурения (есть только данные описания керна опорного бурения середины XX века). Поэтому, для маастрихта (ганькинский горизонт) имеются только данные по ГИС.

По результатам палеонтологических исследований и на основе детальной корреляции установлены несоответствия существующей схемы районирования верхнего мела Западной Сибири. Например, раньше опоковидные глины и опоки не относили к единой толще, и возраст их составлял от верхов турона до маастрихта; наши данные сузили интервал проявления высокосиликатных отложений – от коньяка до сантона. Так, в новом варианте корреляции изучаемых отложений, опоки стратона НБ1 нижеберёзовского горизонта (верхний сантон) представлены единым геологическим телом и уверенно прослеживаются на большей части Западно-Сибирской плиты. Также практически доказано ограниченное, на северо-востоке и востоке, распространение алевролитов (в составе стратонов Т, НБ3 и ВБ1), формирующихся во время эпизодов регрессий.

Согласно А.Э. Конторовичу и др. (2014), порядка 40–50 % и более площади моря в туроне и кампане характеризуется глубиной до 25 м. Учитывая эти данные, высота столба воды в море составляла всего 0,0001 долю поперечной протяжённости бассейна. К сожалению, подобная оценка для коньяка-сантона отсутствует, но глубина моря, по всей видимости, была сопоставимой с данными по турону и кампану.

Результатами комплексного анализа лабораторных данных (от 1 обр. на 2–3 м, чаще до 2–3 обр. на 1 м) доказано индивидуальное своеобразие литолого-минералогического состава каждого стратона, как результат особенностей условий их осадконакопления и породообразования. Изменчивость условий седиментации в значительной мере контролировалась трансгрессивно-регрессивным характером развития палеобассейна в позднем мелу (Рисунок 5).

Для дисперсных отложений верхнего мела Западной Сибири характерна

однотипная ассоциация аутигенных минералов, включающих смектиты (бентонитоподобные глины), глауконит, цеолиты, аморфный кремнезём. Накопление этого комплекса аутигенных минералов на территории порядка 2,5 млн км² происходило синхронно.

№ №	ТОЛЩА (горизонт)	СТРАТОН	Краткое описание сейсмогеологических характеристик	Краткое описание преобладающей литологии	Литологическая колонка		позд.-мааст. рхт. маастрихт	ранний-средний-маастрихт	поздний-кампан	ранний-средний-кампан	сантон	коньяк	ранний-коньяк	турон	сеноман
	C1		ОГ С1 прослеживается как положительный экстремум отражённой волны		[Литологическая колонка]										
1	МАОСТРИХТ (40-80 м, на северо-востоке до 250-350 м)			карбонатистые глины, мергели	[Литологическая колонка]										
	C2		ОГ С2 уверенно прослеживается как положительный экстремум отражённой		[Литологическая колонка]										
2	КАМΠΑН (40-150 м, на северо-востоке до 250 м)	ВБ0		слабо кремнистые смектитовые глины	[Литологическая колонка]										
3		ВБ1 (на северо-востоке до 140 м)		песчаные алевролиты со смешанным глинистым цементом	[Литологическая колонка]										
4		ВБ2		кремнистые глины	[Литологическая колонка]										
5		ВБ3 (на северо-западе до 50 м)		глинисто-кремнистые алевритистые отложения	[Литологическая колонка]										
	C3		ОГ С3 надёжно прослеживается как положительный экстремум отражённой волны		[Литологическая колонка]										
6	КОНЬЯК-САНТОН (60-100 м, на северо-востоке до 260 м)	НБ1 (20-25 м, на севере до 35 м)		опоки	[Литологическая колонка]										
7		НБ2 (на востоке до 25-30 м)		опоковидные глины	[Литологическая колонка]										
8		НБ3 (северо-восток до 150-250 м)		песчаные алевролиты со смешанным глинистым цементом	[Литологическая колонка]										
9		НБ4 (северо-восток до 25-30 м)		опоковидные глины	[Литологическая колонка]										
	C4		ОГ С4 соответствует слабо выраженной по площади фазово-частотной характеристике отрицательной фазы волны		[Литологическая колонка]										
10	ТУРОН (40-60 м, на востоке до 220 м)	мярояхинская пачка (5-10 м)		глауконитово-смектитовые глины	[Литологическая колонка]										
11		газалинская пачка (на востоке до 120-140 м)		песчаные алевролиты со смешанным глинистым цементом	[Литологическая колонка]										
12		дорожковская свита (25-50 м)		смектитовые глины	[Литологическая колонка]										
	Г		ОГ Г на территории Западной Сибири прослеживается неоднозначно - поскольку пласт ПК1 в кровле покурской свиты является газонасыщенным, возможны изменения фазы отражённой волны		[Литологическая колонка]										
13	СЕНОМАН (Г)			неравномерно алевритовые песчаники	[Литологическая колонка]										

Рисунок 5. Отражающие горизонты толщ верхнего мела (турон-маастрихт), выделенные стратоны, толщины и краткая характеристика ОГ и литологии стратонов. Авторский вариант цикличности (ООО «ТННЦ»).

Для всех глинисто-кремнистого верхнего мела ЗСП (за исключением опок НБ1) характерны повышенные содержания железа, марганца, магния и ряда других элементов (особенно для верхнеберёзовского ССК и мярояхинской пачки). Доли всех компонентов (кроме SiO₂) в опоках стратона НБ1 минимальные относительно других стратонов верхнего мела ЗСП, что отражает особенности режима осадконакопления в это время. Мярояхинская пачка

(нижний коньяк) глауконит-содержащих иллит-сметитовых глин уверенно прослеживается только в зоне развития газсалинских алевролитов. К западу от осевой зоны ЗСП эта пачка сливается с дорожковской свитой (по ГИС не разделяются; единая кузнецовская свита, турон-нижний коньяк); к востоку опесчанивается (часто в разной степени редуцирована), входит в состав насоновской и сымской свит, и не выделяется в разрезе. Признаки выветривания в кровле мярояхинской пачки (включения янтаря, рассеянная примесь псаммита и УРД, отпечатки листьев растений, и пр.) установлены при изучении керна скважин опорного бурения в середине XX века.

Всего выделено и прослежено 11 стратонов (Рисунок 5).

Второе защищаемое положение. Значительная роль кремневого вещества в составе отложений коньяка-кампана Западно-Сибирской плиты, региональное распространение и особенности строения этих толщ, а также синхронность их накопления с проявлением интенсивных кремнекислых извержений крупных магматических провинций, свидетельствуют, по всей видимости, о влиянии вулканогенно-гидротермальных процессов на седиментацию и породообразование исследуемых верхнемеловых глинисто-кремнистых пород одной из крупнейших нефтегазоносных провинций.

К важнейшим особенностям отложений турона-кампана верхнего мела Западной Сибири относятся следующие характеристики:

- при незначительной мощности (десятки метров) толщ/стратонов относительно равномерное распространение на площади более 2,5 млн км²;
- на фоне дефицита терригенного осадочного материала – ведущая роль процессов аутигенного минералообразования в течение десятков млн лет;
- при ограниченном разнообразии минералов в составе осадков – преобладание ассоциации – смектиты, гидрослюда, глауконит, ОКТ-фаза, цеолиты (аналогично комплексу «камуфлированной пироклаستيку Русской Платформы»);
- повсеместная примесь включений вулканического пепла алевритовой размерности (сеноман-турон-коньяк-сантон-кампан);
- проявление полигональной разрывной нарушенности;

- проявление структур распада твёрдых растворов;
- наличие трещин со следами проявления гидротермальных процессов.

Для верхнего мела ЗСП характерно широкое развитие опок. **Опоки** – микрозернистые микропористые осадочные горные породы, содержащие по массе SiO_2 до 92–98 %. В отличие от глин, опоки не размокают в воде. **Один из возможных вероятных механизмов образования опок** – диагенетическое преобразование кислых пепловых частиц с полимеризацией кремнезёма, глинизацией и цеолитизацией илов, получившее название «камуфлированная пирокластика» (Коссовская, 1975; Япаскурт, 2008; Зорина и др., 2011, 2012, 2015). Первичный **кремневый гель**, по сути, неустойчивая физико-химическая субстанция, со временем кристаллизуется, образуя сначала агрегат ОКТ-фазы, а затем кварца. Стадийное «старение» кремнистых пород (реконструкция Von Rad et al. (1978)) во многом объясняет отсутствие опаловых силицитов в геологических разрезах древнее мезозоя (Зорина и др., 2012).

«Камуфлированная пирокластика» – парагенез аутигенных минералов: смектитов, ОКТ-фазы, цеолитов, глауконита, в ассоциации с полурасстворившимися обломками вулканических стёкол. В глинисто-кремнистых породах верхнего мела ЗСП выявлен устойчивый комплекс минералов (смектиты, иллит, глауконит), ОКТ-фаза, цеолиты, во многом сходный с парагенезом «камуфлированной пирокластики», в том числе, встречающейся в отложениях сенона Русской платформы (Зорина и др., 2012). Наличие устойчивого комплекса минералов может быть свидетельствовать в пользу влияния на седиментацию верхнего мела ЗСП вулканического пеплового материала. Объём и состав привнесённой пирокластики мог оказывать влияние на вещественный состав осадочных пород. Если количество пирокластического материала превышало количество терригенной составляющей, то в бассейне создавались условия для формирования толщ мономинерального состава — опок или бентонитовых (бентонитоподобных) глин, или глинисто-кремнистых отложений.

Происхождение пеплов (с переносом на большие расстояния) связано с

выпадением их из горячего облака пара (400–450°C над жерлом). При охлаждении раскалённая пирокластика выпадает в виде частиц. Тончайшие частицы способны удерживаться в воздухе длительное время. По мере удаления от кратера (более длительное взвешенное состояние) из облака выпадают пеплы с разными содержаниями микроэлементов, например, увеличиваются доли Fe, Mg, Mn, Sn, V и других элементов. Это связано с сорбцией элементов на поверхностной плёнке (толщиной 10^{-4} – 10^{-6} см) частиц пепла (Григорьев, 1971).

Химический состав пеплов и особенно их поверхностных сорбционных плёнок отличается присутствием и повышенным содержанием многих элементов, таких как Ga, V, Cu, Co, Ni, Cr, Sr, Ba, Zr, U, Th и др. (Григорьев, 1971). *Это, по всей видимости, может быть объяснением наличия повышенных концентраций ряда элементов в опоквидных глинах **стратонов НБ4, НБ2** и кремнистых глинах **стратонов ВБ2-3 и ВБ0**.*

Попадая в воду, пеплы разлагаются, и преобразуются в более устойчивые комплексы минералов – *«камуфлированную пирокластику»* (Коссовская, 1975; Зорина и др., 2012).

В отложениях турона-кампана верхнего мела Западной Сибири обнаружено присутствие пепловых частиц. Нередкие находки мелкоалевритовой размерности обломков рогульчатых, пузырчатых вулканических стёкол, угловатых и остроугольных обломков кварца, полевых шпатов – прямые признаки вклада тонкой пирокластики пепловых облаков удалённого происхождения в осадконакопление глинисто-кремнистых отложений верхнего мела Западной Сибири (Рисунок 6). Глинисто-кремнистые отложения верхнего мела Западной Сибири представлены, как правило, комплексом (ассоциацией) аутигенных минералов – смектитами (бентонитоподобными глинами), аморфным кремнезёмом (ОКТ-фазой), глауконитом, цеолитами. По сути, этот парагенез аналогичен *«камуфлированной пирокластике»*, выявленной в разрезе сантона-кампана на Русской платформе (Зорина и др., 2013). Кроме этого, отмечается заметная примесь обломочного кварца, плагиоклазов и калиевых полевых шпатов. Среди вторичных минералов присутствуют пирит,

иногда карбонаты (доломит, сидерит, анкерит и родохрозит).

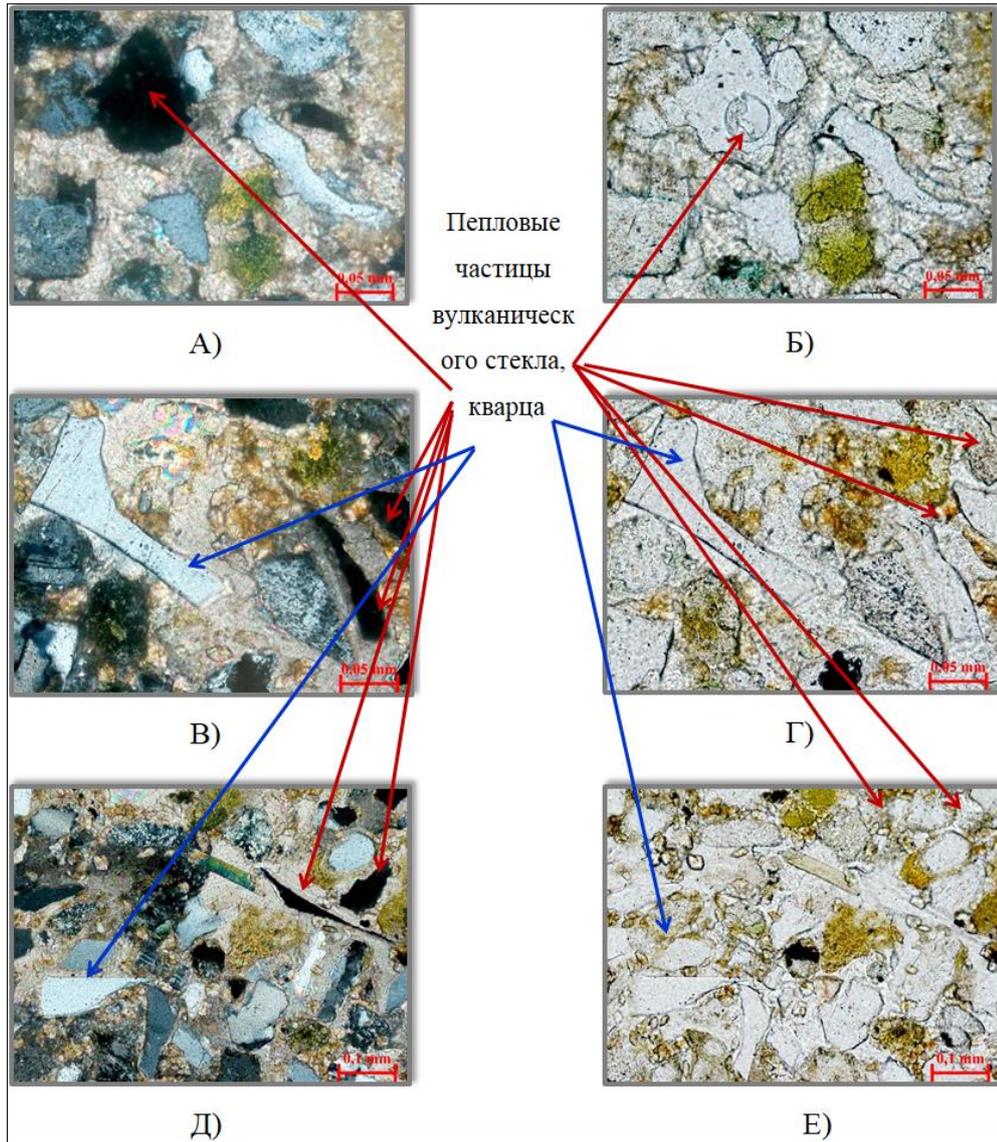


Рисунок 6. Микрофотографии пород верхнего мела ЗСП. Обр. ЛЕ-2 (гл. по бур. 920,30 м). Стратон Т (газсалинская пачка, турон). Алевролит песчаный, граувакковый аркоз, с поровым сидеритовым цементом, с глауконитом. Оплавленный обломок вулканического стекла с пузырьком газа. (А) – николи скрещенные. (Б) – николи параллельные. Обр. ЛЕ-3 (гл. по бур. 928,90 м). Стратон Т (газсалинская пачка, турон). Алевролит песчаный, граувакковый аркоз, с базально-поровым карбонатным цементом, с глауконитом, с примесью тефры, с сидеритовыми интракластами и минералами тяжелой фракции. (В, Д) – николи скрещенные, (Г, Е) – николи параллельные.

В прозрачных шлифах и на изображениях в Растровом Электронном Микроскопе (РЭМ; Рисунок 7) в изучаемых отложениях установлены структуры твёрдого распада, образованные в процессе обезвоживания

неравновесной системы иловых осадков (коллоидов, по сути) и «расщепления» на более устойчивые минеральные компоненты (глауконит, ОКТ-фазу, смектиты/иллиты, цеолиты и пр.).

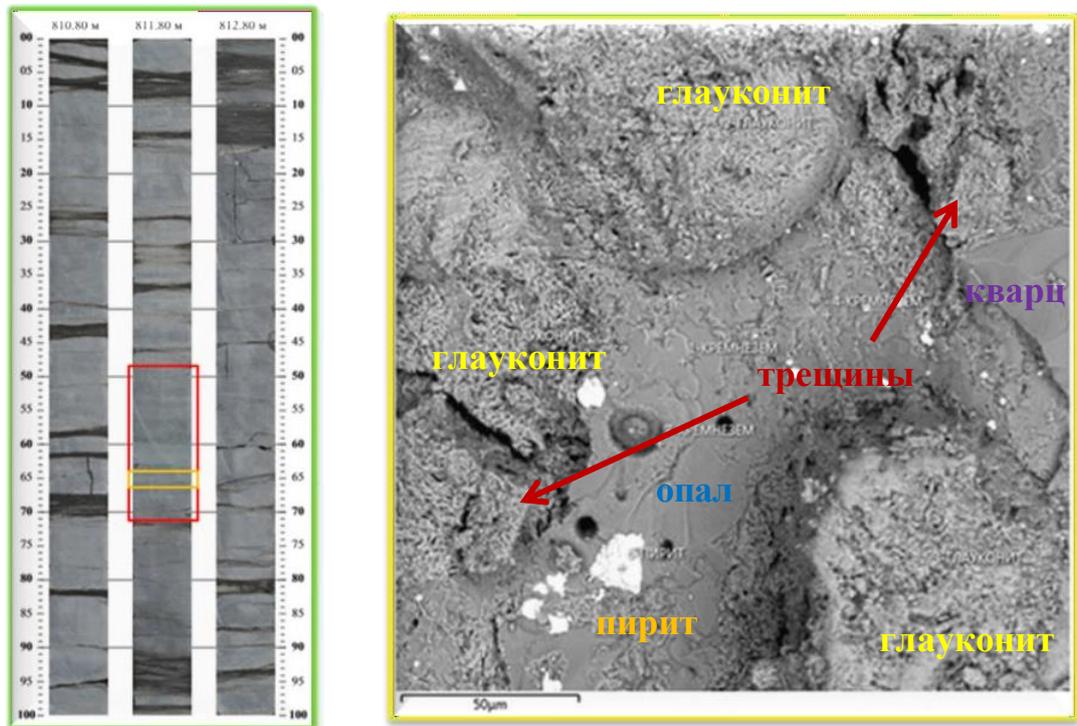


Рисунок 7. Фото керна опок стратона НБ1 (слева). Красный контур отмечает прослой «глауконит-глинисто-кремневых пород зеленовато-серых»; жёлтый контур – место отбора образца. Изображение РЭМ (справа; стратон НБ1). Опока (стекловидное состояние ОКТ-фазы) с вкраплениями микроконкреций глауконита, пирита и обломочного материала. (ООО «ТНЦ»).

Первыми из коллоида выделяются микроконкреции глауконита. Дальнейшая потеря растворителя (воды) приводит к сжатию (усадке) остаточного субстрата и, возможно, к образованию трещин усыхания на поверхности глауконитовых обособлений. Остаточный коллоид представлен аморфным кремнезёмом (ОКТ-фазой), цементирующим выделения (до 0,1 мм и больше) глауконита, или глинисто-кремнистым агрегатом с размером визуально не диагностируемых индивидов не более 3 мкм (Рисунок 8).

При этом чешуйчатые минеральные индивиды разного состава (менее 5 мкм) не обладают индивидуальными кристалломорфными очертаниями, и без использования точечного рентгеновского анализатора химический их состав не может быть уверенно диагностирован.

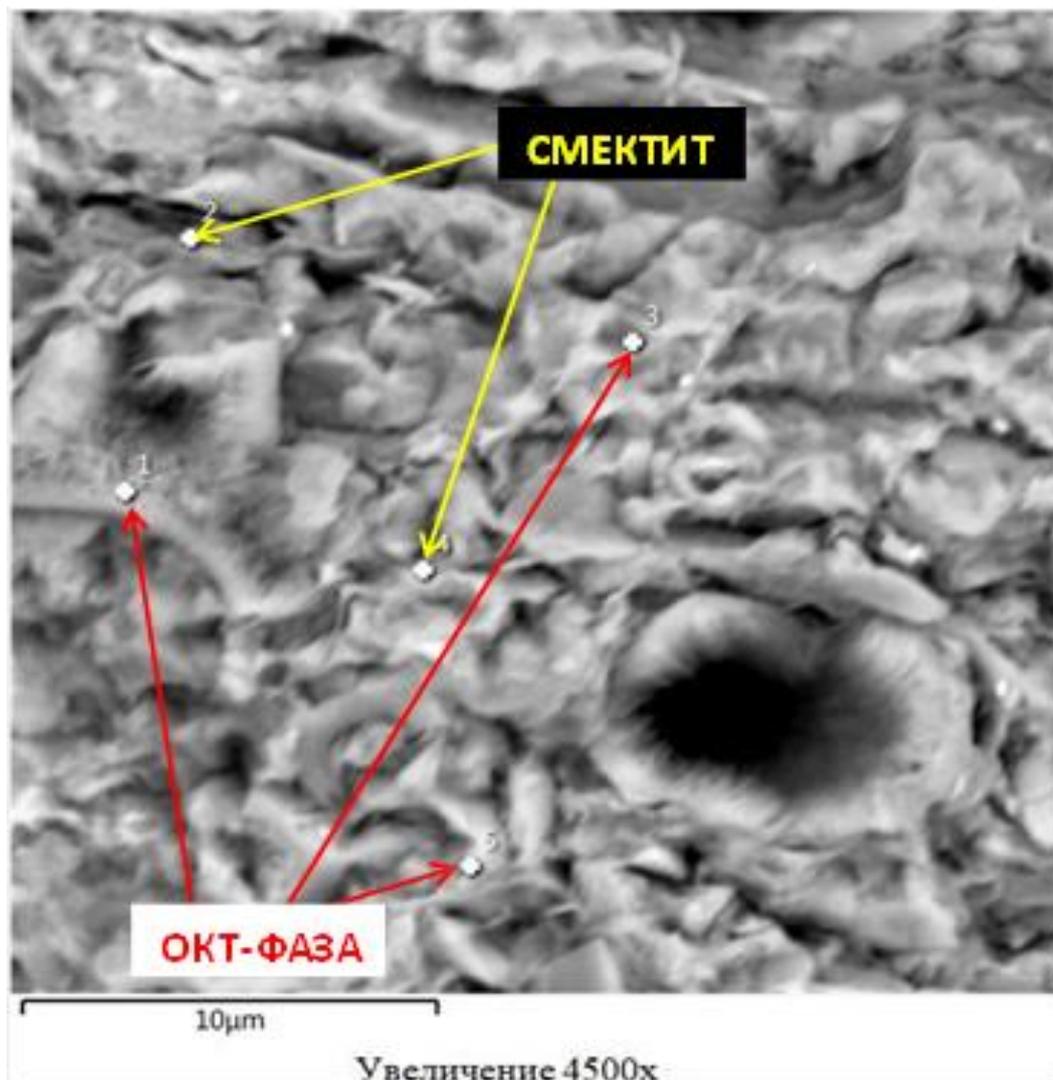


Рисунок 8. Изображение РЭМ. Кремнезём (ОКТ-фаза) хлопьевидной формы, с вкраплениями смектит-иллита. Срез скелетного остатка диатомеи (Ø 7,5 мкм). Точки наблюдения 1, 3, 5 – ОКТ-фаза; 2, 4 – смектит-иллит (ООО «ГННЦ»).

Значения отношения $(\text{Fe}+\text{Mn})/\text{Ti}$ («модуля Страхова») более 25 указывают, что на осадконакопление оказывали влияние гидротермально-вулканогенные процессы (вплоть до образования осадочных руд).

В глинисто-кремнистых отложениях верхнего мела ЗСП значения модуля Страхова более 25 установлены для *глауконитовых глин* (трансгрессивные этапы) и для конкреций, а также слоёв *сидеритолитов* (как правило, эпизоды регрессий). Глауконит-кремневые породы (Рисунок 7) стратона НБ1 характеризуются значением модуля Страхова равном 26,84.

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) в разрезе коньяк-

кампанского возраста Западной Сибири, с выделением слоёв глауконитовых глин (в нижней части) и обособлений сидеритолитов (в верхней части), для сидеритолитов выявлены значения модуля Страхова гораздо более высокие (иногда до 300–400). В отложениях мярояхинской пачки значения модуля Страхова превышают 25. В составе глин мярояхинской пачки преобладают смектиты, частично трансформированные в гидрослюду (иллит), как правило, обогащённые аутигенным глауконитом, что свидетельствует о значительном (если не решающем) влиянии вулканогенно-гидротермальных проявлений.

По химическому составу выявлено, что в отложениях **коньяк-сантона** *снизу вверх по разрезу растёт доля кремнезёма, при этом доли титана, глинозёма и железа убывают*. От подошвы к кровле в кампане – наоборот, *доля кремнезёма снижается, доли титана, глинозёма и железа увеличиваются*. Установленная закономерность позволяет предположить – при седиментации отложений коньяка-сантона влияние вулканических пеплопадов провинций кремнекислого вулканизма было более заметным.

Вывод о накоплении конденсированных высоко дисперсных осадков верхнего мела ЗСП изначально в виде сложных органоминеральных илов (коллоидов) (Емельянов, 1998) подтверждается результатами изучения пород в РЭМ по технологии **Maps-Mineralogy** (Рисунок 9). Например, в поле сканирования (\varnothing 3 мм, с шагом точечного анализатора в 1 мкм, с использованием принятой легенды) для кровли пласта НБ2 показано преобладание кремнезёма (60 %) и смектитов (26 %), а также наличие ПШ (в сумме более 5 %), иллита и мусковита (до 4 %). Индивиды кремнезёма и смектитов образуют линзовидные сгущения (менее 0,005–0,010 мм). Возможности РЭМ (точечный анализатор) позволяют установить различный химический состав в соседних точках основной массы породы, на уровне 1–5 мкм. В соседних точках основной массы изучаемых пород – наблюдается различие по химическому составу. Нет возможности диагностировать минералы по структуре (кристаллической форме) из-за их тонкого размера и встречаемости в виде агрегатных вкраплений. В итоге сканирования получена

однотипная картина распределения минеральных индивидов размером 0,001–0,003 мм. Картина распределения минеральных индивидов в основной массе одновозрастных пород прослеживается на территории ЗСП (более 2,5 млн. км²).

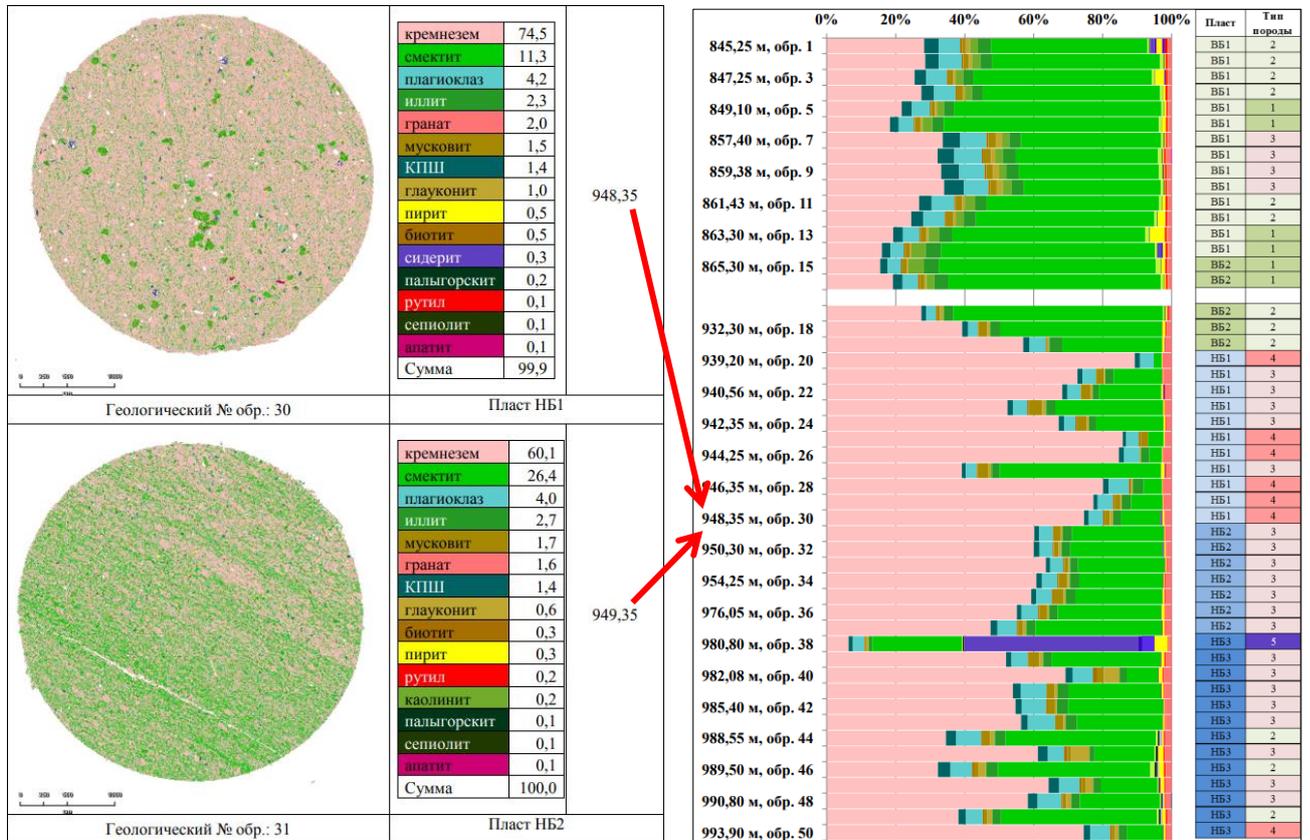


Рисунок 9. Распределение минералов в кровле пласта НБ2 (глубина 949,35 м) и в подошве пласта НБ1 (глубина 948,35 м), согласно принятой легенде (красные стрелки). В подошве сантона (гл. по бур. 980,80 м; аналог ОАЕЗ) отмечаются сидеритолиты и аномальное содержание пирита (ООО «ТННЦ»).

Дополнительно, данными ФИП/РЭМ (*Фокусированный Ионный Пучок / в Растровом Электронном Микроскопе*), с применением технологии **Maps-Mineralogy**, установлено различие масштабов и морфологии пустотного пространства в опоках Харампурского (верхняя строка) и Берегового (нижняя строка) месторождений (Рисунок 10). В результате изучения керна по методике ФИП/РЭМ проведена оценка вариаций фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) в опоках стратона НБ1 в пределах ЗСП. На основе полученных данных был построен схематический разрез распределения пород с разными значениями ФЕС (Рисунок 11).

Ухудшение ФЕС стратона НБ1 отмечается в северо-восточном направлении.

Это, вероятно, связано с повышенной степенью литогенеза опок за счёт дополнительного теплового потока в области зоны Колтогорско-Уренгойских рифтов в течение периодов их активизации.

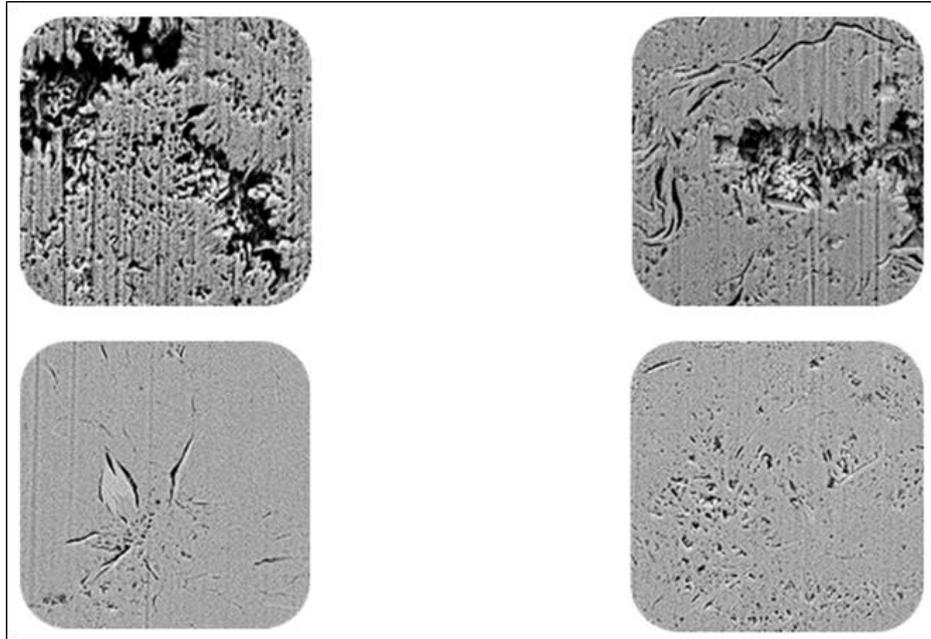


Рисунок 10. Характерные срезы ФВП/РЭМ (изображения с разрешением ≤ 20 нм) по скважинам Харампурского (верх) и Берегового ЛУ (низ). Стратон НБ1.

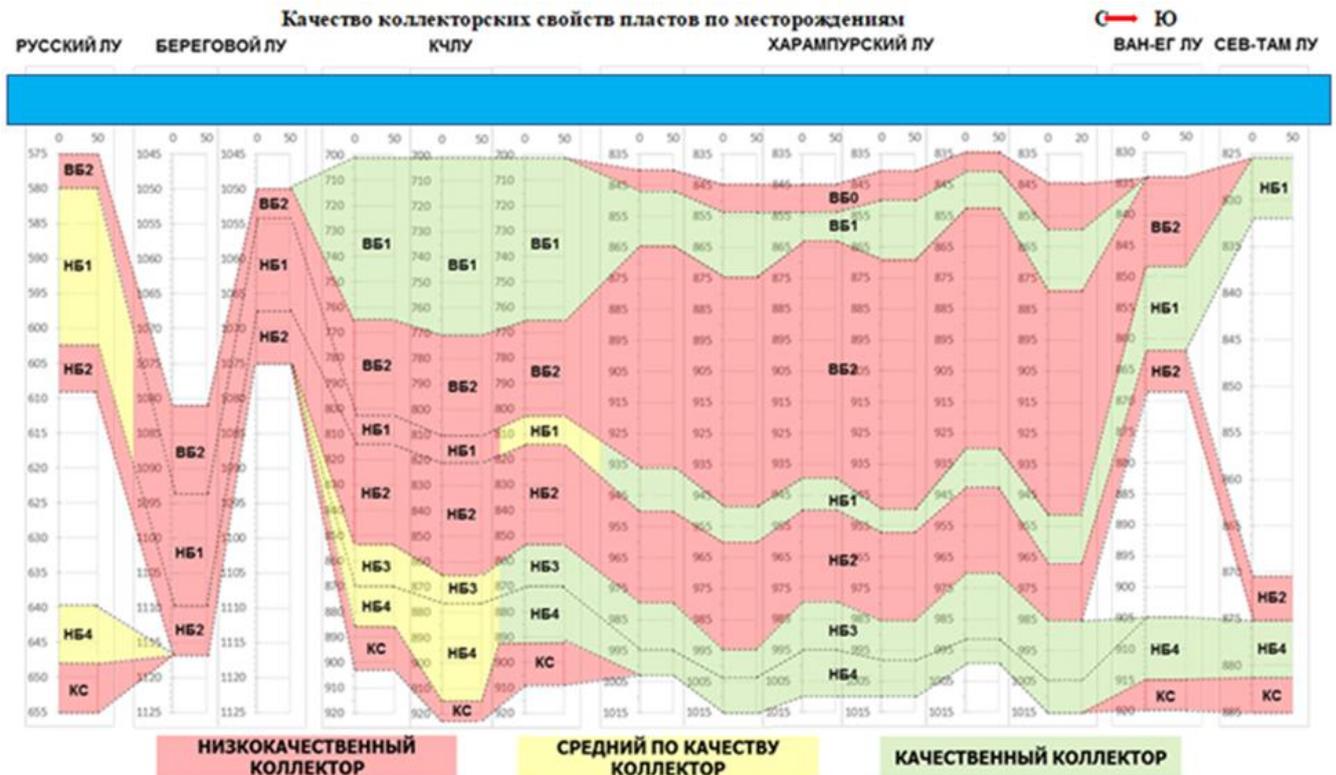


Рисунок 11. Схематичный разрез пластов (С-Ю), разделённых по качеству коллектора в скважинах на месторождениях (ООО «ТННЦ», 2020, по данным ООО «СМА»).

Следует отметить, что по состоянию изученности на 2020 год – некачественный коллектор в опоках стратона НБ1 установлен на Береговом месторождении и, частично, Кынско-Часельском ЛУ (КЧЛУ); средний по качеству коллектор – на Русском ЛУ и, частично, КЧЛУ.

Дополнительно, в процессе проведения региональных работ, были установлены следы гидротермально-метасоматического воздействия на уже литифицированные породы верхнего мела глинисто-кремнистого состава, как минимум в постсантонское (кампанское) время [Карих и др., 2021].

Под *гидротермальной деятельностью* понимается циркуляция нагретых газожидких, преимущественно водных растворов по трещинам и порам горных пород. На основе представлений об уровнях организации вещества *система иерархических подразделений позволяет выделить* в организации вещества гидротермально-метасоматических (ГМ) образований *три уровня*: первый – *гидротермальные минералы*; второй – *статистически устойчивые ассоциации гидротермальных минералов*, определяющие видовую принадлежность гидротермалитов (ГМ породы); третий – *ГМФ (формации) как природные ассоциации ГМ пород* [Петров и др., 2016]. В нашем случае установлены трещинно-жилые тела (до 4 см; на Береговом и Ван-Ёганском ЛУ) гидротермального заполнения с узкими оторочками (до 5-7 см) метасоматических преобразований (выноса и привноса).

Следы гидротермально-метасоматического изменения осадочных отложений, например, юрских пород ЗСП, и результаты их изучения ранее неоднократно были показаны в различных научных работах, например, [Сердюк и др., 2008; Коробов и др., 2015, 2017], но *подобную опубликованную информацию для верхнемеловой части разреза ЗСП обнаружить не удалось*.

Таким образом, наряду с вкладом ассоциации смектиты-глауконит-ОКТ-фаза-цеолит (сходной по парагенезу минералов с комплексом «*камуфлированной пирокластик*»), в том числе, РП), в осадконакопление глинисто-кремнистых отложений верхнего мела Западной Сибири, допустимо предположить влияние гидротерм (возможно, аналогов выходов массивированной

разгрузки – сипов) в периоды активизации глубинных разломов, в том числе, рифтовых систем.

Третье защищаемое положение. Течение позднемеловой трансгрессии в пределах Западно-Сибирского плиты периодически осложнялось эпизодами регрессий, что сопровождалось на востоке и северо-востоке бассейна усилением терригенной седиментации и развитием тел песчано-алевритовых осадков. По мере омоложения импульсов регрессии граница распространения терригенного осадконакопления смещалась в юго-западном направлении, что обусловило формирование клиноформно подобного типа разреза, аналогичного толщам неокома.

Под **циклом** понимается законченный виток спирали геологического развития. В геологии известны многие циклы, контролируемые разными факторами. Образным примером циклов (ритмов), отражающих **временные вариации геологических процессов**, является ритмичное строение комплексов морских отложений (например, **флиша**), отличающихся периодичностью действия различных факторов седиментации. **Циклы (ритмы) могут повторяться сотни и тысячи раз**, отражаясь в последовательности пород, слагающих мощные (до 2–5 км) толщи.

Для разреза верхнего мела ЗСП было использовано обобщённое многообразие систематик геологической цикличности, показанное, например, в обзоре И.К. Гаршина (2012), согласно которому, геологические циклы допустимо подразделить на следующие категории:

- Суточный ритм;
- Годовой ритм;
- Наноцикличность (10–2000 лет);
- Микроцикличность (20–400 тысяч лет):
- **Макроцикличность (3–5 мил. лет) ~ ярусы и века;**
- Циклы Штилле (30–50 мил. лет) ~ геопериоды;
- Циклы Бертрана (150–200 мил. лет) ~ геоэры;
- Циклы Вилсона (600–900 мил. лет) ~ геозоны.

Периодическое проявление эпизодов локальных регрессий (песчаники кровли сеномана, алевролиты газсалинской пачки, стратонов НБ3 и ВБ1, предположительно – в средней части маастрихта) на фоне глобальной трансгрессии, отражает циклический характер осадконакопления верхнего мела Западной Сибири.

Следовательно, границами циклов являются кровли алевроито-песчаных пачек (например, газсалинской, НБ3 и ВБ1) и/или эрозионные поверхности (например, в кровле мярояхинской и хяяхинской пачек). *Другими словами, граница цикла отражает смену регрессивного эпизода – очередным этапом затопления (трансгрессии).*

По данным ГИС и нюансам строения разреза, установленным по керну, выделяется до 10 циклов в целом однотипных по длительности (Рисунок 12).

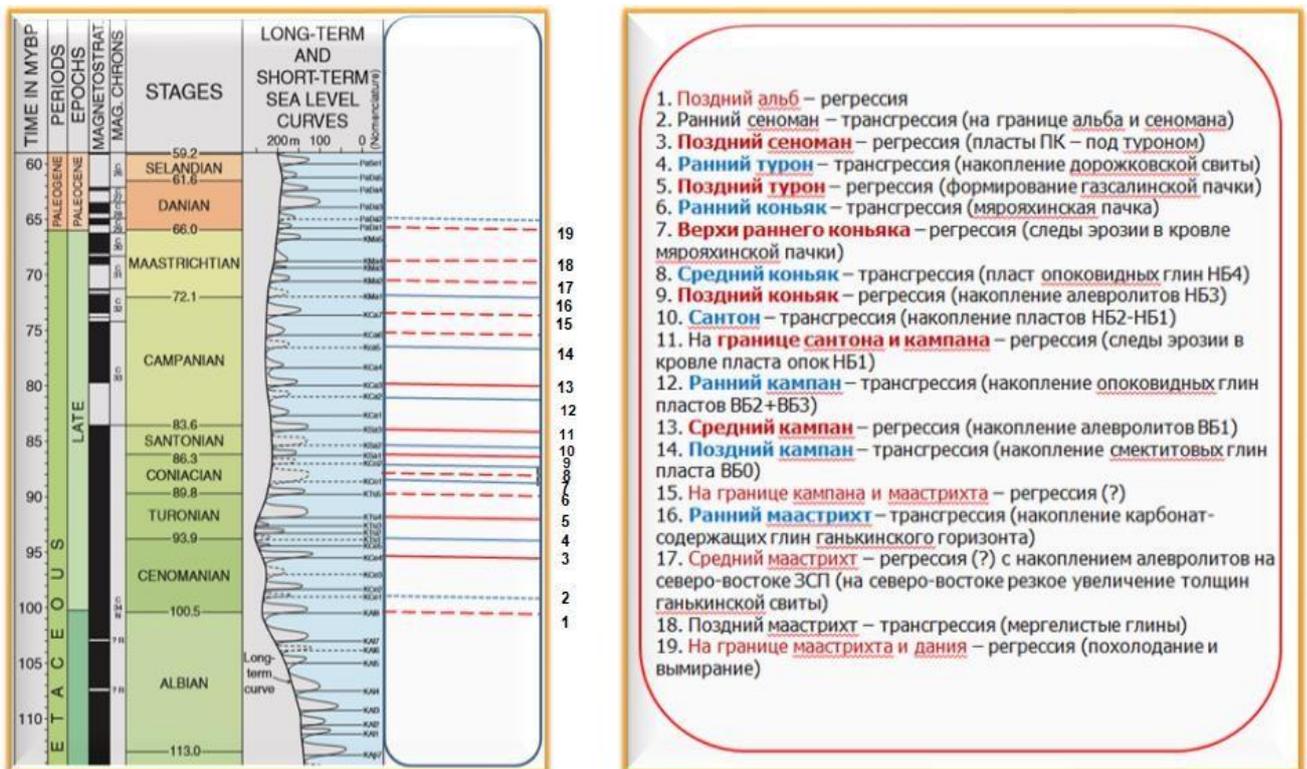


Рисунок 12. Закономерное повторение эпизодов регрессии и периодов трансгрессии, установленных преимущественно по керну (до 3/4), отражает колебательный характер осадконакопления верхнего мела Западной Сибири. Красным цветом выделены эпизоды регрессий, синим – периоды трансгрессий. Утолщёнными и сплошными линиями выделены обстановки, установленные по керну (75 %) (ООО «ТННЦ»).

С учётом этого средний интервал трансгрессивно-регрессивного-цикла в течение верхнего мела (32,5 млн лет; Подобина, 2000) составляет порядка 3,0–3,5 млн. лет, что также согласуется с имеющимися представлениями. Таким образом, пара соседних эпизодов, отражающих трансгрессию и регрессию, образует законченный трансгрессивно-регрессивный *макроцикл* (ярус-век, 3–5 млн. лет) в течение верхнего мела ЗСП. Циклы меньшей продолжительности, на фоне объективно ограниченного объёма фактического материала, на данный момент в изучаемых отложениях не были выделены.

Следовательно, верхний мел (32,5 млн лет; от регрессии позднего альба до регрессии на границе маастрихт-даний) может соответствовать *циклу Штилле* (геопериоду в 30–50 млн лет) (Гаршин, 2012).

На Рисунках 14–15 показаны, выделенные *по керну*, 7 макроциклов – сеноманский (верхняя часть), туронский, нижнеконьякский, коньякский, сантонский, ниже-среднекампанский и верхнекампанский (нижняя часть) (авторская концептуальная модель).

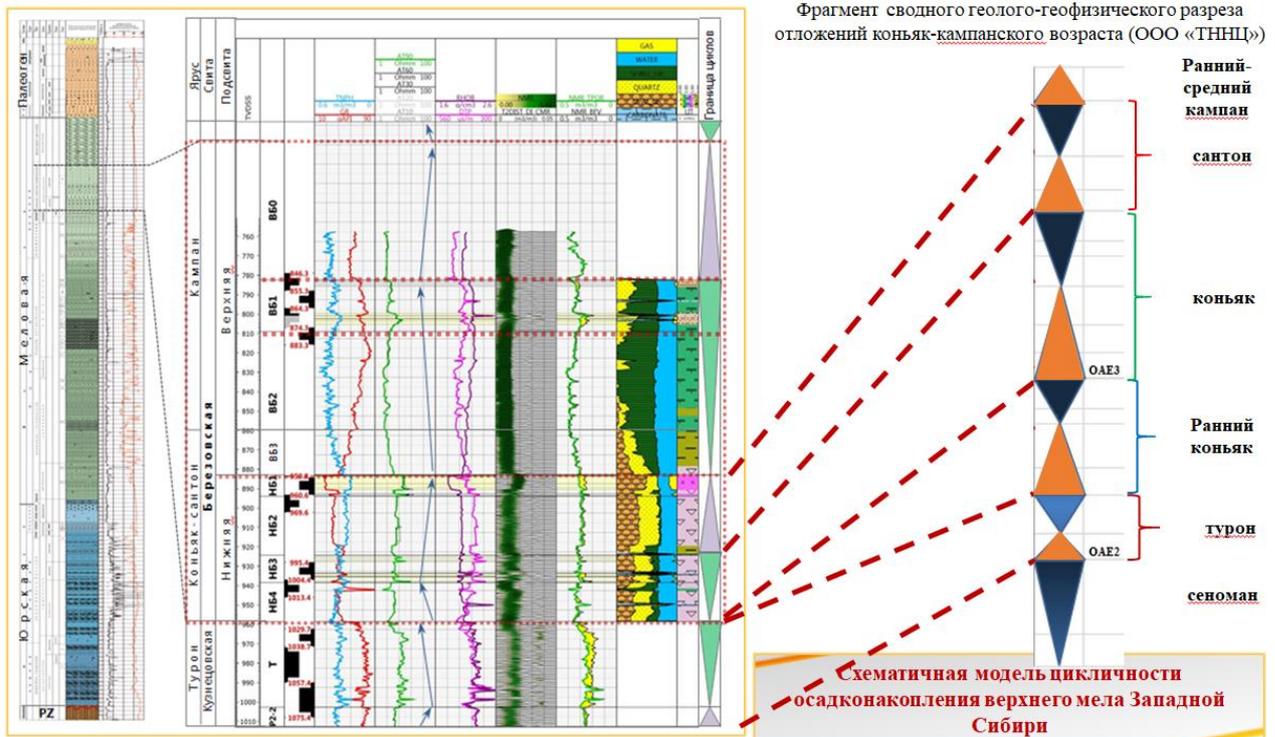


Рисунок 14. Фрагмент сводного геолого-геофизического разреза отложений коньяк-кампанского возраста. Авторский вариант выделения концептуальной модели цикличности осадконакопления сеноман-маастрихтских отложений Западной Сибири (ООО «ТННЦ»).

Кроме того, в кровле мярояхинской пачки глауконитовых глин (нижний коньяк) и в кровле опок стратона НБ1 (верхний сантон) по данным керна повсеместно установлены признаки эрозионного размыва; другими словами – признаки регрессивного развития обстановок осадконакопления.

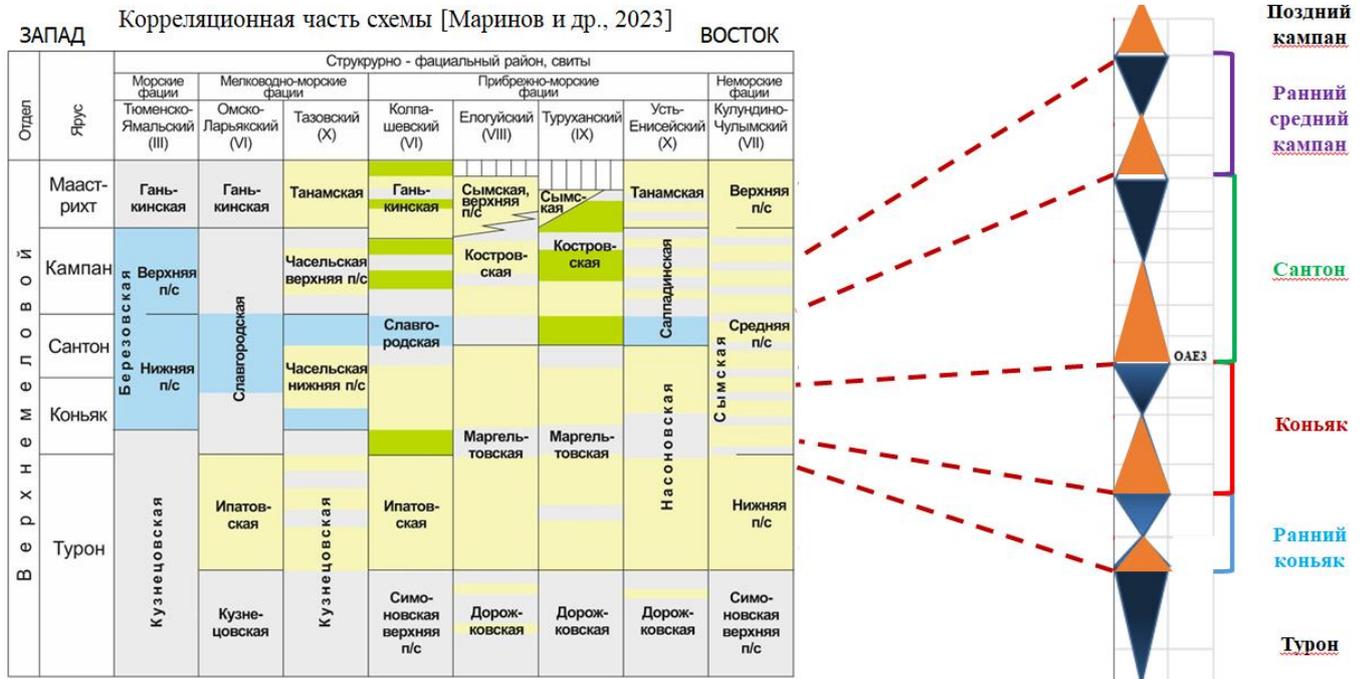


Рисунок 15. Выделение циклитов верхнего мела Западной Сибири (на схеме структурно-фациального районирования по Маринову и др. (2023)).

Цикличность верхнего мела ЗСП, по всей видимости, контролируется периодическими активизациями малоамплитудных тектонических процессов.

Зоны рифтовых систем и Трансевразийского сдвига, определяющие блочное строение доюрского комплекса Западно-Сибирской плиты, периодически испытывая импульсы относительного усиления тектонических и гидротермальных процессов, (неотектонических), весьма вероятно, оказывали влияние на литогенез в мезозойско-кайнозойское время.

Признаки тектонического влияния на развитие регрессий. Накопление газсалинской пачки (поздний турон) ограничено с запада зоной Колтогорско-Уренгойской системы рифтов.

Распространение стратонов НБ3, ВБ1 и алевролитов средней части ганькинского комплекса к юго-западу ограничивается широкой зоной северо-

западного простирания. При этом, по мере омоложения, слои алевролитов прослеживаются всё дальше на юго-запад, что отражает, своего рода, клиноформноподобное строение отложений коньяк-маастрихта верхнего мела Западно-Сибирской плиты.

Четвертое защищаемое положение. Циклические глобальные процессы развития океанов на фоне активизации вулканизма нашли отражение в строении разреза верхнего мела Западной-Сибирской плиты, в том числе, в виде аномальных содержаний пирита на рубежах регрессия – трансгрессия, в ряде случаев совпавшими с глобальными аноксическими событиями, например, ОАЕ2 (граница сеноман-турон) и ОАЕ3 (граница коньяк-сантон).

Смещение клиноформ (кроме кузнецовской), в отличие от неокома, происходило на юго-запад. Установленные особенности свидетельствуют в пользу сегментарного (блочного) строения Западно-Сибирской плиты, и периодических малоамплитудных разнонаправленных вертикальных движений отдельных сегментов плиты в течение позднего мела.

Известно, что параллельная Срединно-Океаническому хребту (СОХ) структура мезозойских рифтов мирового океана отражает импульсы расширения и сжатия (пульсацию) планеты с периодом (по предварительному расчёту) порядка 3,2 млн лет (Милановский, 1999).

Периодичность трансгрессивно-регрессивной цикличности (3,0–3,5 млн лет) верхнего мела Западной Сибири по длительности сопоставима с периодичностью пульсирующего расширения океанов в позднем мезозое.

Биогенно-хемогенная седиментация глинисто-кремнистых толщ верхнего мела Западной Сибири отражает длительное существование благоприятных условий для их формирования. Изменения среды осадконакопления на границе соседних стратонов, отражались на составе осадочного вещества (резкие границы по керну и ГИС). Например, на опоках пласта НБ1 со следами эрозии залегают кремнистые глины стратона ВБ2-3.

Среди источников дополнительных поставок вещества (вулканических

пеплов) на территорию Западной Сибири могли быть крупные провинции активного вулканизма (Рисунок 16). В ряду крупных вулканических провинций выделяется класс провинций кремнекислого вулканизма (Тихомиров, 2018). В позднем мелу периодически активизировались три провинции кремнекислого вулканизма на востоке и юго-востоке от Западной Сибири (Охотско-Чукотская, Юго-Восточно-Китайская и Восточно-Сихотэ-Алиньская).

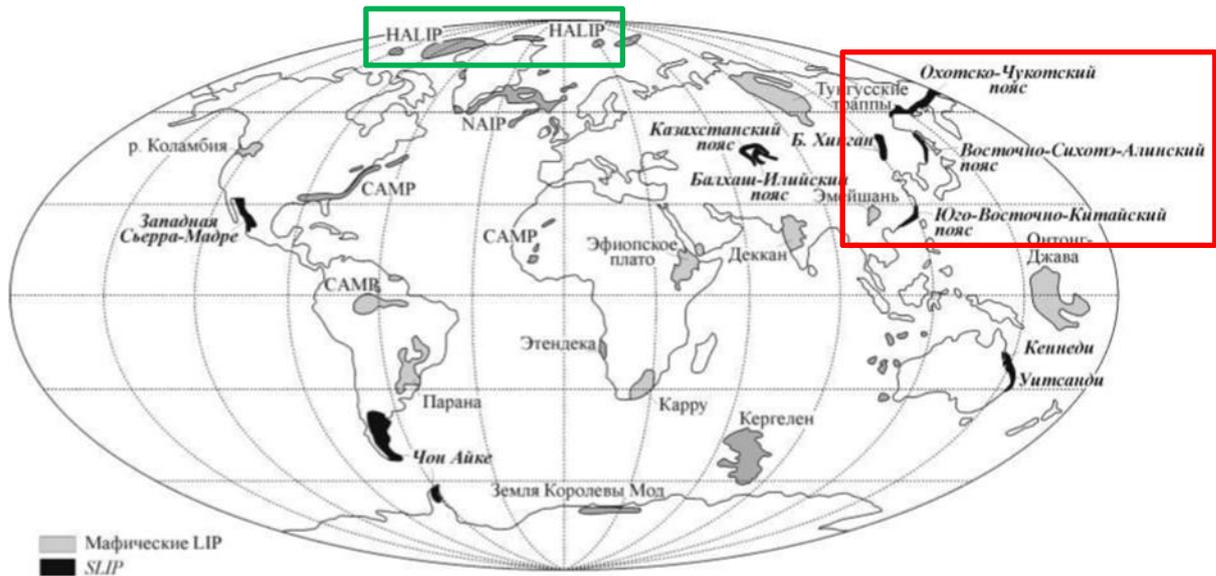


Рисунок 16. Примеры крупных вулканических провинций. Красный контур – провинции кремнекислого вулканизма; зелёный контур – базальтового вулканизма (Тихомиров, 2018).

Тонкозернистая размерность пирокластики верхнего мела Западной Сибири указывает на отдаленные источники пеплового материала, который может переноситься пепловыми тучами на расстоянии в несколько тыс. км. Периодичность и степень активизации вулканических провинций контролировалась, вероятно, тектоническими движениями разных уровней и с разным интервалом.

В последние десятилетия, в меловом разрезе океанов установлено периодическое прерывание нормального пелагического/гемипелагического осадконакопления эпизодами (менее 1 млн лет) аноксии (океанских аноксийных событий, ОАЕ – oceanic anoxic event (Schlanger, Jenkyns, 1976)) (Савельева, 2010). Эти интервалы разреза в океанских обстановках включают богатые органическим веществом (ОВ) чёрные сланцы, свидетельствующие о

развитии условий дефицита кислорода в придонных водах.

В то же время, на фоне преобладающих низких значений содержания пирита (обычно 1,5–2,5, редко до 5 %), на кризисных рубежах отмечаются аномалии содержания сульфидов железа в породах, где доля пирита возрастает до 10–12 % (относительно вмещающих отложений) (Рисунок 17, 18). Аномалии отмечаются в интервале первых метров выше пограничной зоны, отвечающей смене регрессивного этапа развития на трансгрессивное затопление.

№ п/п	Лабораторный номер образца	Глубина по бурению, м	Глубина по ГИС, м	Стратиграфическая единица	Содержание, %												
					Сумма глин	Кв	КППШ	NaлППШ	Гл	Анг	Пр	Кц	Ам/Дл	Сл	Ап	Цр	Ом/Кр
9	36310/18	724,09	723,19	НБ1	43,5	20,7	-	4,5	-	-	5,6	-	2,8	-	-	2,2	20,7
10	36311/18	724,19	723,29	НБ1	41,6	13,0	-	3,8	-	-	4,6	-	-	-	-	-	37,0
11	36312/18	724,35	723,45	НБ1	43,5	9,9	-	2,3	-	-	4,8	-	-	-	-	-	39,5
12	36313/18	724,86	723,96	НБ1	30,9	6,6	2,6	2,3	-	-	3,5	-	-	2,0	-	1,7	50,4
				среднее НБ1	39,1	12,4		3,1			4,2					2,0	38,8
13	36314/18	725,48	724,58	НБ2	43,6	25,9	1,7	4,4	-	-	5,3	-	-	-	-	2,2	16,9
14	36315/18	726,40	725,50	НБ2	46,4	23,4	-	4,3	-	-	4,7	-	-	-	-	1,9	19,3
15	36316/18	727,45	726,55	НБ2	46,5	27,6	1,8	5,5	-	-	6,0	-	-	2,8	-	-	9,8
16	36317/18	728,16	727,26	НБ2	45,7	28,3	-	6,2	-	-	4,6	-	-	-	-	-	15,2
17	36323/18	729,83	729,86	НБ2	32,9	8,0	-	4,1	-	-	12,3	-	-	2,2	-	-	40,5
				среднее НБ2	43,0	22,6		4,9			6,6					2,1	20,3
18	36328/18	734,52	734,55	НБ3	30,5	40,6	6,6	12,6	-	-	2,7	-	-	1,7	-	5,3	-
19	36331/18	735,05	735,08	НБ3	36,8	39,2	6,5	12,3	-	-	2,5	-	-	2,7	-	-	-
20	36335/18	736,50	736,53	НБ3	44,4	32,9	4,5	10,5	-	-	2,9	-	-	1,9	-	2,9	-

№ п/п	Лабораторный номер образца	Глубина по бурению, м	Глубина по ГИС, м	Стратиграфическая единица	Содержание, %											
					Сумма глин	Кв	КППШ	NaлППШ	Гл	Анг	Пр	Кц	Ам/Дл	Сл		
94	33176	977,83	978,87	Кузн	33,8	27,5	12,7	20,2	-	-	1,3	1,5	-	-	-	3,0
95	32600	1002,82	1001,76	Кузн	26,4	32,7	11,2	22,7	-	-	3,2	1,8	-	-	-	2,0
96	32603	1004,54	1003,48	Кузн	46,6	21,7	8,1	14,3	-	-	6,1	0,4	-	-	-	2,8
97	32605	1006,82	1005,76	Кузн	49,5	13,1	-	11,2	-	-	10,7	14,6	-	-	-	0,9
					34,2	27,9	10,9	16,9			2,8	8,4				1,7
98	32628	1008,67	1007,61	ПК1	8,6	34,7	25,4	30,3	-	-	-	1,0	-	-	-	-
99	32639	1018,87	1018,13	ПК1	11,4	42,2	22,5	22,4	-	-	0,7	0,8	-	-	-	-
100	32642	1019,61	1018,87	ПК1	5,5	49,4	13,4	30,0	-	-	-	0,8	-	-	-	0,9
101	32667	1021,87	1021,13	ПК1	12,0	37,6	21,7	27,0	-	-	-	1,7	-	-	-	-
102	32695	1024,55	1023,81	ПК1	17,8	38,0	14,4	29,8	-	-	-	-	-	-	-	-
103	32696	1024,92	1024,18	ПК1	12,7	12,6	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	37,0
104	32706	1027,82	1027,08	ПК1	15,3	49,2	17,1	18,4	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 17. Результаты РСАпор; красным цветом выделены положительные, жёлтым – отрицательные аномалии минеральных компонентов. Вверху – отражение события ОАЕ3 (рубеж коньяк-сантон); внизу – события ОАЕ2 (рубеж сеноман-турон) (ООО «ТНЦ»).

Особенности обстановок (климат, топография, океанская циркуляция и продуктивность), сыгравшие свою роль в глобальном отложении углеродистых осадков, *весьма отличаются от современных* (Савельева, 2010). Всесторонняя реконструкция палеоусловий мелового времени может выявить причины и механизмы развития кризисных океанографических и климатических изменений. Особенно чутко реагируют на эти изменения осадки открытых областей океана, где эти проявления не осложнены влиянием суши.

№ п/п	Лабораторный номер образца	Глубина по бурению, м	Глубина по ГИС, м	Стратиграфическая единица	Содержание минералов %															Кристаллизация, %	
					Сумма глин	Кп	КПШ	NaПШ	Гл	Анг	Пирит	Кц	Ал/Дл	Сл	Ап	Цл	Оп/Кр	Бг	Сумма карб.		
3	8244	840,42	839,54	ВБ0	54,4	31,0	3,2	5,9	-	-	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	8258	841,27	840,39	ВБ0	56,4	29,9	5,0	5,6	-	-	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	8268	842,51	841,63	ВБ0	52,1	32,2	2,1	6,7	-	-	4,1	-	-	2,8	-	-	-	-	-	-	2,8
6	8276	843,39	842,51	ВБ0	55,6	32,0	-	4,7	-	-	5,0	-	-	2,7	-	-	-	-	-	-	2,7
7	8279	844,53	845,62	ВБ0	42,6	14,3	-	2,8	-	-	-	-	-	40,3	-	-	-	-	-	-	40,3
					52,7	29,2	3,3	5,3			4,6			15,3							15,3
8	8288	845,51	846,60	ВБ1	34,9	47,9	5,6	7,0	-	-	2,1	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	2,5
9	8293	846,42	847,51	ВБ1	33,9	47,2	6,7	8,1	-	-	2,8	-	-	1,3	-	-	-	-	-	-	1,3
10	8307	847,54	848,63	ВБ1	17,5	33,5	4,3	5,8	-	-	-	-	-	38,9	-	-	-	-	-	-	38,9
11	7283	848,24	849,33	ВБ1	39,7	44,6	5,7	8,3	-	-	-	-	-	1,7	-	-	-	-	-	-	1,7

№ п/п	Лабораторный номер	Вязос карта	Место взятия, глубина	а по бязос	Глубина а по	Стратиграфическая	Сумма	Кп	КП	Ш	NaПШ	Гл	Пр	Сл	Цл	Ап	Оп/Кр
	2			7	8	10	1	1	1	1	1	1	1	2			2
2	35627	5,15	2,14	578,14	578,73	ВБ2-3	42,5	24,8	-	5,0	-	2,7	2,6	-	-	-	22,4
3	34619	5,15	3,03	579,03	579,62	ВБ2-3	39,5	28,1	-	4,7	-	2,3	3,1	-	-	-	22,3
4	35632	5,15	3,79	579,79	580,38	ВБ2-3	30,8	23,3	-	5,9	-	9,6	3,9	-	-	-	26,5
5	35634	5,15	4,17	580,17	580,76	ВБ2-3	27,9	32,0	-	4,9	-	7,0	2,6	-	-	-	25,6
							36,8	27,0		5,0		5,1	3,2				23,0
6	35636	5,64	0,20	581,40	581,94	НБ1	17,6	7,9	-	2,5	-	3,9	-	-	-	-	68,1
7	35643	5,64	1,60	582,80	583,34	НБ1	16,1	10,0	-	3,9	-	3,5	-	-	-	-	66,5
8	35645	5,64	2,59	583,79	584,33	НБ1	27,1	16,9	-	3,1	-	3,1	-	-	-	-	49,8
9	35650	5,64	4,23	585,43	585,97	НБ1	27,5	9,7	-	2,6	-	3,0	-	-	-	-	57,2
10	35654	5,64	5,12	586,32	586,86	НБ1	23,6	7,0	-	2,7	-	2,8	-	-	-	-	63,9

Рисунок 18. Результаты РСАпор. Вверху – повышение доли пирита на рубеже средний – верхний кампан; внизу – повышение доли пирита на рубеже сантон-кампан (ООО «ТННЦ»).

Разные авторы выделяют разное количество эпизодов меловых ОАЕ. Для

верхнего мела в глобальном плане выделяются события: ОАЕ2 (граница *сеноман-турон*) и ОАЕ3 (граница *коньяк-сантон*) (Савельева, 2010). На территории внутриконтинентального моря Западной Сибири, данные события выявлены на рубежах смены регрессий на возобновление трансгрессивного затопления ЗСП, и отразились массовым накоплением смектитовых глин (с повышенной примесью глауконита и пирита) дорожковской свиты (с *мамийской пачкой битуминозных глин* в основании свиты; нижний турон), кузнецовского горизонта и пласта опоковидных глин НБ2 (нижний сантон) нижеберёзовского горизонта.

Отсутствие чёрных сланцев (кроме битуминозных глин мамийской пачки) свидетельствует о наличии аэрации Западно-Сибирского морского бассейна.

Частые остатки планктона (диатомей, радиолярий, реже фораминифер, двустворок) свидетельствуют о благоприятных условиях среды их обитания; отсутствие углеродистых чёрных сланцев – о полной переработке «мягких частей» организмов при отмирании и захоронении. ***Вероятно, поэтому, в разрезе верхнего мела (турон-маастрихт) Западно-Сибирской плиты отсутствуют (кроме мамийской пачки битуминозных глин в основании турона) проявления чёрных сланцев*** (прямых признаков ОАЕ).

Среднее значение долей пирита в породах стратона НБ3 (верхний коньяк) составляет 2,5 %, стратона НБ2 (нижнего сантона) – более 6 %. Песчаный пласт ПК1, отражающий регрессивный этап развития территории, залегает в кровле покурской свиты сеноманского возраста, характеризуется долей пирита менее 1 %. Отложения кузнецовского горизонта относятся к туронскому веку (средняя доля пирита до 3 %, непосредственно над сеноманом – до 11 %), и фиксирует эпизод трансгрессии. Аномалии содержания пирита на границах сеноман-турон (ОАЕ2) и коньяк-сантон (ОАЕ3) повсеместны в керне всех скважин текущего бурения (закономерный тренд по латерали), и являются косвенным признаком условий кислородного дефицита.

Дополнительно, по данным $РСа_{общ}$ в керне скважин текущего бурения, в основании трансгрессивной части (1–4 м) всех выделенных циклов,

устанавливаются заметно повышенные содержания пирита, в 2–4 раза превышающие доли пирита во вмещающих отложениях. Повышенные содержания пирита отмечаются в нижней части кремнистых глин стратона ВБ0, непосредственно выше алевролитов стратона ВБ1, и в кремнистых глинах стратона ВБ2-3 над кровлей (с признаками эрозии) опок стратона НБ1.

Кроме того, отмечается, что пиритовая составляющая в основании трансгрессивных частей циклитов проявлена, как правило, в виде плотно упакованных фрамбоидальных стяжений (\varnothing до 10-30 мкм) (Соцкая и др., 2022) микрооктаэдров пирита (не более 1 мкм) (Рисунок 20, справа).

В гидротермальном заполнении микротрещин, например, в основании стратона ВБ3 (Рисунок 20, слева; толщиной порядка 0,1 мм) преобладают сульфаты кальция (гипс, ангидрит) с рассеянной примесью микрооктаэдров пирита (значительно менее 1 мкм). Можно предположить, что гидротермальное воздействие приводит к разрушению фрамбоидальных стяжений и рассеиванию раствором микрооктаэдров пирита.



Рисунок 20. Изображения РЭМ. Морфология пирита в гидротермальном заполнении трещин (слева, основание стратона ВБ3; $\times 3000$) и в опоках стратона НБ1 (справа, средняя часть стратона; $\times 5100$) (ООО «ТННЦ», 2023).

Таким образом, повышенная пиритизация (как признак локального эпизода кислородного «голодания») в турон-кампанских отложениях ЗСП характерна для переломных событий перемены регрессивного развития территории на

трансгрессивное повышение уровня вод бассейна. Для этих же обстановок, кроме повышенных содержаний пирита, установлены низкие степени биотурбации и, как правило, повышенные содержания глауконита (ухудшенная экология).

Океанские события ОАЕ2 и ОАЕ3 позднего мела на территории ЗСП соответствуют возобновлению трансгрессии после эпизодов регрессивного развития бассейна.

На этапах глобальных трансгрессий Земли (как минимум, меловых) формирование событий ОАЕ (различно отражённых в осадочном разрезе отдельных областей планеты) контролировалось комплексом причин:

Во-первых, активизацией вулканических процессов: выделением CO_2 в атмосферу и, в связи с этим, потеплением, повышением скорости выветривания и поступлением дополнительного количества питательных веществ; гидротермальным выносом восстановленных металлов и сульфидов, а также их окислением кислородом морской воды. Увеличение питательных веществ и CO_2 отражалось на повышении биопродуктивности в том числе планктона, обусловившую расходование кислорода на разложение ОВ и возникновение бескислородных условий.

Во-вторых, климатом: потепление обедняло воды кислородом, увеличивало интенсивность выветривания, обеспечивая дополнительное поступление питательных веществ и повышение биопродуктивности.

В-третьих, отсутствием или слабой циркуляцией вод.

Развитие трансгрессий в позднем мелу хорошо коррелируется с периодами активизации рифтовых зон, вулканизма и гидротермальных процессов.

Как известно, вулканы, кроме объёмных поставок углекислоты и серы в атмосферу и гидросферу, извергаясь и выжигая леса, способствуют масштабному снижению процессов фотосинтеза (и относительному повышению температуры – в атмосфере и гидросфере). Подводные гидротермы («курильщики») поставляют из глубин широкий спектр химических элементов и соединений, часто формирующих вокруг каждого выхода гидротерм зону

сероводородного заражения (аноксийные условия), с дополнительным насыщением катионами (Емельянов, 1998). В позднем мелу характерно отсутствие ярко выраженной климатической зональности (нет жаркого климата на экваторе и полярных льдов), повышение средней температуры (до 10–14°C) (Герман, 2000; Еськов, 2008). Развитие широких холодных и тёплых фронтов отсутствовало, при котором интенсивность ветровых, волновых процессов и ярко выраженных течений могла быть сниженной (в осадочном разрезе верхнего мела ЗСП заметные следы подобных процессов отсутствуют).

В «подогретых» океанах, на фоне «застоя» и дефицита кислорода (анаэробных условий) процессы протекали в замедленном темпе, и *распад ОВ длился значительно дольше, по сравнению с аэробными условиями*. Анаэробные процессы влияют на щёлочность среды (слабое понижение щёлочности). В анаэробных условиях углерод ОВ превращается в *метан, CO₂*, с выделением *водорода*; в состав газов могут входить *азот и сероводород*. Переработка ОВ в анаэробных условиях приводит к уменьшению биомассы в 5–10 раз в илах. При анаэробных процессах происходит значительная минерализация ОВ и бактериальное разложение биомассы (*медленная скорость роста метаногенных бактерий*). Конечным продуктом ферментации является метан, который в силу очень низкой растворимости быстро выделяется из системы. Анаэробный процесс очень чувствителен к внезапным изменениям концентрации и состава питательных веществ, колебаниям температуры и pH. В основе анаэробного процесса минерализации осадка лежит жизнедеятельность анаэробных микроорганизмов-минерализаторов, разлагающих ОВ до конечных продуктов – воды, углекислоты, метана, сероводорода и др. В растворе накапливаются трудно разлагаемые соединения – жирные кислоты, сульфиды (в том числе гидротроилиты), гуминовые вещества. *С ростом температуры скорость процессов увеличивается*. Морская вода имеет слабощелочную реакцию. В результате анаэробных процессов в иле могут образовываться органические кислоты, которые в свою очередь могут нейтрализоваться бикарбонатами и

карбонатами воды. Однако, при отсутствии смешения иловых и придонных вод, реакция иловых вод может стать кислой (рН ниже 7,0). Также, рН имеет значение для биохимического коагулирования органических коллоидов и осаждения тонко диспергированной взвеси, а также для процесса формирования и распада различных минералов, и для его обезвоживания (при существенном понижении значений).

В строении верхнего мела Западной Сибири в течение трансгрессивных этапов развития, преобладают набухающие глины (смектиты, бентонитоподобные глины) и кремнистые глины (до опок верхнего сантона) с признаками наличия комплекса аутигенных составляющих. Алевролиты регрессивных эпизодов, кроме иллит-смектитового глинистого вещества содержат каолинит и хлорит (иногда до 30–50 % от общего количества состава глин). Смектиты трансгрессивных этапов (с неравномерной трансформацией в иллит), глауконит и аморфный кремнезём образуют криптозернистый агрегат (по данным РЭМ – недиагностируемые индивиды 1–3 мкм), формирование которого могло происходить на фоне низких скоростей осадконакопления (первые мм за 1 тыс. лет; конденсированный тип). Сложное агрегатное взаимоотношение глин и аморфного кремнезёма, отражает их совместное происхождение (сложные коллоиды-илы, с последующим их распадом на мономинеральные фазы – «старение»). Аналогичные глауконит-содержащие опокovidные глины и опоки описаны в сантон-кампанских отложениях Русской платформы (РП), которые сопоставлены с ассоциацией минералов «камуфлированной пирокластик» (Зорина и др., 2011, 2013, 2015).

С учётом всего вышеизложенного, полученные в результате исследований данные *свидетельствуют в пользу биогенно-хемогенного* типа седиментации глин и опок верхнего мела, на этапе усиления процессов рифтообразования при тектоно-вулканических активизациях трансгрессивного развития Западно-Сибирской плиты. Аномалии химических компонентов (предельно-допустимых концентраций, ПДК, на фоне относительного прогресса) в составе гидротермальных эксгаляций ухудшали условия жизнедеятельности в

придонной воде, и служили «кирпичиками» для аутигенного минералообразования (смектитов, глауконита, аморфного кремнезёма и пр.). По мере осаждения растворённых компонентов в твёрдую фазу (и снижения степени прогрева), происходила нормализация условий (снижение концентраций в растворе). Химические компоненты гидротерм (необходимые для формирования аутигенных минералов) представлены катионами и анионными комплексами (Емельянов, 1998). В аутигенных алюмосиликатах (смектитах, глауконите и пр.) химические элементы присутствуют в виде окислов.

Масштабное аутигенное формирование глинистых минералов верхнего мела, в том числе за счёт «камуфлированной» пирокластики, предполагает вовлечение в процессы минералообразования кислорода. ***Следовательно, хемогенный синтез масштабных объёмов смектитов, глауконита и аморфного кремнезёма верхнего мела Западной Сибири, может приводить к мобилизации и закреплению в твёрдой фазе значительных масс растворённого кислорода.***

Аутигенные глинистые минералы (смектиты; конденсированный тип разреза), скорее всего, формировались с очень низкой скоростью (первые мм за 1 тыс лет). Для формирования подобных толщ необходим постоянный «подток» составных компонентов минералообразования, включая кислород (Емельянов, 1998). На фоне трансгрессии повышенные температуры и ослабление интенсивности волнений и течений (особенно в начальные фазы возобновления затопления) способствовали ухудшению свободной циркуляции вод, и значительно затрудняли процесс растворения кислорода. В совокупности, перечисленные факторы могли приводить к формированию на океанском дне участков (областей) с аноксидными условиями (возникновению событий ОАЕ), неравномерно отражённых в пределах эпиконтинентальных морей (и Западно-Сибирского в том числе) в образовании узких интервалов разреза (до 3–4 м) относительно повышенной пиритизации.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. По данным керна и каротажа в строении турон-кампанских отложений **выделяются стратоны**, как правило, с резкими границами, отличающиеся литологическим составом и возрастом (по данным палеонтологии); по данным керна всего установлено 11 стратонов.

2. **Основной объём** турон-маастрихтских отложений, накопившихся биогенно- хемогенным способом в виде поликомпонентных илов/коллоидов, **представлен ассоциацией минералов, включающей смектиты, глауконит, цеолиты и аморфный кремнезём**, на формирование которых могло оказывать влияние преобразование «камуфлированной пироклаستيки». Одним из важных источников поступающего в палеобассейн вещества являлись вулканические пепловые тучи. В вещественном составе стратонов отразились вариации степени влияния крупных вулканических (преимущественно кремнекислых) извержений.

3. **На фоне глобальной позднемеловой трансгрессии**, на северо-востоке Западной Сибири, по керну **установлены три эпизода локальных регрессий**, отражённые в разрезе формированием линзовидных тел песчаных алевролитов. Так же в средней части ганькинской толщи карбонатистых глин на северо-востоке ЗСП прогнозируется наличие 4-ого тела песчаных алевролитов. Дополнительно, по данным изучения керна в кровле мярояхинской (нижний коньяк) и хэяхинской (верхний сантон) пачек установлены признаки эрозионного воздействия (в результате образования субаэральной экспозиции отложений).

4. Эпизоды регрессий подчёркивают трансгрессивно-регрессивный характер седиментации турон-маастрихтской толщи Западной-Сибирской плиты, с цикличностью **в среднем 3,0–3,5 млн лет**, по длительности сопоставимой с периодичностью пульсирующего расширения океанов в конце мезозоя.

5. **Линзовидные тела песчаных алевролитов** турон-маастрихтского возраста по мере омоложения прослеживаются всё дальше на юго-запад

Западной Сибири, что отражает клиноформно подобный характер осадконакопления, аналогично неокому Западной Сибири.

6. В основании трансгрессивных частей циклитов повсеместно выявлены повышенные содержания пирита (в 2–4 раза превышающие доли пирита во вмещающих отложениях), что, по всей видимости, является отражением локального дефицита растворённого кислорода в придонных водах. **Аномалии пирита на рубежах сеноман-турона и коньяк-сантона Западной Сибири, по всей видимости, сопоставимы с глобальными аноксийными событиями ОАЕ2 и ОАЕ3.**

7. В процессе аутигенного минералообразования слоистых алюмосиликатов происходила мобилизация растворённого кислорода и закрепление его в твёрдой фазе. **Наиболее богатые кремнеземом коньяк-сантонские отложения накапливались на фоне активизации извержений в пределах крупных провинций кремнекислого вулканизма в позднем мелу.**

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в журналах Scopus, WoS, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.6.5 - Литология

1. **Кудаманов А.И.,** Карих Т.М. Следы проявления вулканогенно-гидротермальных процессов в глинисто-кремнистых отложениях верхнего мела Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2023. – Т. 18. - № 1. http://www.ngtp.ru/rub/2023/4_2023.html (авторский вклад 55 %). ИФ РИНЦ, 2022: 0,591 (1,250 печатных листов). DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/4_2023.
2. **Кудаманов А.И.,** Карих Т.М. Деформации в области дельты, синхронные осадконакоплению, на примере нижнехетской свиты Сузунской площади Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2023. - Т. 18. - № 2. http://www.ngtp.ru/rub/2023/23_2023.htm.1 (авторский вклад 65 %). ИФ РИНЦ, 2022: 0,591 (1,250 печатных листов) - цифровой идентификатор статьи DOI 10.17353/2070-5379/23_2023.
3. Яневиц Р.Б., Горбунов П.А., Карих Т.М., **Кудаманов А.И.,** Лебедев М.В., Мазниченко М.В., Соколовская О.А., Фищенко А.Н. Геосистемный подход к сейсмогеологическому моделированию доюрского резервуара: от концептуальной модели до оценки запасов // Геология нефти и газа, 2021. – № 4. С. 75-94 (авторский вклад 15 %). ИФ РИНЦ, 2021: 0,678 (2,500 печатных листов;).
4. Карих Т.М., **Кудаманов А.И.** Гидротермально-метасоматические процессы в глинистых опоках сантона (верхний мел) на севере Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2021. – № 2. – С. 81-89 (авторский вклад 50 %). ИФ РИНЦ, 2021: 0,678 (1,125 печатных листов).
5. **Кудаманов А.И.,** Агалаков С.Е., Маринов В.А., Новосёлова М.Ю., Карих Т.М., Глухов Т.В. Следы тектонического контроля осадконакопления в туроне Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых

месторождений. 2020. – № 10. – С. 12-21. (авторский вклад 40 %). ИФ РИНЦ, 2020: 0,476 (1,250 печатных листов).

6. Новосёлова М.Ю., Агалаков С.Е., **Кудаманов А.И.** Характеристика верхнемеловых флюидоупоров Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2020, – № 10, С. 15-24. (авторский вклад 30 %). ИФ РИНЦ, 2020: 0,476 (1,250 печатных листов).

7. Карих Т.М., **Кудаманов А.И.**, Агалаков С.Е., Маринов В.А. Новые находки пирокластики в отложениях верхнего мела Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2020. – № 4. – С. 19-28 (авторский вклад 30 %). ИФ РИНЦ, 2020: 0,477 (1,250 печатных листов).

8. Карих Т.М., **Кудаманов А.И.** Мультимасштабный подход к исследованию отложений берёзовской свиты // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2020, – № 5, С. 15-24. (авторский вклад 50 %). ИФ РИНЦ, 2020: 0,476 (1,250 печатных листов).

9. Авраменко Э.Б., Грищенко М.А., Ошняков И.О., **Кудаманов А.И.** Концептуальная геологическая модель туронских отложений на примере Харампурского месторождения Западной Сибири // Нефтяное хозяйство. 2019, – № 10, С. 82-87 (авторский вклад 25 %). ИФ РИНЦ, 2019: 0,721 (0,750 печатных листов).

10. **Кудаманов А.И.**, Т.М. Карих, С.Е. Агалаков, В.А. Маринов. Хэяхинская пачка опок и перекрывающие кремнисто-глинистые отложения (верхний мел, Западная Сибирь). Особенности строения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2019, – № 11, С. 21-30. (авторский вклад 30 %). ИФ РИНЦ, 2019: 0,531 (1,250 печатных листов).

11. **Кудаманов А.И.**, Агалаков С.Е., Маринов В.А. К вопросу о турон-раннеконьякском осдконакоплении в пределах Западно-Сибирской плиты // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2018б. – № 7.С. 19-26. (авторский вклад 40 %). ИФ РИНЦ, 2018: 0,571 (1,00 печатных листов).

12. **Кудаманов А.И.**, Агалаков С.Е., Маринов В.А. Трансгрессивно-

регрессивный характер осадконакопления в коньяке-сантоне верхнего мела Западной Сибири // Нефтяное хозяйство, 2018а, – № 7, С. 58-63. (авторский вклад 40 %). ИФ РИНЦ, 2018: 0,656 (0,75 печатных листов).

13. **Кудаманов А.И.**, Карих Т.М., Лебедев М.В. К вопросу о происхождении кремнистых отложений девона Западной Сибири на примере Северо-Варьёганского месторождения // Нефтяное хозяйство – 2017, – № 11, С. 82-85 (авторский вклад 40 %). ИФ РИНЦ, 2017: 0,642 (0,50 печатных листов).

14. **Кудаманов А.И.** Баженовская свита Западной Сибири. Мифы и заблуждения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2016, – № 8, С. 54-62 (авторский вклад 100 %). ИФ РИНЦ, 2016: 0,332 (1,125 печатных листов).

15. **Кудаманов А.И.**, Карих Т.М., Кочетов А.В., Панёв Е.В. Особенности распределения глинистых минералов в сеноманских коллекторах месторождения «Русское» Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2015, – № 11, С. 48-54 (авторский вклад 40 %). ИФ РИНЦ, 2015: 0,255 (0,875 печатных листов).

16. **Кудаманов А.И.**, Потапова А.С., Королёв Е.С. Классификация и характеристика коллекторов в пластах АВ1(1-3) Самотлорского месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014, – № 4, С. 4-11 (авторский вклад 50 %). ИФ РИНЦ, 2014: 0,358 (1,00 печатных листов).

Статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК при

Минобрнауки по специальности 1.6.5 – Литология

17. Рязанова Т.А., Павлуткин И.Г., **Кудаманов А.И.**, Марков В.В. Морфологическое разнообразие планктона и битуминозного вещества в верхнемеловых породах берёзовской и ганькинской свит юга Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Нефтяная провинция. 2020. – №4 (24). – С. 21-45. (авторский вклад 30 %) DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2020.4.21-45>. ИФ РИНЦ, 2020, 0,213 (0,500 печатных листов).

18. **Кудаманов А.И.**, Агалаков С.Е., Маринов В.А., Новоселова М.Ю., Глухов Т.В. К вопросу об условиях седиментации кампана (верхний мел) Западной Сибири // Нефтяная Провинция. 2018, – № 4 (16), С. 35-54 (авторский вклад 30 %). ИФ РИНЦ, 2018, 0,075 (2,500 печатных листов).

19. Нассонова Н.В., Гордеев А.О., Дистанова Л.Р., **Кудаманов А.И.**, Калабин А.А., Кузовков А.А. Новые газовые объекты в глинисто-кремнистой формации верхнего мела Западной Сибири // Нефтяная Провинция. 2018, – № 4 (16), С. 109-118 (авторский вклад 20 %). ИФ РИНЦ, 2018, 0,075 (1,250 печатных листов).

Иные публикации

20. Карих Т.М., **Кудаманов А.И.** О стадияльных преобразованиях продуктивных отложений турона на северо-востоке Западно-Сибирской плиты // Сборник научных трудов. Выпуск № 5. – Тюмень: ОАО «Тюменский дом печати», 2019 – С. 120-130. (авторский вклад 40 %).

21. **Кудаманов А.И.** Геологическое строение и условия формирования отложений валанжина на примере продуктивных пластов Сургутского свода Западно-Сибирской плиты // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого- минералогических наук – Томск: ТГУ, 2007. 25 с.

Коллективная монография

22. Закревский К.Е., Аксарин В.А., Анохина М.С., Буякина И.В., Грищенко М.А., Зверев К.В., Зундэ Д.А., **Кудаманов А.И.**, Кузнецов А.Г., Мальшаков А.В., Нассонова Н.В., Хабаров А.В., Черновец Л.В. Геологическое моделирование прибрежно-морских отложений (на примере пласта АВ1 (АВ11+2+АВ13) Самотлорского месторождения) / под ред. К. Е. Закревского. – Тюмень: Вектор Бук, 2017. – 314 с.

Патенты

23. Способ стратификации гомогенных кремнистых толщ верхнего мела Западной Сибири. МПК *G01V9/00* (2006.01) / Агалаков С.Е., Маринов В.А., **Кудаманов А.И.**, Новоселова М.Ю. (Заявка 202124130 от 21.07.2020). **ПАТЕНТ** на изобретение № 2747944 от 17 мая 2021.