

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
государственный университет»

На правах рукописи

АФОНИН ИГОРЬ ВИКТОРОВИЧ

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПОКУРСКОЙ СВИТЫ
ВАНЬЕГАНСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ СТРУКТУРЫ (ЗАПАДНАЯ
СИБИРЬ)**

25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков месторождений полезных
ископаемых

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель: кандидат
геолого-минералогических наук,
доцент И. Ф. Гертнер

Томск – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВАНЬЕГАНСКОЙ СТРУКТУРЫ.....	11
2 БИОСТРАТИГРАФИЯ И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВАНЬЕГАНСКОЙ СТРУКТУРЫ.....	19
2.1 Принципы биостратиграфического расчленения верхней части покурской свиты (пласты ПК ₁ и ПК ₂).....	19
2.2 Особенности строения пластов ПК ₁ и ПК ₂ Ваньеганской структуры.....	23
2.3 Тектурно-структурные особенности пород пластов ПК ₁ и ПК ₂ и их фациальная диагностика.....	27
2.4 Литолого-фациальная неоднородность и палеогеографические условия формирования пластов ПК ₁ и ПК ₂ Ваньеганской структуры.....	34
3 МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ И ЛИТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТОВ ПК₁ И ПК₂.....	53
3.1 Литолого-минералогическая характеристика осадков пластов ПК ₁ и ПК ₂	54
3.2 Петрогеохимическая неоднородность пластов ПК ₁ и ПК ₂	76
3.2.1 Общая химическая характеристика пород.....	76
3.3 Статистическая систематика петрохимических параметров пород верхов покурской свиты на основании кластерного анализа.....	81
3.4 Факторы, определяющие неоднородность распределения петрогенных оксидов.....	86
4 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ И ПРИНЦИПЫ КОРРЕЛЯЦИИ ПЛАСТОВ ПК₁ И ПК₂.....	92
4.1 Геохимическая неоднородность пластов ПК ₁ и ПК ₂	94
4.2 Статистическая систематика геохимических параметров пород верхов покурской свиты на основании кластерного анализа.....	105
4.3 Принципы петрогеохимической корреляции пластов ПК ₁ и ПК ₂ ...	113
5 ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ.....	125

5.1 Факторы, определяющие неоднородность распределения геохимических показателей.....	125
5.2 Принципы выделения петрогеохимических фаций.....	130
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	141
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ..	144
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Литолого-стратиграфический разрез и карта фактического материала для пластов ПК ₁ и ПК ₂ (покурская свита) скв. №1002.....	164
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Литолого-стратиграфический разрез и карта фактического материала для пластов ПК ₁ и ПК ₂ (покурская свита) скв. №2031.....	165
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Литолого-стратиграфический разрез и карта фактического материала для пластов ПК ₁ и ПК ₂ (покурская свита) скв. №2010.....	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Литолого-стратиграфический разрез и карта фактического материала для пластов ПК ₁ и ПК ₂ (покурская свита) скв. №3618.....	167
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Литолого-стратиграфический разрез и карта фактического материала для пластов ПК ₁ и ПК ₂ (покурская свита) скв. №2050.....	168
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Химический состав пород Ваньеганской структуры по результатам рентгенофлуоресцентного анализа.....	169
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Значения литохимических модулей для пластов ПК ₁ и ПК ₂ покурской свиты Ваньеганской структуры	174
ПРИЛОЖЕНИЕ З. Концентрации элементов-примесей в породах Ваньеганской структуры по данным масс- спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС).....	178
ПРИЛОЖЕНИЕ И. Индикаторные отношения для пластов ПК ₁ и ПК ₂ покурской свиты Ваньеганской структуры.....	191

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Последнее время при решении задач литологии, стратиграфии, геодинамики, палеогеографии, геологии месторождений нефти и газа, все больше внимания уделяется применению литогеохимических методов [Баженова и др., 2000; Летникова, 1999; Маслов, 2010, 2015; Смиронов и др., 2009; Шатров, 2005; Юдович, Кетрис, 2011; Berger et al., 1981]. При решении задач расчленения и корреляции «немых толщ», наряду с методами цикло- и хемотратиграфии сегодня все большее значение приобретает элементная химическая стратиграфия основанная на диагностике как планетарных аномалий, подобной всплеску иридия на границе мела и палеогена [Alvarez et al., 1981], так и геохимических последствий резких климатических изменений на рубеже основных геологических периодов [Fačevićová et al., 2016]. Одним из наиболее важных направлений развития современной литогеохимии является ее приложение к фациальным и палеогеографическим реконструкциям [Лукашев, 1980; Маслов, 2010, 2015; Юдович, 2007, 2011]. При условии тесной генетической связи химических показателей с факторами литогенеза, данный подход может приобретать ключевое значение при диагностике условий осадконакопления, так как основан на поведении химических элементов в геологических процессах. Учитывая такие возможности литогеохимических методов, возрастает их значимость при построении седиментологических моделей прибрежно-морских осадков вмещающих месторождения нефти и газа.

На современном уровне освоения нефтегазовых месторождений эффективность отработки трудноизвлекаемых и остаточных запасов во многом определяется качеством выделения коллекторов в результате разукрупнения некогда единых нерасчлененных залежей. Эта задача значительно усложняется в условиях палеогеографической изменчивости, когда в осадках фиксируется конвергентность признаков характерных как для морских, так и для континентальных отложений, не позволяющих однозначно определить условия седиментации [Чернова, 2004, 2007; Бижу-Дюваль, 2012]. В этом случае геохимический подход приобретает особо важное значение при локальном

сопоставлении разрезов на фоне резкой фациальной неоднородности, характерной для отложений прибрежно-морских зон [Haskin, Haskin, 1966; Бижу-Дюваль, 2012].

Цель: разработка литогеохимических критериев фациального разделения осадков верхнесеноманского палеоэстуарного бассейна (пласты ПК₁₋₂ (покурская свита)) Ваньеганской структуры.

Задачи:

1. С помощью традиционных и прецизионных методов исследования вещества изучить минеральный и химический составы осадочных пород, слагающих пласты ПК₁₋₂ – покурской свиты

2. По характеру распределения петрогенных оксидов и микроэлементов провести их геохимическую аттестацию;

3. Установить взаимосвязь минерального и химического составов пород;

4. На основе результатов статистической обработки данных выделить главные факторы, определяющие литогеохимическую неоднородность разреза;

5. Определить основные геохимические параметры вертикальной изменчивости и оценить их возможности для корреляции группы пластов ПК₁₋₂ в пределах Ваньеганской структуры;

6. Установить закономерности латеральной изменчивости химического состава отложений и на их основе разработать критерии фациального разделения осадков верхнесеноманского палеоэстуарного бассейна (пласты ПК₁₋₂ (покурская свита)) Ваньеганской структуры.

Фактический материал и методы исследований.

В основу работы положен керновый материал, отобранный в рамках совместного проекта № 282 «Биостратиграфический и литогеохимический анализ керна залежи ПК1-2 Ван-Еганского НГКМ» ОАО «ТНК-ВР Холдинг» и Томского государственного университета. Были использованы фондовые материалы по исследуемой структуре, литературные и опубликованные данные по литогеохимии Западной Сибири и эстуарным бассейнам.

Экспериментальные исследования проводились в Центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета. Для определения химического состава пород был проведен рентгенофлуоресцентный анализ по 124 образцам (энергодисперсионный спектрометр OXFORD ED2000, аналитик – канд. геол.-минер. наук Е.М. Асочакова), микроэлементный состав 124 образцов определялся методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (Agilent 7500 сх, аналитик – инженер-исследователь Е.И. Никитина). Для определения минерального состава были проведены рентгеноструктурный (модульный дифрактометр X'Pert Powder, аналитик – канд. геол.-минер. наук Т.С. Небера) и термический (STA 409 PC Luxx, аналитик – канд. геол.-минер. наук Е.М. Асочакова) анализы по 124 образцам.

Защищаемые положения.

1. Геохимическая и петрохимическая неоднородность литологических разновидностей исследуемого разреза обусловлена характером распределения аутигенных и аллотигенных минералов.

2. Вертикальная геохимическая неоднородность отложений носит циклический характер, выраженный в распределении по разрезу Mn/U и модуля НКМ, и отражает вариации активности CO₂ и поступательную смену нормативных ассоциаций хлорит-каолинит на иллит-монтмориллонитовую в режиме общей трансгрессии.

3. Статистические вариации петрогеохимических характеристик осадков позволяют на качественном уровне разделять морские, континентальные и прибрежно-морские фации. На основании их пространственного распределения было установлено, что осадки были сформированы в палеоэстуарном бассейне, который характеризуется последовательной сменой приливного, приливно-волнового и волнового режимов.

Научная новизна.

1. Разработана схема расчленения и корреляции пластов ПК₁₋₂ в пределах Ваньеганской структуры, основанная на поведении показателей модуля нормативной щелочности и Mn/U;

2. Предложен алгоритм разделения континентальных, морских и переходных фаций на основании установленных петрогеохимических неоднородностей, обусловленных изменением условий осадконакопления;

3. Диагностирован эстуарный режим седиментации. Выявлена связь вариаций геохимических параметров с геоморфологическим и гидродинамическим режимами эстуарного бассейна. Установлена эволюция эстуарного бассейна: приливного типа (ПК₂²–ПК₂¹) – приливно-волновой тип (ПК₁³) – волнового типа (ПК₁² + ПК₁¹).

Практическая значимость.

1. На примере верхнемеловых резервуаров Ваньеганского нефтегазового месторождения установлен комплекс геохимических индикаторных характеристик для построения седиментационных моделей формирования терригенных коллекторов углеводородов;

2. Предложен алгоритм фациальных и палеогеографических реконструкций, применимый в условиях шламowego опробования нефтегазовых скважин.

Апробация работы.

Основные материалы диссертации докладывались и обсуждались на мероприятиях регионального, общероссийского и международного уровней: на III научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Комплексное изучение и оценка месторождений твердых полезных ископаемых» (Москва, 2011); на конференции молодых ученых «Современные проблемы геохимии» (Иркутск, 2011), на 6th International Siberian Early Career GeoScientists Conference (Новосибирск, 2012); на VI открытой региональной молодёжной конференции ОАО «ТомскНИПИнефть» «Проблемы разведки, разработки и обустройства месторождений нефти и газа» (Томск, 2013); на III

Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского (Санкт-Петербург, 2013); на II всероссийской молодежной научно-практической школе-конференции «Науки о Земле. Современное состояние» (Хакасия, 2014), на VIII научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Геология в развивающемся мире» (Пермь, 2015), на XIX международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2015), 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM (Bulgaria, 2015)

По теме диссертации опубликовано 14 работ, в том числе 3 в журналах, рекомендованных перечнем ВАК Минобразования России, и 3 в международных журналах.

Работа выполнялась на кафедре петрографии Томского государственного университета. Аналитические работы проводились в Центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ (ЦКП АЦГПС) и лаборатории BIO-GEO-CLIM, созданной по Постановлению Правительства Российской Федерации № 220 от 09 апреля 2010 г. по договору с Министерством образования и науки Российской Федерации № 14.B25.31.0001 от 24 июня 2013 г.

Реализация и личный вклад.

Автором изучены разрезы и проведен отбор проб по скважинам №№ 1002, 2010, 2031, 3618, 2050 Ваньеганской структуры и выполнена их подготовка к аналитическим исследованиям. Автором изучена вещественная характеристика пород по 43 шлифам. Автором самостоятельно выполнена интерпретация литогеохимических данных на основе математической обработки результатов рентгенофлуоресцентного и ИСП-МС анализов в пакете программ «STATISTICA», а также разработана схема корреляции для группы пластов ПК₁₋₂ на основании литогеохимических показателей и определены петрогеохимические фации. Автором разработана схема диагностики и

алгоритм разделения петрогеохимических фаций в зависимости от условий осадконакопления.

Достоверность результатов работы.

Аналитические работы выполнены в ЦКП АЦГПС ТГУ, представленном в системе аккредитации аналитических лабораторий (Аттестат РОСС RU.0001.517686). Надежность построений базируется на комплексном минералого-геохимическом подходе, предполагающем применение прецизионных аналитических методов и последующей обработке результатов с использованием аппарата математической статистики. Достоверность представленных геохимических реконструкций подтверждается сопоставимостью полученных выводов с результатами палеонтологических, циклостратиграфических и электрофациальных исследований (Александрова и др., 2010; Космыгин, 2011; Подобина, 2012; Белозеров, 2012).

Объем и структура работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, включающего 197 наименований (на 20 страницах). Материал диссертации изложен на 195 страницах, содержит 10 таблиц, 64 рисунков и включает 9 приложений (на 32 страницах).

Благодарности.

Исследования проведены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации: государственное задание № 2282.

Автор выражает признательность научному руководителю к.г.-м.н., доценту кафедры петрографии И.Ф. Гертнеру за постоянную поддержку при выполнении работы. Автор благодарит директора ЦКП АЦГПС к.г.-м.н. П.А. Тишина за всестороннее содействие при выполнении работы; к.г.-м.н., доцента кафедры петрографии О.В. Бетхер за помощь и советы при проведении литофациального анализа и петрографических исследований шлифов; к.г.-м.н. Т.С. Неберу за помощь при расшифровке рентгенограмм, инженера-исследователя Е.А. Тишину, А.В. Файнгерца, к.г.-м.н. А.Л. Архипова за помощь в подготовке графического материала, к.г.-м.н. Е.М. Асочакову за

участие в обсуждении и помощь при оформлении диссертации, сотрудников ИНГГ СО РАН к.г.-м.н. П.А. Яна и к.г.-м.н. Л.Г. Вакуленко за конструктивную критику и замечания. Автор выражает благодарность д.г.-м.н. В.Б. Белозерову, к.г.-м.н. Н.М. Недоливко, к.г.-м.н. Е.А. Жуковской, д.г.-м.н. В.В. Врублевского, к.г.-м.н. О.М. Гриневу, д.г.-м.н. В.М. Подобинной, к.г.-м.н. Г.М. Татьянину, д.г.-м.н. В.П. Парначеву, к.г.-м.н. Д.А. Ивлеву, к.г.-м.н. А.И. Кудаманову за консультации и ценные советы при выполнении отдельных глав диссертации, а также всех сотрудников ЦКП АЦГПС.

1 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВАНЬЕГАНСКОЙ СТРУКТУРЫ

Особенности строения и внутренние неоднородности осадочных комплексов Западно-Сибирской плиты определяется их возрастными характеристиками, структурной позицией и палеогеографическим режимом формирования [Атлас., 1962; Гринев, 2007; Конторович и др, 2000, 2014; Корепанова, 1976; Ронов, 1989; Сурков, 1981]. В строении Западно-Сибирской плиты выделяется три структурных этажа: комплекс фундамента, промежуточный триасовый рифтогенный комплекс и комплекс осадочного чехла. Фундамент включает в себя метаморфические, осадочные и магматические породы, возраст которых лежит в интервале от перми и древнее. Рифтогенный комплекс сложен вулканогенными, вулканогенно-осадочными породами и магматическими породами основного состава [Гринев, 2007; Конторович и др, 2000; Семенов, 2008; Сурков, 1981].

Мезозойско-кайнозойские отложения, образующие осадочный чехол, разделяются на три подкомплекса: ниже-, средне- и верхнеплитный. Нижнеплитный подкомплекс (средний-верхний триас – средняя юра (без келловей)) формировался в условиях контрастного рельефа, что обусловило достаточно четкое палеогеографическое районирование: в северной и центральных частях господствовали морской и прибрежно-морской режимы, соответственно, а на юге преобладали континентальные осадки. Среднеплитный подкомплекс (средняя (келловей) – верхняя юра – мел - палеоген) формировался под влиянием медленного пострифтового прогибания, что способствовало преобладанию морского режима седиментации. Верхнеплитный подкомплекс (эоцен - квартер) характеризуется преимущественно континентальными условиями осадконакопления. При этом для эоцен-миоценового интервала отмечается смещением интенсивности осадконакопления с севера на юг, а для плиоцена – климатическая зональность

с чередованием теплых (межледниковых) и холодных (ледниковых) эпох [Конторович и др, 2000].

Структуры тектонической неоднородности чехла Западно-Сибирской плиты связаны в значительной части со структурной неоднородностью фундамента. Последняя определяется серией блоков, разделенных тектоническими нарушениями сбросового и взбросового характеров. В результате формируются серии сводовых поднятий площадь которых варьирует от 5 до 20 тыс. км². Углы наклона на крыльях по поверхности фундамента изменяются от десятков минут до 20 – 30°. Углы наклона мезозойских пород, непосредственно залегающих на фундаменте, не превышают 10 – 12°, а по верхним горизонтам в палеогене – не более 2 – 5° [Рудаковская, 2004; Технологическая., 2008]. Зачастую эти крупные структуры осложняются более мелкими уступами, которые описываются в качестве структур II порядка. В то же время многие нефтегазовые месторождения локализуются в конседиментационных структурах, обусловленных формированием мощных песчаных тел – баров, валов, конусов выноса, погребенных русел и др. Эти структуры частично наследуют структуры палеозойского и мезозойского возраста и рассматриваются в качестве структур 3 и 4 порядка (рисунок 1).

Предметом исследований являются верхнесеноманские отложения покурской свиты Ваньеганской структуры. Данные образования характеризуют завершающий этап начального верхнемелового цикла [Конторович и др, 2000] и предшествуют формированию туронского регионального морского бассейна возраста – кузнецовская свита. В структурном плане Ваньеганская структура приурочена к центральной части внутренней области Западно-Сибирской плиты. Она расположена в пределах Варьеганско-Пурпейской зоны линейных структур, представляющих собой серию мегапрогибов и крупных валов. Основной положительной структурой здесь является Варьеганский крупный вал (рисунок 2). Он вытягивается на северо-восток на 125 км при ширине 20 км.

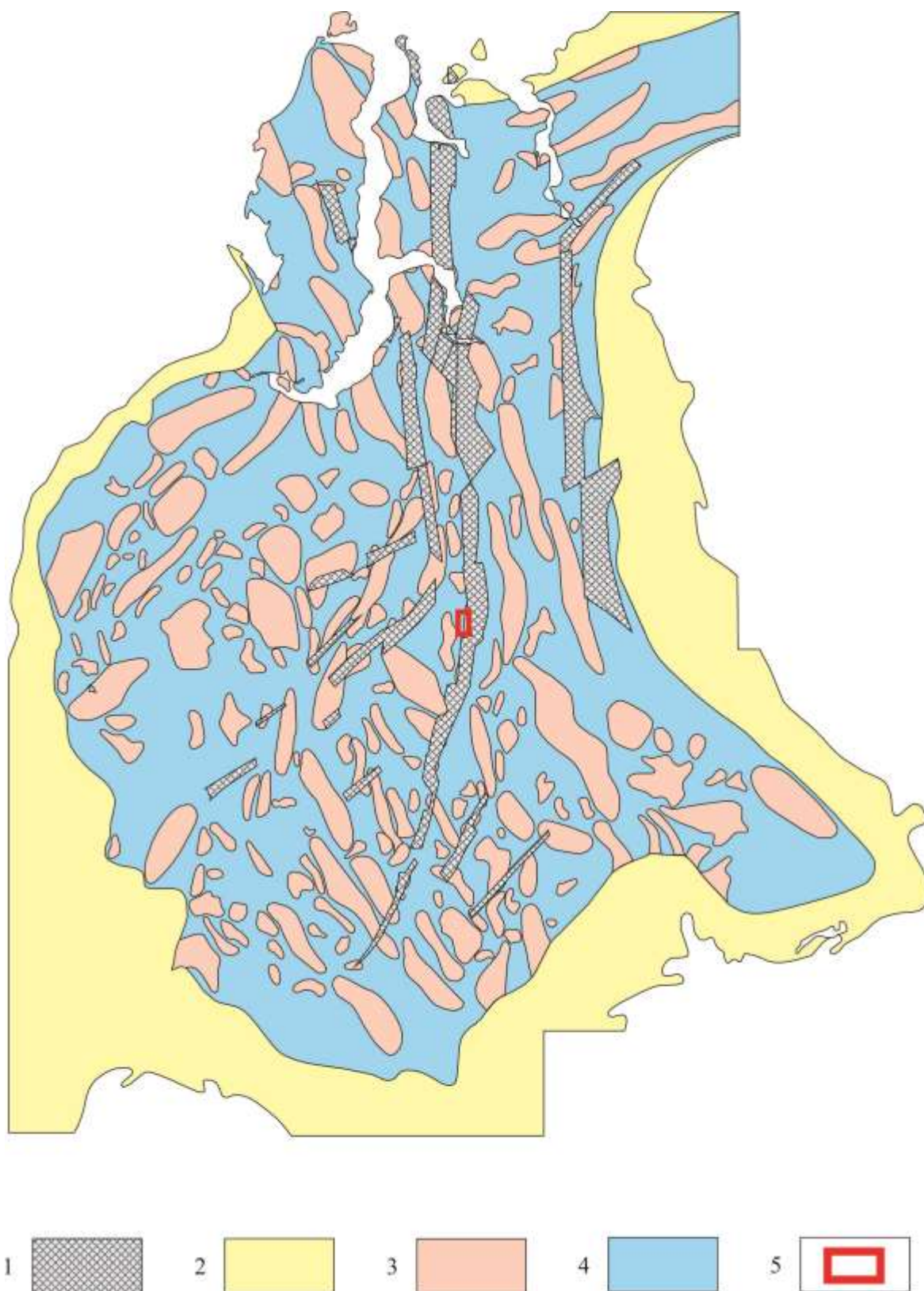


Рисунок 1 – Схематическая тектоническая карта мезозойско-кайнозойского платформенного чехла Западно-Сибирской плиты с элементами фундамента [Сурков, 1981]

Условные обозначения: 1 – раннемезозойские грабен-рифты; 2 – моноклизы; 3 – положительные структуры; 4 – отрицательные структуры; 5 – Ваньеганская структура

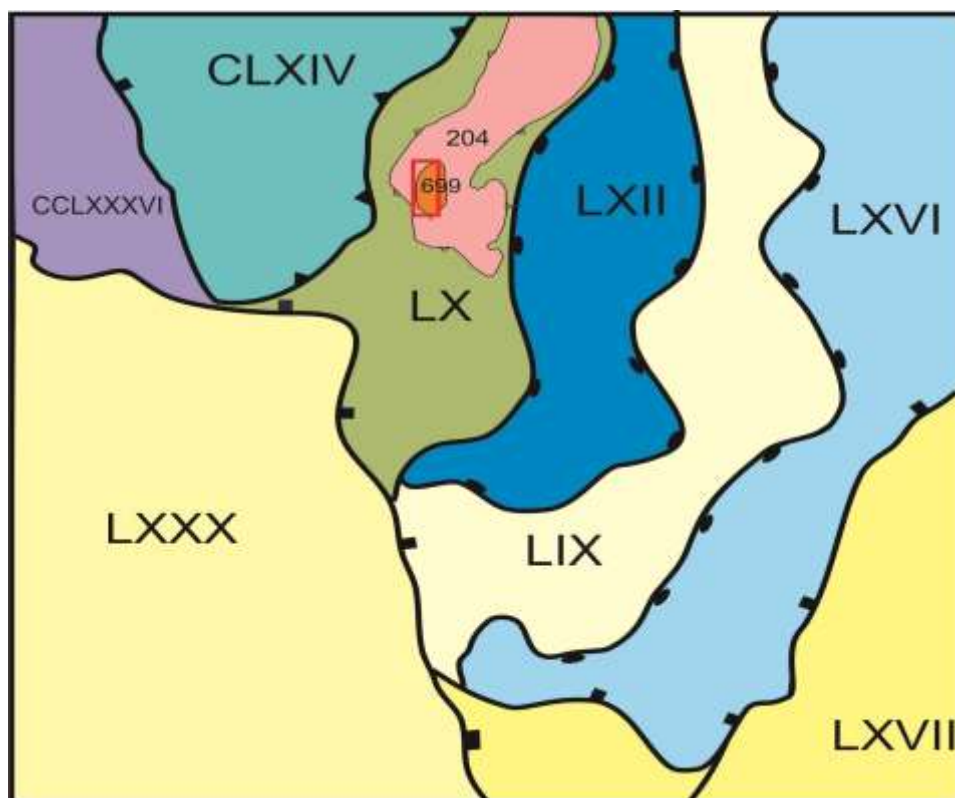


Рисунок 2 – Выкопировка из тектонической карты мезозойско-кайнозойского ортоплатформенного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы (Под редакцией И.И. Нестерова, 1990)

Условные обозначения: Средние и малые структуры I порядка: LXVI – Верхнеаганский мегапрогиб; LXVII – Александровский мегавал; LXXX – Нижневартовский свод; CCLXXXVI – Северо-Нижневартовская моноклираль. Крупные структуры II порядка: LIX – Тагринско-Ярайнерский крупный вал; LX – Варьеганский крупный вал; CLXIV – Новоаганский крупный прогиб. Средние и малые структуры II порядка: 204 – Варьеганский малый вал. Неразделенная подгруппа средних и малых структур III порядка и структур IV порядка: 699 – Ваньеганская (отмечена красным прямоугольником).

Общее линейное строение осложняется серией конформных поднятий 2 порядка Варьеганским малым валом и Малочерногорским структурным мысом, а также разно ориентированными структурами более высоких порядков, одной из которых является Ваньеганская структура, расположенная в южной части Варьеганского малого вала [Постников и др., 2007; Рудаковская, 2004; Технологическая., 2008; Полномасштабная., 2008; Информационный., 2010]. Ваньеганская структура характеризуется меридиональным простираием, её размеры составляют 4 x 20,5 км [Александрова и др., 2010; Космыгин, 2011].

Стратиграфический разрез Ваньеганской структуры отражает эволюцию развития Западно-Сибирского бассейна. В его строении выделяются комплекс

доюрского фундамента, комплексы юрских, нижнемеловых и нижне-верхнемеловых, мел-палеогеновых и неоген-четвертичных осадков (рисунок 3).

Палеозойский фундамент Ваньеганской структуры представлен базальтами, туфами, известняками, мергелями, углистыми породами, сланцами и аргиллитами [Конторович и др, 2000]. Возраст, из-за слабой насыщенности образцов фауной и флорой, условно принят девонско-раннекаменноугольным. Вскрытая мощность более 300 м [Информационный..., 2010]. Фундамент перекрывается триасовыми отложениями, которые представлены брекчиями, алевролитами, аргиллитами [Конторович, 2000].

Мощность триасовых пород составляет приблизительно 27,6 м. Возраст обоснован на основании спорово-пыльцевых комплексов [Конторович и др., 2000; Информационный..., 2010].

Юрские отложения несогласно залегают на размытых породах триаса и палеозойского фундамента. Юрская система представлена тремя отделами: нижним, средним и верхним [Постников и др., 2007]. Они сложены континентальными терригенными осадками котухтинской, тюменской, прибрежно-морскими васюганской свит. Разрез венчается региональными морскими аргиллит-алевролитовыми комплексами георгиевской и баженовской свит.

Отложения мелового возраста представлены в разрезе структуры всеми ярусами нижнего и верхнего отделов.

Нижнемеловые характеризуются последовательным накоплением мегакосослоистых клиноформных ассоциаций мегионской свиты, прибрежно-морскими образованиями ванденской и морскими глинистыми породами алымской свиты.

Нижне-верхнемеловой комплекс представлен прибрежно-морскими отложениями покурской и трансгрессивно перекрывающей ее кузнецовской свитами.

Верхнемеловой комплекс прибрежно-морскими и морскими отложениями березовской и ганькинской свит.

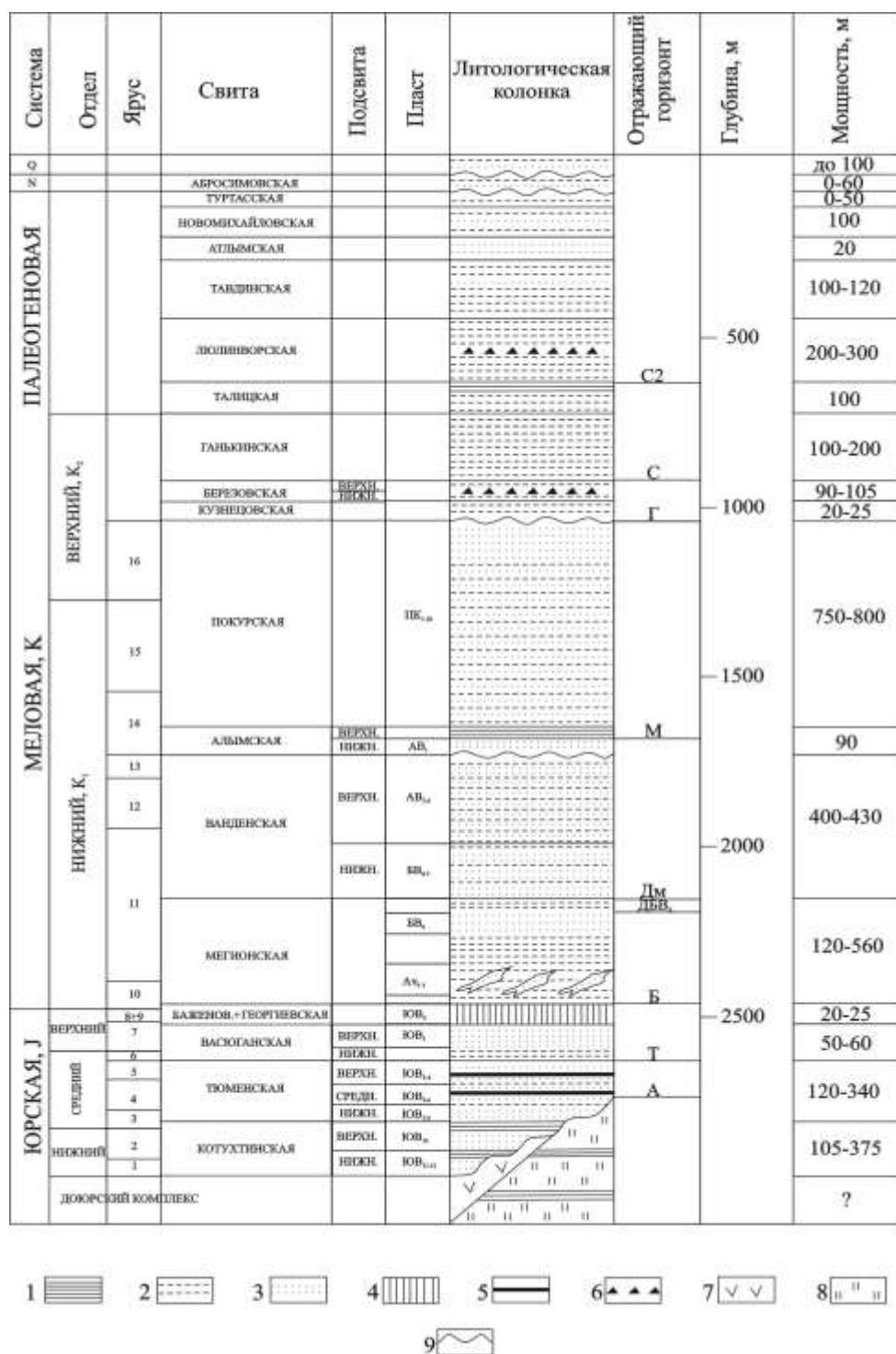


Рисунок 3 – Литолого-стратиграфический разрез осадочного чехла и верхней части доюрского комплекса южной части Варьеганского мегавала [[Постников и др., 2007; Информационный..., 2010]

Условные обозначения: 1 – тонкоотмученные аргиллиты и глины; 2 – глинисто-алевритовые породы; 3 – песчаники и алевролиты; 4 – битуминозные аргиллиты; 5 – пласты углей; 6 – опоки; 7 – базальты и туфы; 8 – карбонаты; 9 – несогласия.

Ярусы: 1 – плинсбахский; 2 – тоарский; 3 – ааленский; 4 – байосский; 5 – батский; 6 – келловейский; 7 – оксфордский; 8 – киммериджский; 9 – волжский; 10 – берриасский; 11 – валанжинский; 12 – готеривский; 13 – барремский; 14 – аптский; 15 – альбский; 16 – сеноманский

Отложения палеогеновой системы на рассматриваемой структуре делятся на две части: нижнюю, сложенную морскими осадками талицкой, люлинворской свит, и верхнюю – континентальными тавдинской, атлымской, новомихайловской и морскими туртасской свит.

Неоген-четвертичный комплекс представлен отложениями абросимовской свиты и современными осадками.

Подшвы перечисленных комплексов осадочного чехла представлены выдержанными по простиранию глинистыми отложениями баженовской, алымской и кузнецовской свит. Они рассматриваются в качестве основных региональных сейсмических реперов. Оценка мощностей осадков, сформированных в промежутках между этими реперами, позволяет выделить конседиментационные структуры (рисунок 4).

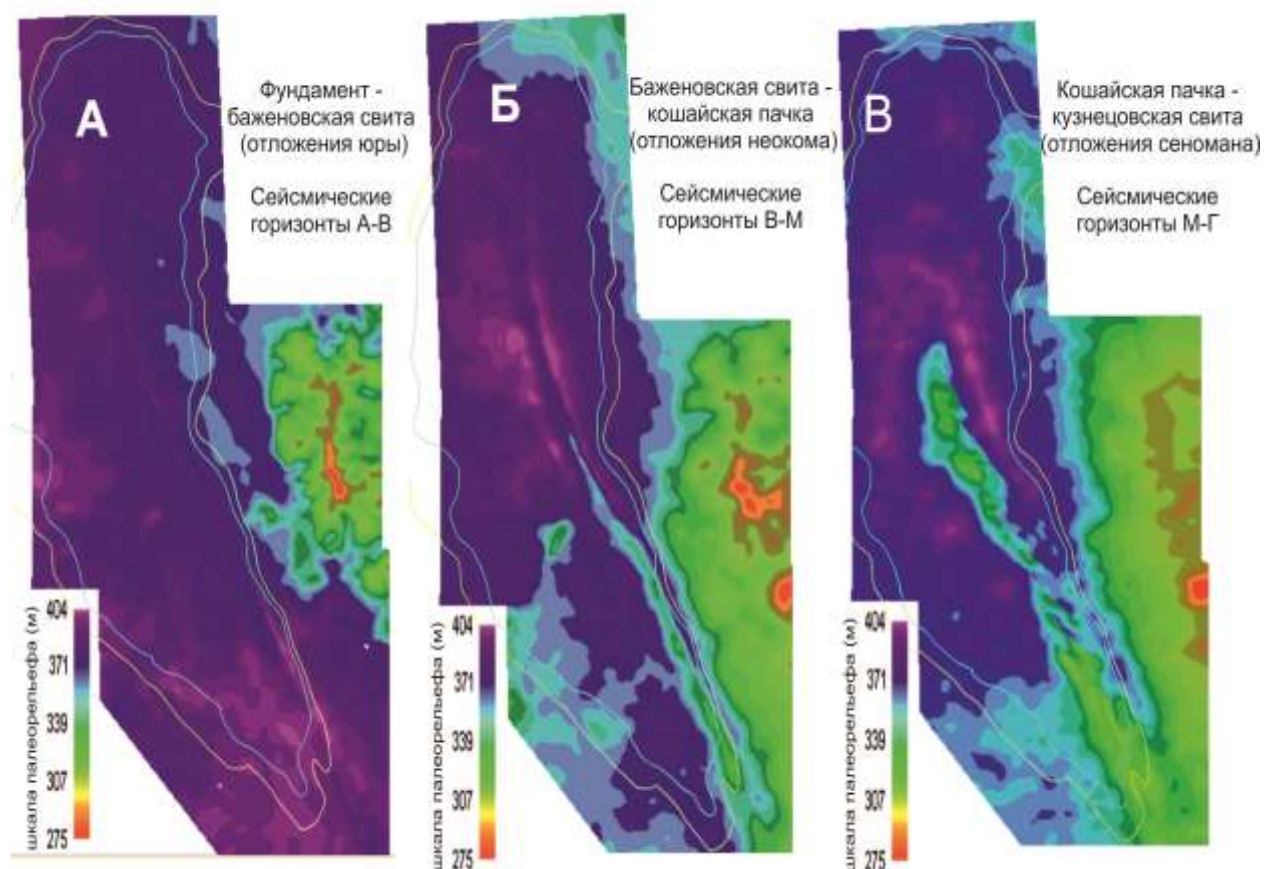


Рисунок 4 – Карты палеорельефа Ваньеганской структуры, построенные по основным реперным горизонтам (авторы Белозеров В.Б., Архипов А.Л., Файенгерц А.В., 2012 г.)

На основе карт палеорельефа, построенных по сейсмическим горизонтам, можно предположить, что неоднородность фундамента проявляется в развитии меридиональных уступов на восточном фланге структуры. При формировании раннемеловых клиноформных комплексов фиксируется накопление субсогласных песчаных тел, отражающих поступательное накопление терригенного материала в прибрежно-морской зоне [Конторович и др., 2000; Лисицын, 1988]. В покурское время формируется новообразованный песчаный комплекс северо-западного простирания, указывающий на конседиментационную природу Ваньеганской структуры и её апт-альб-сеноманское заложение [Александрова и др., 2010; Информационный..., 2010].

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что Ваньеганская структура представляет собой конседиментационное образование, сформированное в результате дискретного уплотнения глинистых и песчаных осадков. Заложение структуры и ее формирование возможно связано с верхнемеловым временем либо с горстообразующим выступом герцинского фундамента. В палеогеографическом плане структура приурочена к переходной зоне, представленной прибрежно-морскими отложениями.

2 БИОСТРАТИГРАФИЯ И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ОСАДОЧНОГО РАЗРЕЗА ВАНЬЕГАНСКОЙ СТРУКТУРЫ

В последние годы устанавливается все больше свидетельств фациальной неоднородности сеноманских отложений в Западной Сибири [Александрова и др., 2010; Космыгин, 2011; Лебедева и др., 2004]. Это существенно затрудняет их диагностику и корреляцию.

Ярким примером подобной ситуации являются отложения верхней части покурской свиты (пласты ПК₁, ПК₂) Ваньеганской структуры. Рядом исследователей [Александрова и др., 2010; Космыгин, 2011; Лебедева и др., 2004] был проведен палинологический анализ, по результатам которого были восстановлены условия осадконакопления и уточнен их возраст. Отложения пласта ПК₁ соответствуют альбскому ярусу и охарактеризованы болотно-маршевыми фациальными условиями. Палинофагии ПК₂ в основном отвечают русловым и прибрежно-морским обстановкам и фиксируют сеноманский возраст отложений.

В данной работе были использованы сведения, полученные в последние годы В.М. Подобиной [Подобина, 2012а, 2012б], поэтому пласты ПК₁₋₂ рассматриваются как исключительно сеноманские отложения.

2.1 Принципы биостратиграфического расчленения верхней части покурской свиты (пласты ПК₁, ПК₂) Ваньеганской структуры

Согласно региональным стратиграфическим схемам, формирование покурской свиты приурочено к границе нижнего и верхнего мела (уватский горизонт). Ее отложения включают осадки аптского, альбского и сеноманского ярусов [Конторович и др., 2000; Подобина, 2012б]. Традиционно считается, что отложения сеномана, развитые на территории Западной Сибири, относятся к континентальным фациям. Для них характерно присутствие палинологических комплексов, остатки листовой флоры и обуглившихся растений. В северных районах в пределах Тазовской и Пурпейской площадей осадки имеют морское происхождение и охарактеризованы комплексами фораминифер позднего

сеномана-турона. Были установлены две зоны фораминифер: верхняя – *Trochammina wetteri*, *T. subbotinae* и нижняя – *Verneuilioides kansasensis* [Подобина, Таначева, 1967; Фораминиферы..., 1964]. После исследования фораминифер и разработки биостратиграфии на территории Тазовской и Пурпейской площадей многие годы не были известны сведения по изучению остатков морских организмов и, в частности, фораминифер. Несколько позднее в печати появилось сообщение об открытии морского сеномана на севере Сибири [Захаров и др., 1989].

Как показали проведенные исследования [Подобина, 1975, 2012а, 2012б] позднесеноманская ископаемая биота состоит, преимущественно, из раковин фораминифер, обнаруженных почти во всех образцах изученных разрезов скважин. Образцы пород, отобранные в верхней части уватского горизонта, представлены в основном серыми алевролитами и песчаниками, с отдельными прослоями темно-серых глин. В этих породах, кроме микрофауны, обнаружены обломки янтаря и обуглившихся древесных остатков. Зачастую присутствуют окремнелые коричневые шарики (оолиты), а также пиритизированные шары (конкреции) и палочки.

Некоторые изменения по вертикали систематического состава фораминифер и литологии вмещающих пород дали возможность установить закономерности в их распространении по разрезам уватского горизонта Западной Сибири. На этом основании проведено детальное расчленение отложений пяти разрезов скважин, где установлены, в верхнем сеномане, три зоны фораминифер (рисунок 5).

Помимо этого, в разрезе Ваньеганской структуры в нижнем туроне найдены многочисленные планктонные фораминиферы рода *Hedbergella*. Подобные формы под названием “Pelagic” обнаружены в нижнем туроне Канадской провинции [McNeil, 1997; Stelck, Wall, 1955; Tappan, 1962; Wall, 1967].

Нижняя зона ($K_2cm^1_2$) *Saccammina micra*, *Ammomarginulina sibirica* включает многие прослои с примитивно устроенными фораминиферами родов

Psammospaera, *Saccamina*, *Hyperammia* и др. Поэтому в название обобщенного комплекса этой зоны введен вид *Saccamina micra* Bulatova. Среди более высокоорганизованных форм отмечаются в основном разнообразные представители надсемейства *Haplophragmiidea* – двух семейств: *Haplophragmoididae* – роды *Labrospira*, *Haplophragmoides* и семейства *Haplophragmiidae* – роды *Ammomarginulina*, *Ammoscalaria*, *Ammobaculites*. В комплексе примитивных форм этой зоны встречаются разнообразные виды рода *Saccamina* и единичные виды родов *Rhabdammina*, *Psammospaera*, *Hyperammia*, *Crithionina* и др. Наряду с агглютинированными в нижней зоне обнаружены единичные виды секретионно-известковых форм родов: *Valvulineria*, *Eponides*, *Cibicides*, *Cibicidoides*, *Anomalinoides*, *Gavelinella*, *Bolivina*, *Praebulimina*, *Heterohelix* [Подобина, 2000, 2012а, 2012б].

Система	Отдел	Ярус	Западная Сибирь		Канада				Северная Аляска	
			Подобина, 2000 и последние данные		Peace River, Alberta (Stelck and Wall, 1955)		Central Alberta (Wall, 1967)		Vermilion Area, Alberta (Nauus, 1947)	
			Горизонт	Микрофаунистические зоны	Формации и пласты	Микрофаунистические зоны	Формации и пласты	Микрофаунистические зоны	Формации и пласты	Микрофаунистические зоны
М Е Л О В Я	В е р х н и й	Т у р о н	Верхний Кузнецовский	<i>Pseudoclavulina hastata</i>	Карбунг (Carbun)	Не выделена	Карбунг (Carbun) Opabium mem.	Не выделена	Ллойдминстер (Lloydminster)	Не выделена
				<i>Gaudryinopsis angustata</i>	Каскаро (Kaskaroo)	Pelagic, <i>Haplophragmoides spiriferensis</i>	<i>Pseudoclavulina sp. (P. hastata)</i>	Lower Pelagic		<i>Rugoglobigerina, Haplophragmoides (?) calypa</i>
		С е н о м а н	Верхний Уватский	<i>Trochammina welleri tumida, Verneuilinoides kamtschatensis</i>	Диньеган (Dinieggan)	<i>Ammobaculites pacalis</i>	Не выделена	Не выделена	Ллойдминстер (Lloydminster)	<i>Haplophragmoides gigas</i>
				<i>Saccamina micra, Ammomarginulina sibirica*</i>	Шайтесбург (Shaitesburg)	<i>Gaudryina ireneensis</i>	<i>Verneuilinoides kamtschatensis</i>	<i>Verneuilinoides kamtschatensis</i>		<i>Gaudryina (?) ireneensis, Trochammina rutherfordi</i>
		В е р х н и й	Уватский						Сибби (Seabee)	

Примечание: Авантит западносибирской зоны верхнего сеномана *Saccamina micra*, *Ammomarginulina sibirica* пока не прослежены в Канадской провинции

Рисунок 5 – Схема биостратиграфии верхнесеноман-туронских отложений Западно-Сибирской и Канадской провинций Арктической области [Подобина, 2012а, 2012б].

Глинистый горизонт *Gaudryinopsis nanushukensis elongatus*, включает, кроме вида-индекса *Gaudryinopsis nanushukensis Tappan subsp. elongatus*

Podobina, такие виды как *Labrospira rotunda* *Podobina*, *Haplophragmoides variabilis* *Podobina*, *Ammoscalaria senomanica* *Podobina*, *Trochammina wetteri* *Stelck et Wall subsp. tumida* *Podobina*, *Verneuilinoides kansasensis* *Stelck et Wall*. Слои с этим комплексом фораминифер обнаруживаются в низах верхней зоны и соответствуют более широкому распространению и углублению бореальной трансгрессии, поэтому в изменившихся условиях обитания могли развиваться усложненные формы атаксофрагмийд – *Gaudryinopsis* и других родов [Подобина 1975, 2012а, 2012б].

Систематический состав фораминифер **верхней зоны ($K_2cm^2_2$)** *Trochammina wetteri tumida*, *Verneuilinoides kansasensis* отличается большим постоянством видов, прослой с примитивными формами почти отсутствуют. Обобщенный комплекс видов верхней зоны – *Trochammina wetteri tumida*, *Verneuilinoides kansasensis* следующий: *Labrospira rotunda* *Podobina*, *Haplophragmoides variabilis* *Podobina*, *Ammobaculites wenonahae* *Tappan*, *Haplophragmium ivlevi* *Podobina*, *Ammoscalaria senomanica* *Podobina*, *Spiroplectammina longula* *Podobina*, *Trochammina wetteri* *Stelck et Wall subsp. tumida* *Podobina*, *Verneuilinoides kansasensis* *Stelck et Wall*, *Gavelinella awunensis* *Tappan*, *Cibicidoides kerisensis* *Vassilenko*. Необходимо отметить, что в породах этой зоны обнаружены различной окраски псевдоморфозы секреторно-известковых форм [Подобина, 1975, 2000, 2012а, 2012б].

Проведено также сопоставление сеноман-туронских комплексов с одновозрастными фораминиферами Арктической Канады [Stelck, Wall, 1955; Тарпан, 1962] и арктического Канадского Архипелага [Wall, 1967]. Однако западносибирские, особенно туронские комплексы фораминифер значительно отличаются от таковых в указанных регионов, так как, по-видимому, развивались в других, возможно, более глубоководных условиях, соответствующих современному шельфу [Подобина, 1975, 1989, 2000, 2009, 2012б].

2.2 Особенности строения пластов ПК₁ и ПК₂ Ваньеганской структуры

Для изученного разреза установлена высокая литологическая и фациальная изменчивость, которая, в целом, характеризует прибрежно-морские условия седиментации. Более детальные фациальные реконструкции осложняются проявлениями углеводородов и контрастными эпигенетическими изменениями осадков. Так, например, дифференциация в разрезе углеводородов и проявления карбонатизации существенно снижают фациальную информативность геофизических методов, в частности элементов сейсмофациального анализа и радиационных методов каротажа [Ахияров, 2005; Дахнов, 1980; Муромцев, 1984; Сахибгареев, 1989].

При использовании традиционных методов реконструкции условий осадконакопления зачастую получают не сопоставимые результаты.

На основании литолого-фациального анализа выявляется разнообразный набор фаций, обусловленный широкими вариациями текстурно-структурных особенностей. При этом зачастую осадки характеризуются наличием дивергентных признаков, характерных как для морских, так и для континентальных отложений. Выявленные неоднородности фиксируются не только в пределах одного пласта, но и сильно отличаются в паре соседних скважин, что затрудняет проведение корреляции фациальных зон в латеральном плане. Помимо этого большое влияние на качество интерпретации оказывает разубоживание керна.

Интерпретация данных ГИС также не позволяет получить точные палеогеографические условия седиментации. В первую очередь это связано с качеством съемок, основной объем которых был проведен в 80-90 гг., а также с газовой шапкой месторождения частично искажающей результаты съемок. Вторым фактором, осложняющим интерпретацию, являются трудности сопоставления фаций, имеющих близкие геофизические характеристики из-за частой смены литологических разностей в разрезе.

Незначительное расстояние между скважинами эксплуатационного фонда предполагает выдержанность литологических особенностей разреза в случае, если его формирование было связано с единым седиментационным циклом. Значительная литологическая неоднородность может свидетельствовать о наличии в строении осадочного разреза ряда циклов, каждый из которых имел свои особенности пространственного развития фациальных обстановок, что и отразилось в значительной литологической изменчивости разреза вблизи расположенных скважин [Вассоевич, 1977; Нежданов, 1990].

Наиболее четко циклическое строение верхнемелового разреза Ваньеганской структуры по данным палинологического, литологического анализов и интерпретации ГИС показано Г.Н. Александровой с соавторами (2010 г.). При этом было отмечено существенное преобладание асимметричных циклитов трансгрессивного характера (проциклит), которые характеризуются постепенным переходом от песчаных разностей к алевроглинистым и почти чистым глинам [Габдуллин и др., 2008]. Значительно реже отмечается регрессивный характер последовательности (рециклит) [Карогодин, 1978, 1980], что в условиях прибрежно-морских обстановок, в большей степени, соответствует эволюции эстуарного бассейна.

В изученном разрезе Г.Н. Александровой с соавторами (2010 г.), было выделено 8 макроциклитов. Итогом исследований по палинологическим и циклостратиграфическим данным рассматриваемой части разреза выделено 8 седиментационных макроциклитов: С1, С2, С3, С4, С5, С6–С7, С8. При этом по мнению авторов [Александрова и др., 2010] циклиты С1–С5 соответствуют пластам ПК₂ – ПК₆, и характеризуются трансгрессивным трендом седиментации с преобладанием маршево-болотных фаций развивающихся в пресноводном – речном бассейне. Циклиты С6–С7 – характеризуют пласт ПК₁, формирование пород которого происходит в русловых, эстуарных и прибрежно-морских обстановок на фоне общей трансгрессии. Макроциклит С8 имеет четко выраженное трансгрессивное строение и соответствует верхней части пласта ПК₁ и нижней части кузнецовской свиты [Александрова и др., 2010].

Сопоставление данных Н.А. Александровой (2010 г.) с результатами В.М. Подобиной (2012 г.) позволяют сопоставлять мегациклиты C3-C4 с зоной *Saccamina micra*, *Ammomarginulina sibirica*, а макроциклиты C5-C7 с зоной *Trochamina wetteri tumida*, *Verneuilioides kansasensis*, зона *Gaudryinopsis nanushukensis elongatus* отвечает маломощному глинистому горизонту между первыми двумя зонами (рисунок 6).

Позднее В.Б. Белозеровым на основании анализа каротажных диаграмм ПС, ИК, ГК, из которых индукционный каротаж являлся базовым, были выделены пласты ПК₁ и ПК₂.

Более детальное расчленение выделенных пластов на пачки проведено на основе анализа литологических особенностей строения этих пластов в скважинах эксплуатационных кустов. В результате проведённого анализа литологической неоднородности разрезов в объёме пласта ПК₁ выделено три литологических пачки (ПК₁¹, ПК₁² и ПК₁³), а в составе пласта ПК₂ – две (ПК₂¹ и ПК₂²). Рассматривая границы выделения пачек, необходимо отметить, что они проводились по кровле или подошве глинистых пропластков и карбонатизированных песчаников.

Сопоставляя полученные данные с корреляцией Г.Н. Александровой, получаем практически полную сходимость проведенных исследований: пласты ПК₂² и ПК₂¹ будут соответствовать мегациклитам C3 и C4, ПК₁³? ПК₁² – C5, для ПК₁¹ – C6–7.

Эти особенности, наряду с резко выраженной латеральной фациальной неоднородностью [Александрова и др., 2010] и эвригалинной ископаемой фауной [Подобина, 2012а, 2012б], предполагают формирование осадочного комплекса в переходной зоне «река-море», соответствующей эстуарным бассейнам.

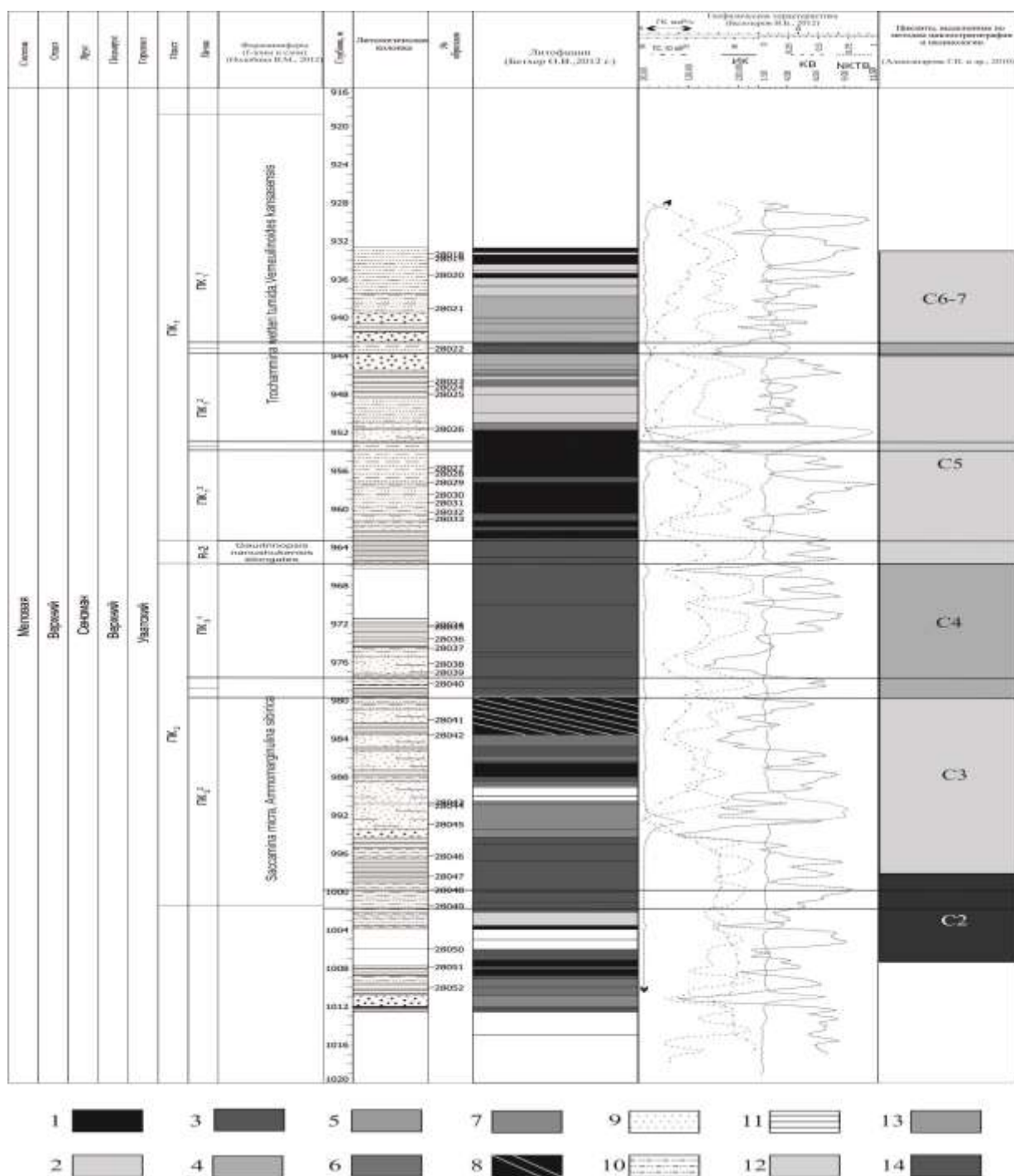


Рисунок 6 – Разрез верхнесеноманских отложений покурской свиты (ПК₁₋₂) скважина № 2010 (составители Архипов А.Л, Файенгерц А.В. (2012), дополненная Афоным И.В. (2014))

Условные обозначения: **литифации:** 1 - алевроито-глинистые и карбонатные осадки малоподвижного мелководья; 2 - глинисто-алевритовые осадки приливно-отливной зоны; 3 - песчано-алевритовые осадки малоподвижного мелководья; 4 - песчаные отложения приливных каналов; 5 - песчано-алевритовые осадки прибрежных частей залива; 6 - алевроито-глинистые и карбонатные осадки центральных частей заливов и лагун; 7 - глинисто-алевритовые осадки изолированных частей заливов и лагун; 8 - чередование 1 и 3. **Литология:** 9 - песчаники; 10 - алевролиты; 11 - глины (аргиллиты). **Палинофации:** 12 - маршево-болотные; 13 - прибрежно-морские; 14 - области сильных течений.

2.3 Текстурно-структурные особенности пород пластов ПК₁ и ПК₂ и их фациальная диагностика

Реконструкцией обстановок осадконакопления в пределах Варьеганского мегавала занимались многие исследователи: В.Х. Ахияров, А.А. Бакиров, В.С. Бочкарев, А.А. Булынникова, Т.И. Гурова, В.И. Ермаков, Ю.Н. Карогодин, А.Н. Кирсанов, А.Э. Конторович, А.А. Нежданов, С.Г. Саркисян, Г.Н. Александрова, Ф.И. Толмачев, В.А. Космыгин, А.В. Постников, С.Н. Карпов [Александрова и др., 2010; Конторович и др., 2000; Космыгин, 2011; Информационный., 2010; Постников и др., 2007, Рудаковская, 2004; Технологическая., 2008; Полномасштабная разработка., 2008] и многие другие. Полученные ранее результаты свидетельствуют о том, что седиментация происходила в области эпиконтинентального морского бассейна в континентальных, прибрежно-морских и морских фациальных обстановках с различной гидродинамикой среды [Александрова и др., 2010; Космыгин, 2011; Лебедева и др., 2004]. Последние исследования подчеркивают преимущественно дельтовые обстановки формирования для ПК₂ и сильно обводненные прибрежно-дельтовые обстановки для ПК₁ [Александрова и др., 2010; Лебедева и др., 2004]. Данная модель хорошо укладывается в рамки фациальных неоднородностей, подчеркивая резкую вертикальную и горизонтальную изменчивость осадков. Помимо этого можно предположить эстуарные условия осадкообразования, характеризующиеся сходным набором признаков. При этом наблюдается сохранение как новообразованных, так и реликтовых фациальных групп, которые отражают совокупную палеогеографическую характеристику морского бассейна.

Литофациальная диагностика верхнемеловых отложений Ваньеганской структуры основывается на результатах структурно-текстурных особенностей пород, слагающих разрезы верхов покурской свиты (скважины №№ 1002, 2010, 2050, 2031, 3618).

На основании текстурно-структурных особенностей были выделены три генетические группы фаций: континентальные, переходные и морские [Алексеев, 2002; Атлас., 1962; Вылцан, 2002; Градзиньский и др., 1980;]. Первая группа включает в себя отложения русел.

Русловые отложения представлены песчаными осадками, характеризующимися повышенной мощностью единичных псаммитовых прослоев до 18 метров, но отличающиеся неясной слоистостью, с уменьшением зернистости вверх по разрезу. Здесь более широко и отчетливо проявлены мелкая, косая, штриховатая и диагональная типы слоистости. Локальная неоднородность образований также подчеркивается присутствием галек и линзочек алевроито-глинистого материала и субслоистыми включениями обугленного растительного детрита (рисунок 7г, д). В основании подобных слоев (скв. № 1002 – инт. 993,28-994,42 м, скв. № 3618 – инт. 1030,59-1035,6 м) устанавливаются признаки эрозионного размыва, в виде включений гравия и гальки (рисунок 7 а, б). Контакт с перекрывающими породами постепенный [Алексеев, 2002; Недоливко, 2008; Чернова, 2004; Boyd et al., 1992; Miall, 1996;Smith, 1999].

Группа переходных фаций включает в себя маршево-болотные и дельтовые фации.

Отложения маршево-болотных фаций представлены алевроито-глинистым материалом, иногда в отдельных слойках обнаруживаются небольшие прослои песчаника (до 0,5 см). В текстурном плане породы характеризуются параллельной, горизонтальной, неясной слоистостью, участками может отмечаться градационная слоистость (рисунок 8б). Осадки насыщены растительным углефицированным детритом, помимо этого отмечаются редкие вкрапления пирита (рисунок 8а) и сидерита [Вылцан, 2002; Недоливко, 2008, Чернова, 2004].

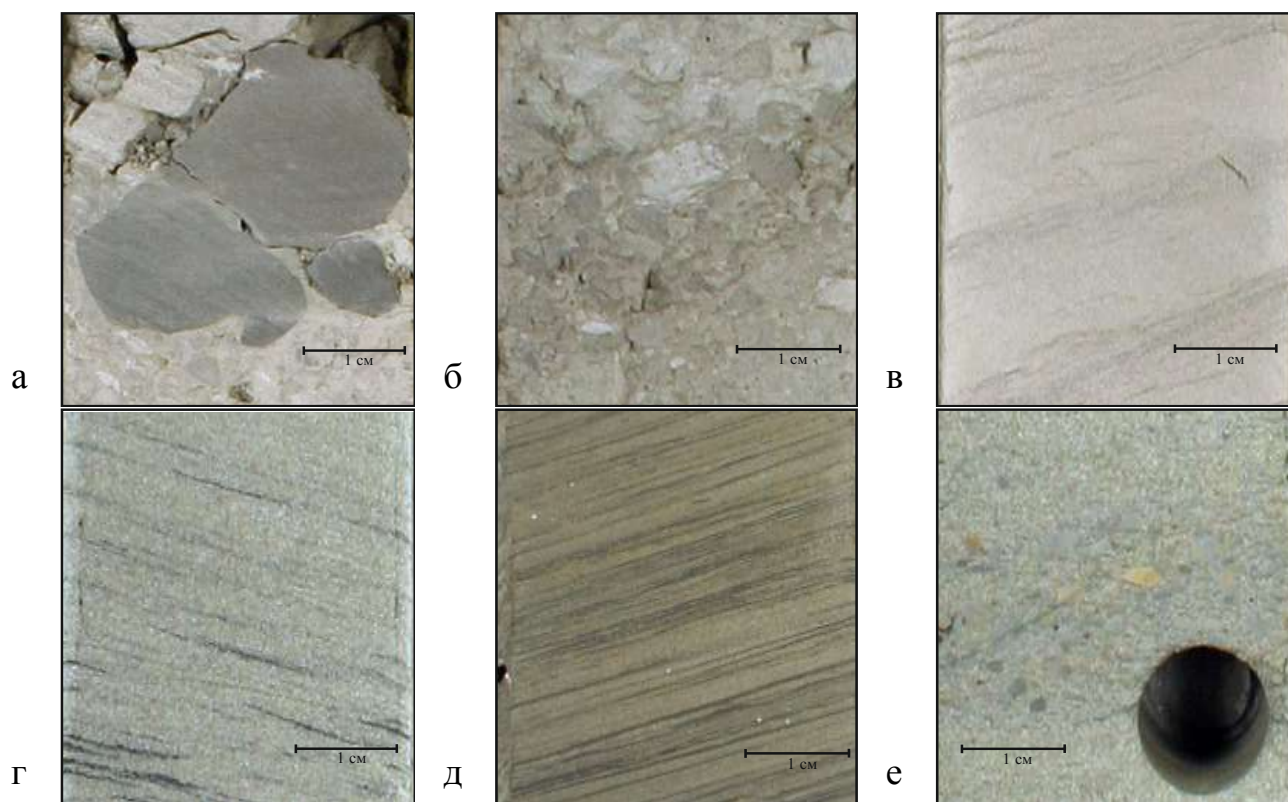


Рисунок 7 – Тектурные особенности пород русловой фации

а, б – признаки эрозионного размыва в русловых песчаниках; в – неясная диагональная слоистость; г, д – косая слоистость, подчеркнутая включениями углистого материала; е – включения галек в русловых отложениях.

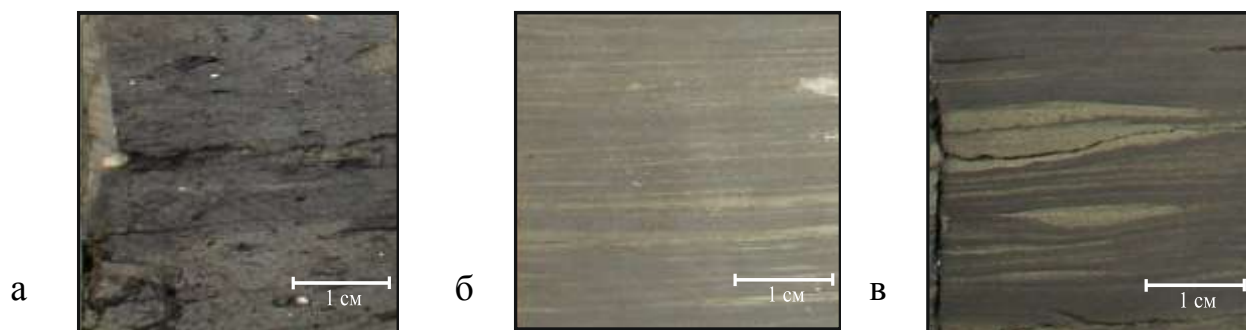


Рисунок 8 – Тектурные особенности пород маршево-болотной фации

а – включения пирита; б – тонкая горизонтальная слоистость; в – включения линзочек песчаного материала.

Дельтовые отложения характеризуются максимальной неоднородностью и отличаются чередованием псаммитов мощностью от 7 до 12 м, с маломощными (до 30 см) алевритовыми и глинистыми прослоями. Песчаники обладают хорошей сортировкой материала с примесями внутриформационных конгломератов или интракластов аргиллитов, галькой сидерита, фрагментов растительных остатков (рисунок 9 а-г). Для отложений этого типа отмечается тесная ассоциация косой и плоско-параллельной слоистости (рисунок 9 д-е)

[Вылцан, 2002; Градзиньский и др., 1980; Недоливко, 2008; Сазонов и др., 2011].

Группа морских фаций представлена отложениями приливных каналов, приливно-отливных зон, аккумулятивных форм, лагун и заливов и подвижного мелководья.

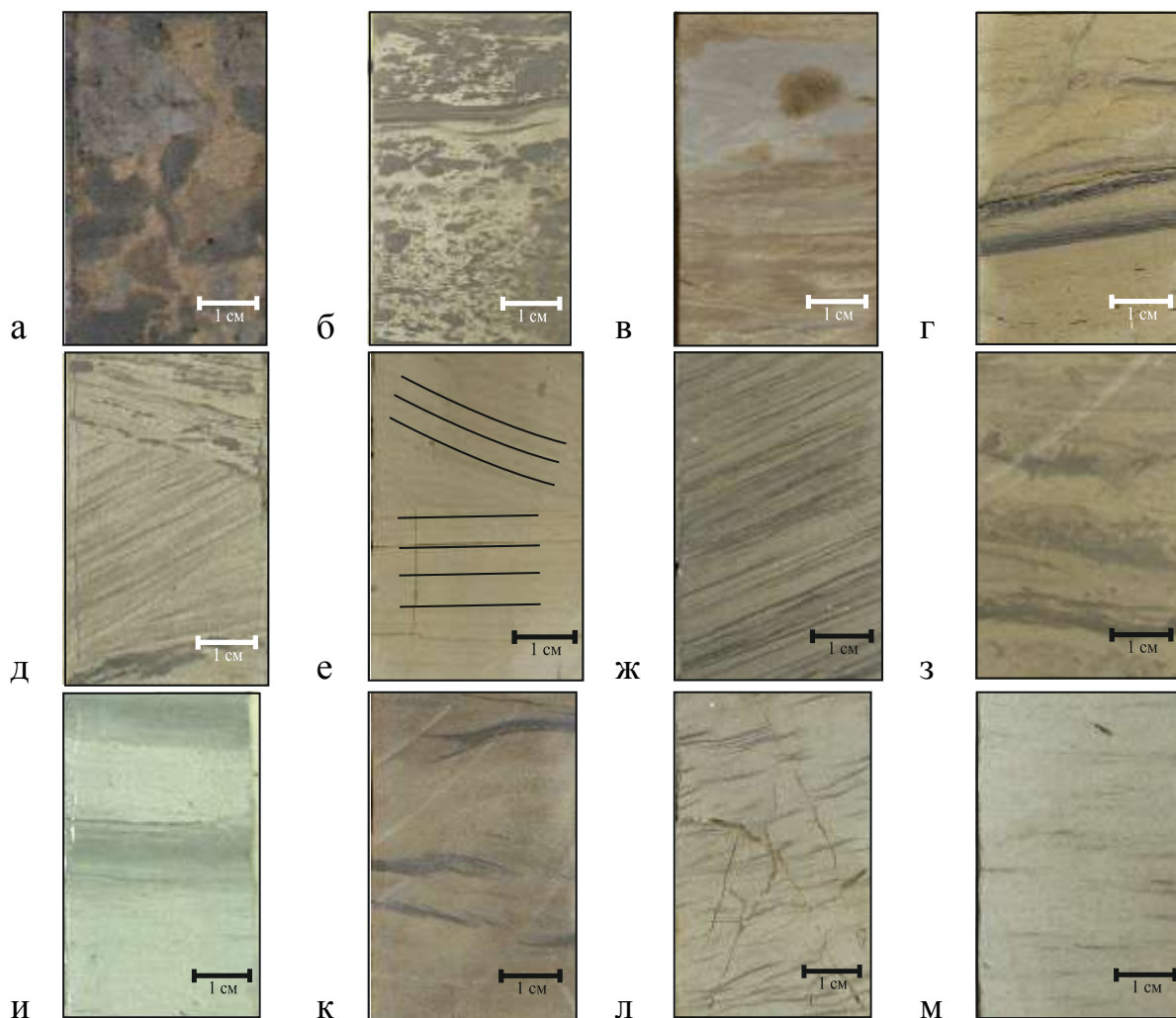


Рисунок 9 – Текстурные особенности пород фации дельт, приливных каналов и аккумулятивных форм

а – внутрифациальные конгломераты; б – интракласты аргиллитов; в – включения сидерита; г – прослои обугленных растительных остатков; д, е – сочетание параллельной и косой слоистости; ж – косая слоистость в отложениях приливных каналов; з – следы слабой биотурбации в отложениях приливных каналов; и – цикличность отложений приливных каналов; к – изогнутые включения углисто-глинистого материала; л – пологоволнистая слоистость; м – штриховая текстура осадков аккумулятивных форм.

Для фаций приливных каналов устанавливается четкая последовательность литотипов. В основании обнаруживаются прослои,

обогащенные гравийным и галечным материалом. Выше отмечается грубое переслаивание песчаников (от 10 до 1 м), алевропесчаников и алевролитов (от 3 до 30 см). При этом мощность псаммитовых слоев в 1,5-2 раза превышает мощность осадков более мелкозернистых разностей. Характерной особенностью песчаников является четко выраженная косая слоистость и слабая степень их сортированности. Практически во всех случаях установлено перекрытие данных отложений алевролитовыми и алевролито-глинистыми образованиями, которые несут признаки слабой биотурбации (рисунок 9 ж-и) [Алексеев, 2002; Атлас., 1962; Недоливко, 2008; Рединг, 1990; Boyd et al., 1992; Davis, Dalrymple, 2012].

Фация аккумулятивных форм представлена мощными от 1 до 5,3 м, относительно однородными песчаными слоями с редкими проявлениями штриховой текстуры, неотчетливой горизонтальной слоистостью, с маломощными пологоволнистыми прослоями и нитевидно изогнутыми включениями алевролито-глинистого материала (рисунок 9 к-м). Фрагментарно установлена косая слоистость с неотчетливыми границами серий и включения неокатанных обломков алевролито-глинистых пород [Атлас., 1962; Недоливко, 2008; Сазонов и др., 2011 Чернова, 2007; Boyd et al., 1992].

Осадки приливо-отливной зоны характеризуются бимодальным ритмичным переслаиванием алевролитов и тонкозернистых песчаников с аргиллитами и алевролитами мощностью (от 10 до 50 см). Для этих образований характерно преобладание линзовидной и косослоистой текстур на фоне резко подчиненного массивного, полого- и горизонтально-слоистого строения. В тонкозернистых разновидностях присутствуют диспергированная органика и признаки биотурбации (рисунок 10) [Алексеев, 2002; Лидер, 1986; Сазонов и др., 2009; Davis, Dalrymple, 2012].

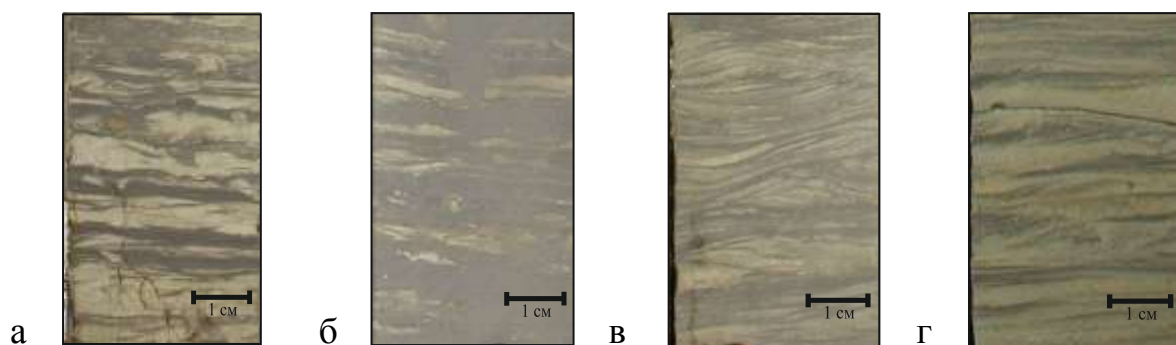


Рисунок 10 – Текстурные особенности пород приливно-отливной зоны
а – биотурбация; б – линзовидно-слоистая текстура; в – сочетание полого-косой и линзовидной текстур; г – фрагмент горизонтальной и пологой текстур.

Отложения лагун и заливов представлены ассоциацией алевро-аргиллитовых карбонатсодержащих осадков с тонкозернистым составом слагающих ее пород с локальными проявлениями (мощностью от 3 см до 1 м) средне-мелкопесчаных и крупно-алевритовых слоев. Алевроитовые разности отличаются горизонтально-слоистым строением и присутствием стяжений пирита и сидерита (рисунок 11 а-в). Псаммитовые образования характеризуются средней или хорошей сортировкой, горизонтальной и волнистой слоистостью. Карбонатные породы, как правило, массивные и состоят из кальцита и сидерита (рисунок 11 г), часто в них присутствуют органические остатки [Атлас., 1962; Чернова, 2007, Reading, 1996].

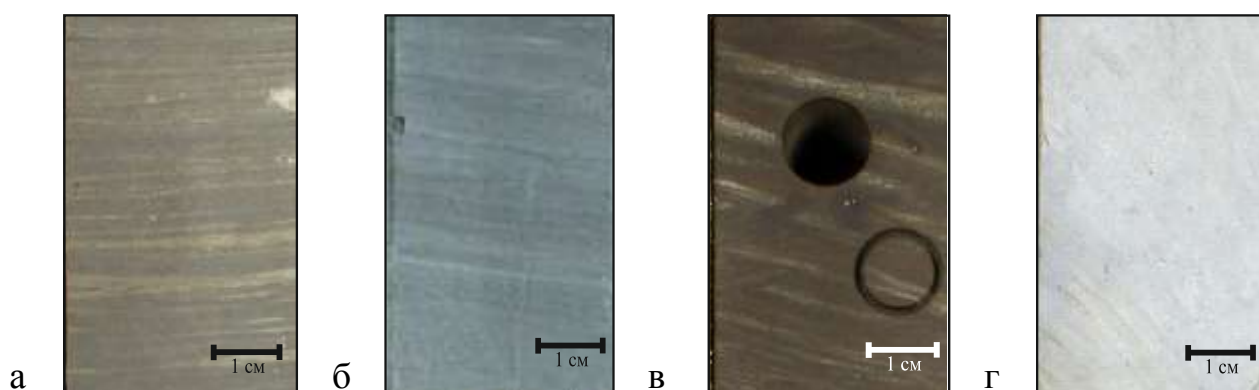


Рисунок 11 – Текстурные особенности отложений заливов и лагун
а, б – горизонтально-слоистая текстура; в – пиритизированные прослои в алевролитах;
г – карбонатизированные осадки.

Фации подвижного мелководья представлены двумя типами. Первый – умеренно подвижное мелководье – характеризуется чередованием сопоставимых по мощности (от 1 до 5 см) алевроитовых и песчаных слоев.

Помимо литологической неоднородности устанавливается и текстурно-структурная вариативность, выраженная в циклической смене по разрезу пород с мелкой косой, штриховой слоистостью – с одной стороны, и пологоволнистой, флазерной слоистостью – с другой (рисунок 12 а,б). Подобная дискретность подчеркивает изменчивость гидродинамической активности среды осадкообразования на фоне ее снижения [Алексеев, 2002; Атлас., 1962; Недоливко, 2008; Boyd et al., 1992].

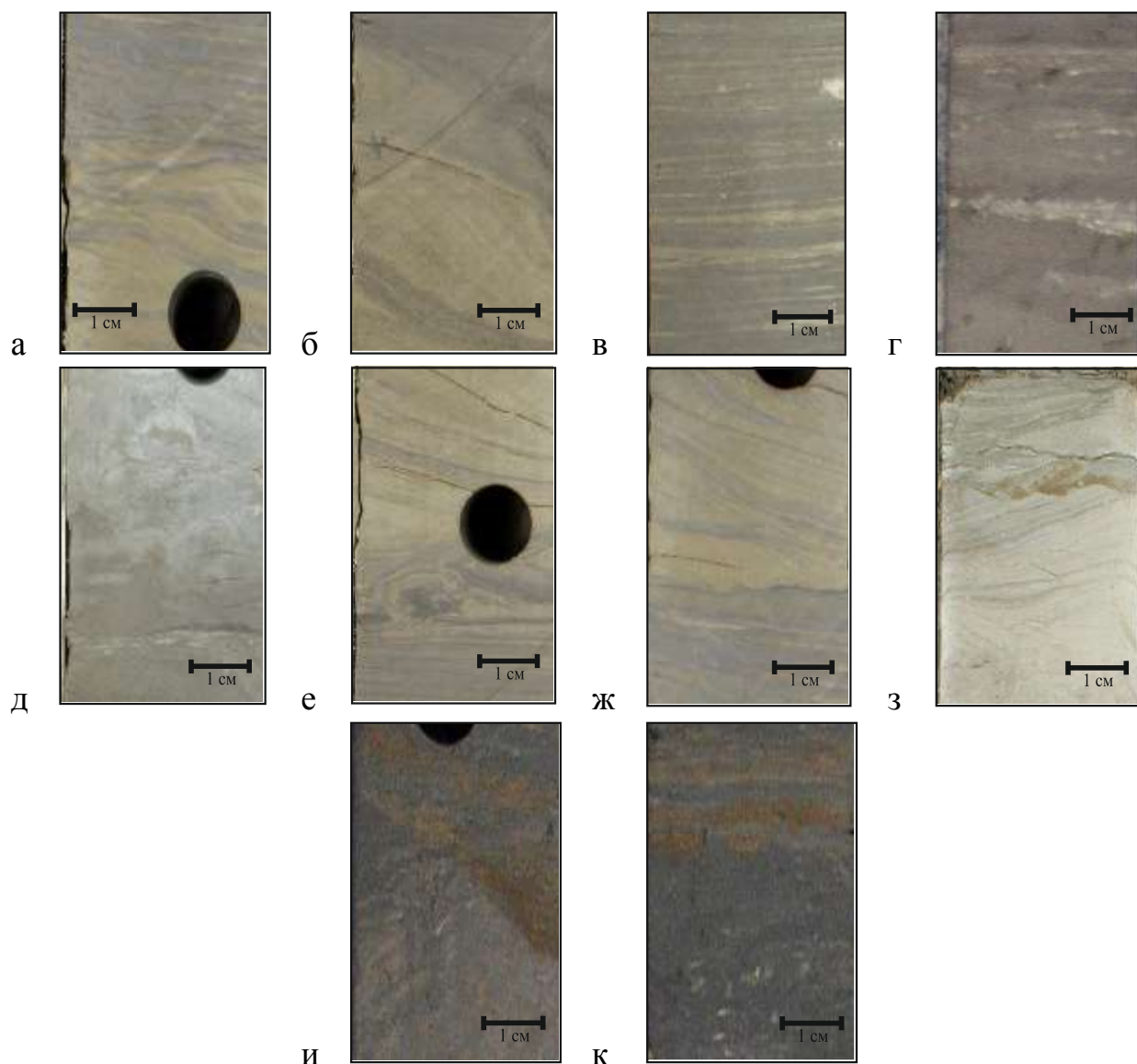


Рисунок 12 – Текстуры особенности фации подвижного мелководья
а – пологоволнистая слоистость; б – текстуры взмучивания и пологой слоистости; в – параллельная слоистость; г – фрагмент линзовидной слоистости; д – текстура взмучивания; е – сочетание текстуры взмучивания и выполаживающейся слоистости; ж – наклонная и волнистая слоистости; з – выполаживающаяся слоистость; и,к – прослои сидерита.

Второй тип – малоподвижное мелководье – представлен алевроито-песчано-глинистыми отложениями и отличается равномерным чередованием маломощных (от 1 –до 5 см) прослоев мелко-тонкозернистых песчаников, алевропесчаников, алевролитов и аргиллитов. Для этих образований характерны массивные, параллельно, линзовидно-слойчатые, пологоволнистослоистые текстуры в различных комбинациях; в этом типе устанавливаются признаки оползневых и взмученных текстур (рисунок 12 в-ж). В отдельных линзовидных слоях мелкозернистых песчаников наблюдается тонкая косослойчатая постепенно выполаживающаяся текстура (рисунок 12 з). В ряде случаев устанавливаются локальные прослои скрытокристаллических сидеритов, мощностью до нескольких миллиметров (рисунок 12 и-к) [Алексеев, 2002; Атлас., 1962; Недоливко, 2008; Рединг, 1990; Чернова, 2004].

Исходя из того, что на долю континентальных фаций приходится около 10 % суммарного объема исследуемого фрагмента покурской свиты, объем морских осадков составляет 64 %, а переходных – 26 %, подобный характер распределения фациальных групп предполагает формирование изученных отложений на границе море-суша в приустьевой зоне крупного водотока.

2.4 Палеогеографические реконструкции по результатам литологических исследований

В качестве подтверждения гипотезы о существовании эстуарного бассейна были рассмотрены карты общей песчанистости и проанализирована морфология песчаных образований в совокупности с ранее проведенным литофациальным анализом.

По результатам проведенного литофациального анализа были отстроены фациальные разрезы (приложения А-Д). После чего по каждой отдельной скважине для исследуемых пластов ПК₁ и ПК₂ был произведен подсчет мощностей фациальных групп, которые были выделены автором для упрощения задачи и уменьшения объема выборки (таблица 1).

Анализируя полученные данные можно заключить, что преобладающим режимом осадкообразования на изучаемой территории был мелководно – морской, что в свою очередь подтверждается микрофаунистическими исследованиями [Подобина, 2012а].

В то же время в изученных разрезах устанавливается латеральная и вертикальная дискретность распределения конкретных фаций и фациальных групп, что затрудняет реконструкцию палеогеографических условий формирования верхнесеноманских отложений. С этой целью рассмотрим более подробно изменения морфологии песчаных пластов в сочетании с фациальными вариациями и проследим пространственно-временную эволюцию.

По уровню накопления песчанисто-алевритовых осадков пачка ПК₂² является наиболее крупнозернистой (рисунок 13), при этом тела наибольшей мощности образуют две конические зоны с северо-западным раскрытием в центральной и северо-западной частях Ваньеганской структуры. Морфология и пространственная позиция этих зон позволяет рассматривать их в качестве комплексов ближней и дальней авандельты. При этом наличие узкой северо-западной зоны мелкозернистых осадков, пересекающей дальнюю авандельту, позволяет предполагать наличие слабого приливного канала, способствующего разрушению дельтовых построек.

Вертикальная фациальная изменчивость осадконакопления в пределах данной пачки проанализирована по трем разрезам, характеризующим ближнюю авандельту (скв. № 2010, инт. 990,45-1012,17 м) и зону, разделяющую два авандельтовых комплекса (скв. № 2031, инт. 999,72-1028,4 м; скв. № 3618, инт. 1006,20-1031,14 м). В пределах ближнего авандельтового комплекса (скв. № 2010, инт. 990,45-1010,03 м) основной объем пласта сложен мелководными песчано-алевритовыми осадками с однородными и линзовидными текстурами, подчеркивающими формирование пород в зонах конусов выноса с незначительной активностью среды. Изобилие послойно ориентированных крупных пластинок углефицированного детрита, предполагает формирование

данных осадков в условиях затухания дельтового фронта [Ежова, 2005; Davis, Dalrymple, 2012; Moore et al., 2009; Smith, Rogers, 1999].

Таблица 1 – Соотношение мощностей осадков выделенных фациальных групп

Скважина	Пачка	Морские фации		Переходные фации		Континентальные фации	
2010 (центр)	ПК ₂	$\frac{31,0}{39,8}$	78%	$\frac{8,8}{39,8}$	22%		
	ПМ	$\frac{2,9}{2,9}$	100%				
	ПК ₁	$\frac{22,6}{32,2}$	70%	$\frac{9,6}{32,2}$	30%		
2031 (запад)	ПК ₂	$\frac{27,8}{49}$	57%	$\frac{8,5}{49}$	17%	$\frac{12,7}{49}$	26%
	ПМ	$\frac{3}{3}$	100%				
	ПК ₁	$\frac{10,2}{37,6}$	27%	$\frac{27,4}{37,6}$	73%		
1002 (юг)	ПК ₂	$\frac{3,5}{17,8}$	20%			$\frac{14,3}{17,8}$	80%
	ПМ	$\frac{2,9}{2,9}$	100%				
	ПК ₁	$\frac{24,2}{40,4}$	60%	$\frac{16,2}{40,4}$	40%		
3618 (восток)	ПК ₂	$\frac{35,2}{42,2}$	84%	$\frac{7}{42,2}$	16%		
	ПМ	$\frac{3,1}{3,1}$	100%				
	ПК ₁					$\frac{4,1}{4,1}$	100%
2050 (север)	ПК ₂	$\frac{16,3}{17,5}$	93%	$\frac{1,2}{17,5}$	7%		
	ПМ	$\frac{10}{10}$	100%				
	ПК ₁	$\frac{5,5}{5,5}$	100%				
Примечание: числитель – мощность фации, м; знаменатель – общая мощность пачки, м;							

Общий разрез осложняется наличием периодического проявления зон малоподвижного мелководья и приливно-отливных зон, отражающих снижение и последующее резкое возрастание динамики морских вод (инт. 1012,17-1012,0 м; 1012,0-1009,06 м; 1003,92-1003,52 м; 1003,52-1002,12 м). При этом интервалы, отвечающие пониженной гидродинамике, слагаются алеврито-глинистыми (инт. 1012,17-1012,0 м) и алеврито-глинисто-карбонатными (инт. 1003,92-1003,52 м) осадками, а их формирование свидетельствует о снижении

речной активности и осадчением тонкозернистого материала из морской взвеси.

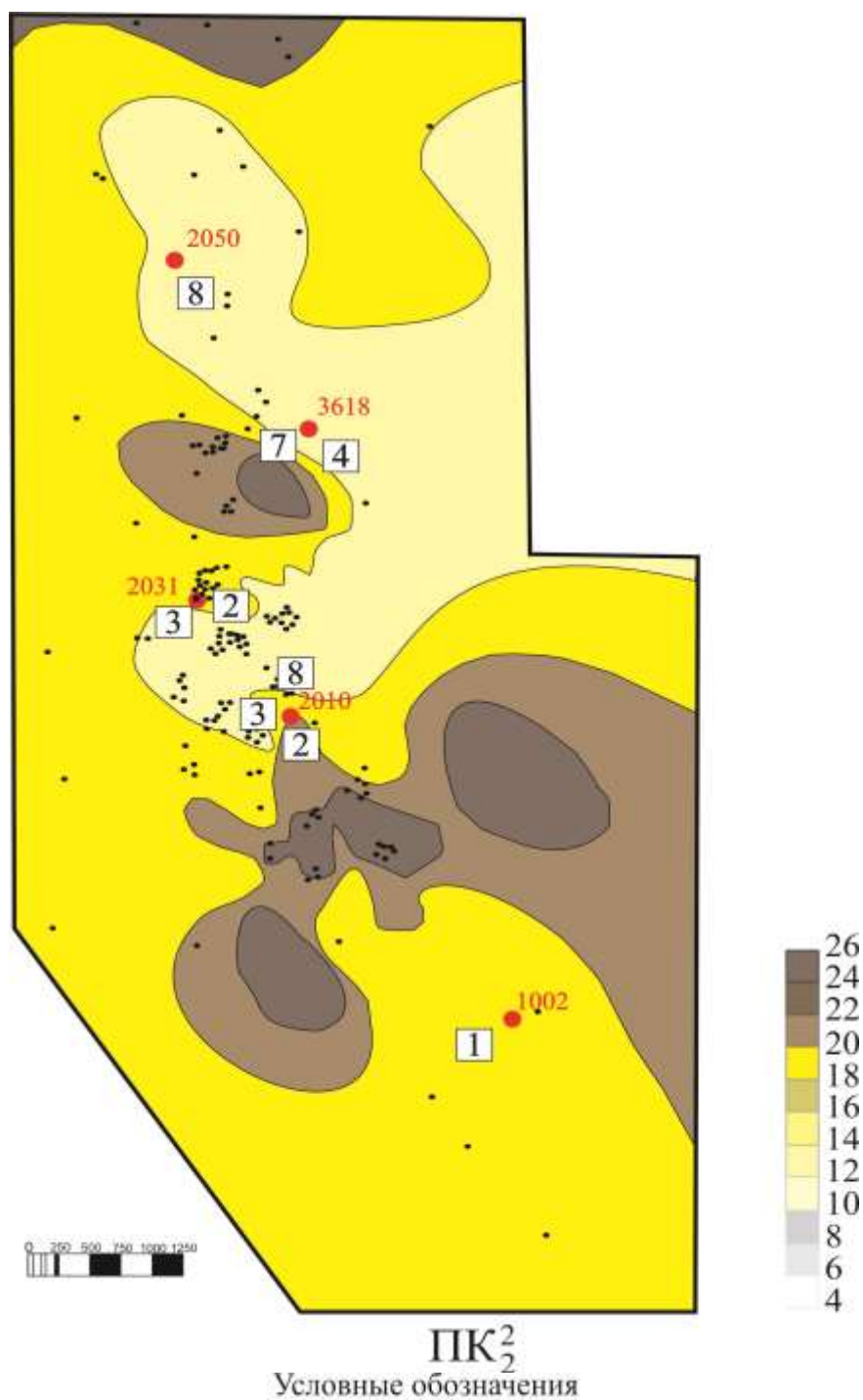


Рисунок 13 – Карта общей песчанистости пачки $ПК_2^2$ (авторы Белозеров В.Б., Архипов А.Л., Файенгерц А.В., 2012 г.)

Условные обозначения:

1 – скважины без отбора керна; 2 – опорные скважины с выносом керна; 3 – литофации: 1 – русловые фации; 2 дельтовые фации; 3 – приливно-отливные зоны; 4 – маршево-болотные фации; 5 – фации приливных каналов; 6 – фации аккумулятивных форм; 7 – фации заливов и лагун; 8 – фации подвижного мелководья

Наличие морской активности подчеркивается формированием неяснослоистых алевроито-песчаных осадков аккумулятивных форм (инт. 1012,0-1009,06 м), отражающих волноприбойную деятельность и линзовидных псаммитовых пород с деформационными текстурами, которые указывают на размыв и переотложение (инт. 1003,52-1002,12 м) при усилении приливной деятельности [Billy et al., 2012; Davis, Dalrymple, 2012; Dalrymple, 2006].

В верхней части разреза (инт. 996,72-990,45 м) устанавливается поступательный рост гидродинамической активности, который выражается в увеличении доли песчаной составляющей осадков. Отложения характеризуются наличием однородных, линзовидных, волнисто-слоистых (инт. 996,72-994,3 м), неяснослоистых (инт. 994,3-993,51 м) и косослоистых (инт. 993,51-990,5 м) текстур, отражающих приливную активизацию. Завершается разрез интенсивно карбонатизированными алевролитами и песчаниками с неравномерной сидеритизацией.

Зона, разделяющая два авандельтовых комплекса, характеризуется латеральной неоднородностью, определяющей изменение гидродинамического режима в северном направлении. Так в разрезе скважины скв. № 2031, максимально приближенной к ближней авандельте, снизу вверх устанавливается четыре фациальных комплекса. В основании разреза (инт. 1015,93-1028,4 м) залегает относительно мощный слой русловых светло-серых массивных песчаников с неясной, реже косой слоистостью, которая подчеркивается распределением углефицированного растительного детрита. Данный комплекс перекрывается серыми и темно-серыми пятнистыми (вследствие сидеритизации), иногда с облачной текстурой алевроито-глинистыми осадками (инт. 1015,93-1009,41 м), сопоставимыми с отложениями лагунных или заливных фаций. Выше по разрезу (инт. 1009,41-999,75 м) эти породы постепенно сменяются циклическим чередованием песчано-алевритовых и алевроито-глинисто-карбонатных осадков с более четко проявленной параллельной, линзовидной, реже косой слоистостью. Для данного фрагмента характерно циклическое строение (4 цикла), выраженное в

последовательной смене: песчаники – переслаивание алевролитов и песчаников – алевролиты – аргиллиты или глинистые сидеритизированные алевролиты с однородной или облачной текстурами. Это указывает на формирование слоя в условиях затухающего дельтового конуса выноса, который осложняется воздействием приливно-отливных течений [Иванов и др., 1977; Billy et al., 2012; Davis, Dalrymple, 2012; Nouidar, Chellai, 2001]. Верхняя часть разреза (инт. 999,75 – 998,4 м) представлена бимодальным ритмичным переслаиванием алевролитов и тонкозернистых песчаников с неясно-, полого-, линзовидно- и косослоистыми текстурами, фиксирующими существенную активизацию приливно-отливной деятельности [Алексеев, 2002; Davis, Dalrymple, 2012].

По мере удаления на север изменяется структура авандельтового комплекса. В основании разреза скважины № 3618 на интервале 1030,49-1028,5 м в разрезе преобладают алевролиты, а песчаники присутствуют в виде тонких линз серого или буровато-серого цвета, также отмечается мелкая пологая волнистая слоистость, широкое развитие углефицированного детрита предполагает формирование данного комплекса в заболоченных участках дельтовой равнины. Выше по разрезу (инт. 1028,5-1026,4 м) алевролиты сменяются достаточно выдержанным пластом серых мелкозернистых сидеритизированных песчаников с выраженной косослоистой текстурой (дельтовые потоковые фации). Песчаники перекрываются алевроито-глинистыми отложениями. При этом в интервале 1026,4-1022,1 м устанавливаются углистые прослои, соответствующие осадконакоплению в условиях зарастающего русла, которые вверх по разрезу сменяются карбонатизированными разностями, что говорит о накоплении осадков в прибрежно-морской лагуне [Алексеев, 2002; Pritchard, 1967; Van Rijl, 1984].

Таким образом, формирование пачки ПК₂² происходило в условиях преобладающей активности пресных вод, которая осложнялась периодическим возрастанием приливной деятельности морских вод. Это выразилось в накоплении алевроито-глинистых и алевроито-глинисто-карбонатных осадков, а также обеления кровельных зон циклитов, подчеркивающих зону

суспензионных отложений [Lanier et al., 1993]. Подобный сценарий может быть реализован в головных зонах эстуарных систем, где осадки дельтовых комплексов часто перемываются приливными и волноприбойными течениями и переслаиваются с илистыми отложениями [Kim, Voulgaris, 2008; Lanier et al., 1993; Wells, 1995]. Характер распределения прибрежно-морских фаций в изученных разрезах предполагает активность приливной деятельности (рисунок 14) [Dalrymple, 1989, 1992, 2003, 2007; Perillo, 1995].



Рисунок 14 – Распределение основных морфологических элементов приливного эстуария [Dalrymple, 1989; Perillo, 1995]

Пачка $ПК_2^1$ характеризуется падением значений общей песчанистости по сравнению с нижележащей пачкой (рисунок 15). В центральной части площади образуется узкий канал-промыв, вероятно связанный с активизацией морских вод. Этот факт подтверждает морфология размытых дельтовых конусов выноса, позиция которых меняется с северо-западной на юго-восточную. В южной части площади отмечаются небольшие песчаные тела, что предполагает общее смещение дельты в этом направлении.

Фациальная неоднородность пачки $ПК_2^1$ изучена на основании пяти разрезов, среди которых выделяются дельтовая зона (скв. № 1002, инт. 988,61-972,45 м), маршево-болотная зона (скв. № 3618, инт. 1002,53 – 1013,8 м), зона суспензионных потоков (скв. №№ 2031 и 2010, инт. 981,05-994,81 и 974,69-988,16 м) и зона открытого морского бассейна (скв. № 2050, инт. 1032,55-1040,4 м).

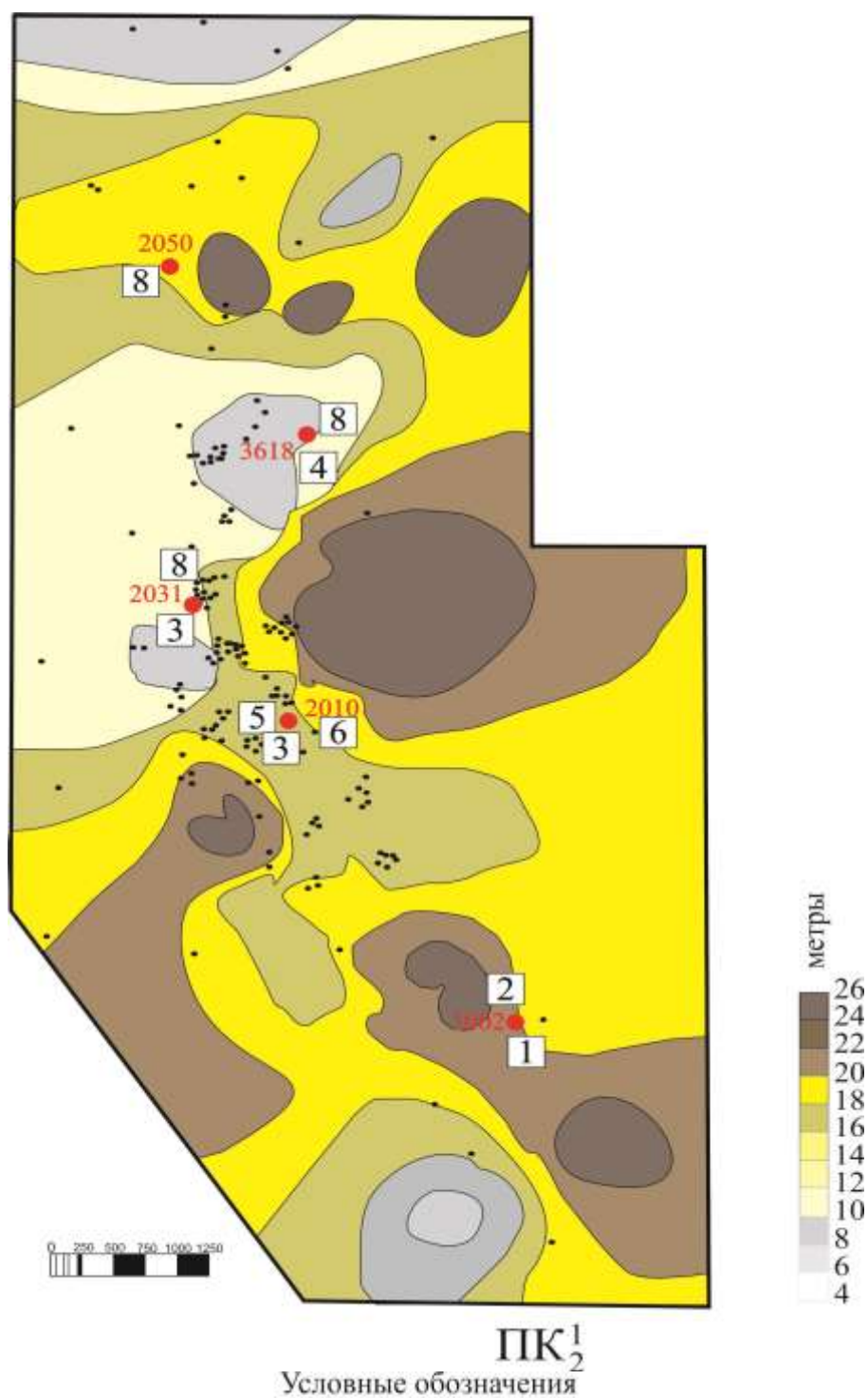


Рисунок 15 – Карта общей песчанистости пачки ПК₂¹ (авторы Белозеров В.Б., Архипов А.Л., Файенгерц А.В., 2012 г.)

Условные обозначения:

1 – скважины без отбора керна; 2 – опорные скважины с выносом керна; 3 – литофации: 1 – русловые фации; 2 дельтовые фации; 3 – приливо-отливные зоны; 4 – маршево-болотные фации; 5 – фации приливных каналов; 6 – фации аккумулятивных форм; 7 – фации заливов и лагун; 8 – фации подвижного мелководья

Зона дельтовых отложений (скв № 1002, инт. 988,61-972,45 м) характеризуется песчано-алевритовыми осадками с косой, разнонаправленной и плоско-параллельной слоистостью, при этом отмечаются поверхности размыва и внутриформационные конгломераты с глинистыми интракластами, изредка встречается углефицированный растительный детрит [Ежова, 2005]. Песчаники отличаются мультислойной, косой слоистостью с редкими алеврито-глинистыми слоями [Reading, 1996; Чернова, 2004]. Повышение алевритовой составляющей в данной зоне (инт. 988,61-989,07 м) говорит о постепенном снижении активности руслового потока на фоне медленно наступающей трансгрессии [Подобина, 2012а]. Выше по разрезу данные отложения перекрываются осадками лагун.

Зоны накопления суспензионных осадков вскрыты скважинами №№ 2031 и 2010, при этом отмечается латеральная изменчивость, выраженная в вариациях состава и строения осадков. Так, разрез, вскрытый скважина № 2010 (инт. 974,69 – 988,16 м), складывается преимущественно алеврито-песчаным материалом фации аккумулятивных форм, что указывает на переменную активность морских и пресных вод, размывающих ранее образованные конусы выноса [Kim, Voulgaris, 2008]. Породы характеризуются мелко-, тонкозернистыми структурами, и мелкой косой, прерывистой, также отмечаются пологоволнистая, фазерная слоистость и текстуры взмучивания. Линзовидные образования песчаников обусловлены волновой деятельностью [Davis, Dalrymple, 2012; Dalrymple, 1989, 1991, 2005, 2007; Nyman et al., 1995].

По мере удаления от центральной части площади скв. 2031 (инт. 981,05-994,81 м) осадки сменяются на более тонкозернистые - алеврито-глинистые, характеризующиеся параллельной и слабо выраженной линзовидной слоистостью, что говорит о проявлении приливно-отливной деятельности. Отмечаются интервалы (инт. 987,04-988,31 м; 992,42-992,96 м), соответствующие повышенной гидродинамике морских вод. Они сложены песчано-алевритовыми осадками с горизонтальной, пологоволнистой, тонкой косослойчатой выполаживающейся слоистостью.

Восточнее, скважиной № 3618 (инт. 1002,53 – 1013,8 м) вскрыты алевроито-глинистые осадки массивные, горизонтальнослоистые. Повышенное количество углефицированного детрита в осадках фиксирует формирование в условиях старицы или болота. Выше по разрезу (инт. 1002,53-1004,05 м) отмечаются глинисто-алевритовые породы, которые характеризуются линзовидно- и косослоистыми текстурами, что на фоне слабой биотурбации и обильного детрита подчеркивает маршево-болотную природу данных осадков.

В северной части исследуемой площади (скв. № 2050) фиксируется сугубо морской режим седиментации, который выражается в существовании различных видов переслаивания песчано-алеврито-глинистого материала. Во-первых, алевролиты с тонкими прослойками мелкозернистых песчаников горизонтально слойчатые, иногда с оползневыми текстурами. Во-вторых, мелкозернистые песчаники с прослоями алевролитов, сменяющиеся алевролитами с редкими линзочками песчаников. В-третьих, переслаивание мелкозернистых песчаников и алевролитов с горизонтальной, пологоволнистой, редко линзовидной слойчатостью [Алексеев, 2002; Davis, Dalrymple, 2012]. В отдельных линзовидных слойках мелкозернистых песчаников наблюдается тонкая косослойчатая текстура. Помимо этого, на различных уровнях данного фрагмента отмечаются сидеритовые и карбонатные образования.

На основании вышесказанного можно заключить, что формирование пачки ПК₂¹ происходило в условиях постепенно нарастающей трансгрессии с севера; активизация морских вод, привела к размыву конусов выноса и миграции дельтовых рукавов в южном направлении и снижения энергии потока пресных вод. Данная совокупность обстановок осадконакопления может находить отражение в средней головной части эстуарного бассейна приливного типа (рисунок 16), для которого характерны размывы крупных песчаных тел на ряд более мелких, за счет повышения гидродинамической активности морских вод и падения энергии речного потока [Dalrymple, 1989, 1990, 1991, 1992; 2003; Kim, Voulgaris, 2008; Nyman et al., 1995; Perillo, 1995; Plink-Bjorklund, 2005; Pritchard, 1967].



Рисунок 16 – Распределение основных морфологических элементов приливно-отливной системы [Dalrymple, 1989; Perillo, 1995]

Пачка ПК₁³ характеризуется общим повышением зернистости осадков в центральной, западной и северной частях площади (рисунок 17). При этом характер распределения тел напоминает баровые постройки.

Фациальные неоднородности осадконакопления описаны по пяти разрезам скважин. На основании структурно-текстурных особенностей можно выделить три основные фациальные зоны: прибрежно-морская (скв. №№ 2031, 2010 и 1002), зона суспензионных отложений (скв. № 3618), лагунная зона (скв. № 2050).

Осадки, вскрытые скважиной № 2050 (инт. 1013,5-1019,02 м), представлены в основном алеврито-глинистым материалом с хорошей сортировкой. Породы характеризуются горизонтальной или массивной текстурами, что подчеркивает спокойный гидродинамический режим осадконакопления. Локальное проявление сидеритизации, а также присутствие пиритовых стяжений и карбонатно-глинистый цемент, говорят о застойном полуизолированном характере морского бассейна (фации малоподвижного мелководья). В выше расположенных интервалах (инт. 1015,98-1016,98 м; 1016,9-1018,2 м; 1018,25-1019,02 м) разрез сложен песчано-алевритовыми осадками с волнистой, горизонтальной, местами косой слоистостью (фация подвижного мелководья). Данные фрагменты разреза характеризуют периодическое повышение динамики потока морских вод, которая приводила к

частичному размыву песчаных построек, ограждающих залив от остального бассейна, и, как следствие, переотложению материала.

Область суспензионных зон расположена в северо-восточной части исследуемой площади (скв. № 3618). В интервале 985,0-990,5 м породы представлены частым переслаиванием песчаного и алевроито-глинистого материала. Для осадков отмечаются дивергентные признаки морского и речного генезиса, выраженные в проявлениях косой, волнистой, прерывистой слоистости, также отмечаются следы взмучивания и локальные участки переотложения материала. Наличие в разрезе сидеритовых образований подчеркивает взаимодействие слабо кислых речных и слабо щелочных морских вод, что приводило к соосаждению карбонатов марганца и железа [Dalrymple, 1990, 2003, 2007].

Центральная часть в фациальном плане охарактеризована как прибрежно-морская область. Основным объем разреза скважины № 2031 представлен ритмичным переслаиванием алевролитов и тонкозернистых песчаников с массивной, полого-, линзовидно- и косослоистой, а также горизонтальной слоистой текстурами. Отмечаются органические останки и следы биотурбации, что позволяет сделать вывод о формировании данных фрагментов разреза в приливно-отливной зоне. Однако ряд интервалов (969,84-970,71 м; 975,15-975,42 м) характеризуется повышением гидродинамического режима седиментации, что проявляется в наличии маломощных песчаных пропластков с текстурами взмучивания, оползания, а также косой слоистостью (фации приливных каналов и подвижного мелководья). В других интервалах (инт. 961,39-962,79 м; 969,35-969,55 м; 977,73-977,93 м) наоборот отмечается понижение активности морских вод, выраженной в появлении глинисто-алевритовых образований с горизонтальной, иногда массивной, слоистостью, реже пологоволнистой и линзовидной [Davis, Dalrymple, 2012;].

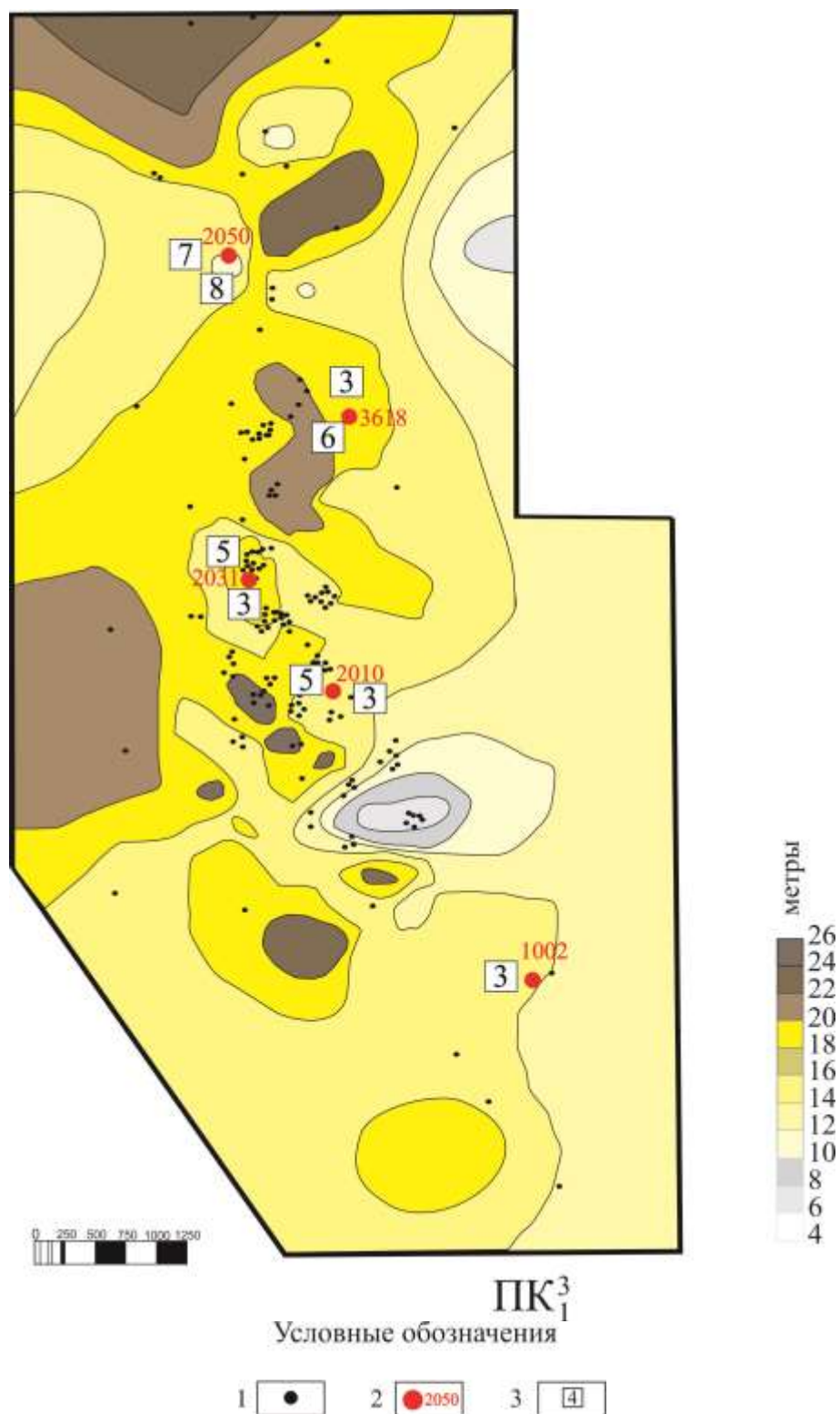


Рисунок 17 – Карта общей песчаности пачки ПК₁³ (авторы Белозеров В.Б., Архипов А.Л., Файенгерц А.В., 2012 г.)

Условные обозначения:

1 – скважины без отбора керна; 2 – опорные скважины с выносом керна; 3 – литофации: 1 – русловые фации; 2 дельтовые фации; 3 – приливо-отливные зоны; 4 – маршево-болотные фации; 5 – фации приливных каналов; 6 – фации аккумулятивных форм; 7 – фации заливов и лагун; 8 – фации подвижного мелководья

Помимо этого, в этих слоях отмечаются небольшие сидеритовые и карбонатные образования, свидетельствующие о морском режиме седиментации лагунного типа. Таким образом, можно заключить, что формирование выше описанного фрагмента разреза носило циклический характер, происходило в прибрежных условиях и отвечало приливно-отливной зоне [Дафф, 1985; Davis, Dalrymple, 2012; Dalrymple, 1992, 2005; Wells, 1995].

Обобщая вышесказанное, можно предположить, что формирование пласта ПК₁³ происходило в условиях преобладающего морского режима седиментации с ритмическими этапами падения и возрастания активности морских вод, на фоне существования областей зон смешения с пресными водами (зоны суспензионных потоков). Данная картина может находить отражение в центральных частях эстуарного бассейна [Lanier, 1993; Pritchard, 1967; Stanley, Surdam, 1978], которая характеризуется появлением ряда баровых островов, возможно носящих временный (непостоянный) характер и подвергаемых размыву (рисунок 18). Их образование ведет к появлению полузакрытых бассейнов лагунного характера. По общей направленности фациальной изменчивости, можно заключить, что на данном этапе становления эстуарный бассейн приобретает приливно-волновой характер [Davis, Dalrymple, 2012; Noidar, Chellai, 2001; Stanley, Surdam, 1978; Wang et al., 2002].



Рисунок 18 – Распределение основных морфологических элементов приливного эстуария [Dalrymple, 1989; Perillo, 1995]

Карты песчаности для пачек ПК₁² и ПК₁¹ имеют сходную морфологию и структуру, а также идентичный набор фациальных групп, поэтому было принято решение описывать их совместно, объединяя ПК₁²+ПК₁¹ в одну пачку (рисунок 19). Для нее характерно возрастание зернистости материала в центральной части площади, что связано с формированием цепи баровых островов и валов, которые частично разделяют исследуемую площадь на северный и южный сегменты.

Вертикальные вариации фациальной неоднородности описаны на основании трех разрезов скважин, позволяющих выделить две основные зоны: лагунную (скв. № 1002 инт. 941,88-968,21 м) и прибрежно-морскую (скв. №№ 2031 и 2010, инт. 936,46-958,23 м и 933,65-950,45 м).

В пределах лагуны (скв. № 1002) основной объем осадка представлен алеврито-глинистым материалом, характеризующимся горизонтальной слоистостью, неясно слоистой и массивной текстурами. Также отмечаются железистые и карбонатные образования, что подчеркивает застойный режим седиментации. Помимо этого наблюдаются участки повышенной (инт. 965,02-966,05 м; 962,92-964,12 м; 954,79-956,41 м) и пониженной (инт. 964,12-965,02 м; инт. 956,41-958,25 м; инт. 943,0-943,71 м) гидродинамической активности среды, что, предположительно, отвечает проявлению волновой деятельности. Первые слагаются песчано-алевритовыми осадками, мелко- и среднезернистой структуры с неясной, прерывистой слоистостью, что отражает формирование в приливно-отливной зоне [Dalrymple, 1991, 2007; Terwindt, 1971, 1988; Urien, 1972].

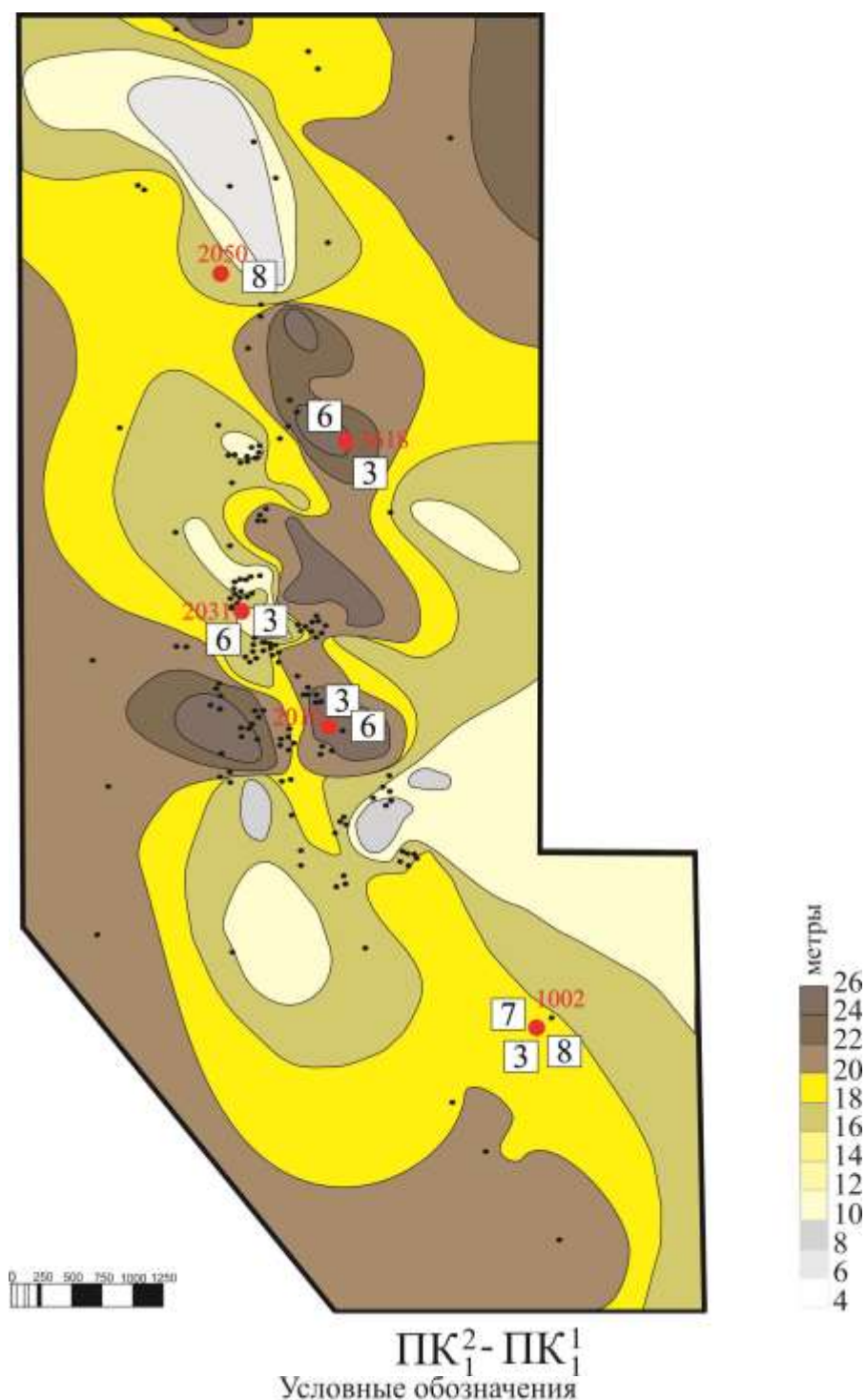
Интервалы, характеризующиеся снижением активности гидродинамического режима, сложены массивными алеврито-глинисто-карбонатными и глинисто-карбонатными породами – фация малоподвижного мелководья [Алексеев, 2002].

Отложения прибрежно-морской зоны вскрыты в скважинах №№ 2031 и 2010 и характеризуются латеральной неоднородностью. Разрез скважины № 2031 (инт. 936,46-958,23 м) представлен в основном песчаными и песчано-

алевритовыми осадками. Песчаники часто характеризуются неотчетливой горизонтальной слойчатостью и нитевидно изогнутыми включениями алеврито-глинистого материала, отмечаются маломощные пологоволнистые прослои алевроаргиллитов. Характерной является косая слойчатость. Она может быть фрагментарной, нечеткой, с неотчетливыми границами серий. Распространена и отчетливая однонаправленная косая слоистость, с меняющимися углами наклона. Эпизодически отмечаются признаки биотурбации. Все это свидетельствует о формировании данного фрагмента разреза в областях активной волноприбойной зоны [Davis, Dalrymple, 2012; Terwindt, 1971, 1988].

Скважина № 2010 (инт. 933,65-950,45 м) вскрыла более тонкодисперсные осадки, представленные преимущественно алеврито-глинистой составляющей с подчиненным количеством песчаного материала. Породы отличаются полого-, линзовидно и косослоистой, а также горизонтально слоистой текстурами. В них отмечается присутствие растительного детрита и следы биотурбации. Общий разрез осложняют (инт. 939,56-941,97 м) тонкозернистые песчаники с волнистыми прослоями алевропелитов (флазерная слоистость), а также переслаивание мелкозернистых песчаников с мелкой косой штриховой и алевролитов с пологоволнистой слойчатостью. Это фиксирует повышение гидродинамики потока, которая приводила к размыву песчаных построек [Kim, Voulgaris, 2008; Van Rijn, 1984].

В заключение можно отметить, что формирование пачек $ПК_1^2$ - $ПК_1^1$ происходило, преимущественно, в морских условиях. Появление аккумулятивных построек обусловило широкое развитие приливно-отливных и волноприбойных зон. Совокупности данных обстановок может быть реализована в устьевой части эстуарного бассейна волнового типа (рисунок 20), который характеризуется наличием полуизолированного бассейна с частично застойным режимом и зоны размываемых береговых баров и валов [Dalrymple, 1989, 1991, 1992, 2003, 2006, 2007].

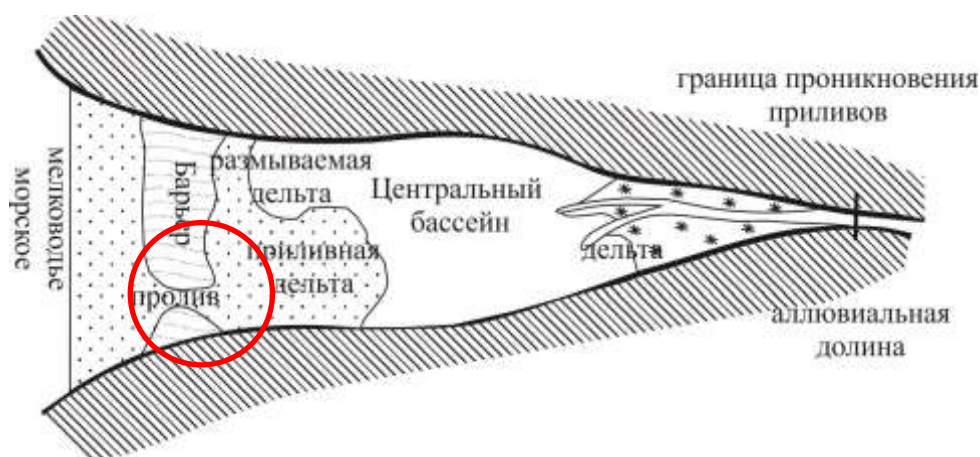


1 2 3

Рисунок 19 – Карта общей песчанистости пачки $ПК_1^2 + ПК_1^1$ (авторы Белозеров В.Б., Архипов А.Л., Файенгерц А.В., 2012 г.)

Условные обозначения:

1 – скважины без отбора керна; 2 – опорные скважины с выносом керна; 3 – литофации: 1 – русловые фации; 2 дельтовые фации; 3 – приливо-отливные зоны; 4 – маршево-болотные фации; 5 – фации приливных каналов; 6 – фации аккумулятивных форм; 7 – фации заливов и лагун; 8 – фации подвижного мелководья



○ – положение пачки $ПК_1^2 + ПК_1^1$

Рисунок 20 – Распределение основных морфологических элементов волнового эстуария [Dalrymple, 1989; Perillo, 1995]

На основании проведенных палеогеографических реконструкций были восстановлены условия формирования пластов $ПК_1$ и $ПК_2$. Подтверждена гипотеза существования на данной территории в верхнесеноманское время эстуарного бассейна, а также выявлена его эволюция, которая выражается в смене приливной активности в основании разреза на волновую в кровле разреза.

Обобщая комплекс проведенных исследований можно сформулировать ряд выводов:

1. Сопоставление данных, полученных В.М. Подобиной, Г.Н. Александровой, В.Б. Белозеровым, показало практически полную сходимость проведенных исследований: макроциклиты C3-C4 – зона *Saccamina micra*, *Ammomarginulina sibirica* – пачки $ПК_2^2$ и $ПК_2^1$; макроциклиты C5-C7 – зона *Trochammina wetteri tumida*, *Verneuilinoides kansasensis* – $ПК_1^3$, $ПК_1^2$, $ПК_1^1$; зона *Gaudryinopsis nanushukensis elongatus* – R2 – глинистый горизонт между первыми двумя зонами.

2. Цикличность строения, наряду с резко выраженной латеральной фациальной неоднородности и эвригалинной ископаемой фауной, предполагают формирование осадочного комплекса в переходной зоне «суша-море», соответствующей эстуарным бассейнам.

3. На основании текстурно-структурного анализа были установлены три группы фаций: континентальные (русловые), переходные (маршево-болотные, дельтовые), морские (приливные каналы, приливно-отливные зоны, аккумулятивные формы, лагуны и заливы, подвижное мелководье).

4. Особенности изменения морфологии песчаных тел, структурно-текстурные особенности и литологический состав исследуемых пород позволяют предполагать последовательную смену режима приливного эстуария (пачки: $ПК_2^2$, $ПК_2^1$), приливно-волновым (пачки: $ПК_1^3$) и далее – эстуарием волнового типа (пачки: $ПК_1^2$ + $ПК_1^1$).

3 ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ И ЛИТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТОВ ПК₁ И ПК₂

Приведенная выше литофациальная характеристика указывает, что изученный разрез складывается песчаными, алевроитовыми, глинистыми и карбонатизированными породами, сформированными в различных палеогеографических условиях. В разрезах скважин по керну выделяется пять основных литотипов:

1. Песчаники с глинистым цементом;
2. Песчаники с карбонатным цементом;
3. Алевролиты с глинистым цементом;
4. Алевролиты с карбонатным цементом;
5. Глины;
6. Карбонатолиты.

Породы светло-серые, темно-серые, коричневатые и желтовато-серые, за счет нефти и газонасыщения. В целом, породы рыхлые или слабощементированные. Для разрезов характерно преобладание песчаников, алевролитов и глин, также часто отмечаются пачки, представляющие собой тонкое переслаивание пород. Между отдельными литотипами существуют переходные разновидности, так глины переходят в алевро-глинистые породы и алевролиты.

В породах преобладают неясные и отчетливо выраженные тонкослоистые текстуры. Выделяются горизонтально слоистые, наклонно слоистые и косослоистые типы, а также текстуры биотурбации и взмучивания осадка. По внутренней геометрии текстурных серий выделяются ровно параллельно слоистые, неровно- и волнистослоистые, а также прерывисто-, линзовидно- и пятнисто слоистые разновидности.

Для обломочных пород характерна мелкозернистая структура, различная степень сортировки и окатанности зерен. Содержание глинистого цемента в песчаниках и алевролитах различно, тип цемента – преимущественно базально-

поровый, поровый, контактовый, что определяет слабую сцементированность обломочных пород.

Обломочные породы полимиктовые. Спецификой их минерального состава, по-видимому, можно считать преимущественно кварц-полевошпатовый состав, при крайне незначительной примеси обломков метаморфических и вулканических пород, присутствие которых характерно для песчано-алевритовых пород всего разреза осадочного чехла Западно-Сибирской провинции.

Обломочные зерна имеют точечные контакты практически без инкорпорации. Иногда отмечается регенерация кварца и полевых шпатов.

Особенностью разрезов является также присутствие нескольких относительно мощных слоев плотных песчаников и алевролитов с карбонатным кальцитовым цементом, для которого устанавливается не только обычная для Западной Сибири пойкилитовая, указывающая на вторичный характер цементации, но и мелкозернистая структура – первичный характер цементации.

Во всех литотипах присутствует сидерит. К отдельным прослоям обломочных пород приурочены мелкие стяжения, по-видимому, практически сингенетические. В отдельных прослоях их количество достигает 40%. Вторичные образования в алевро-песчаных породах представлены мелкозернистыми скоплениями по обломочным зернам, обычно по биотиту, в глинах - рассеянными розетками и единичными кристаллами.

3.1 Литолого-минералогическая характеристика осадков

Литотип 1. Песчаники с глинистым цементом.

Песчаники слагают относительно однородные слои до 9 м и разнообразные пачки переслаивания, в которых мощность отдельных прослоев иногда не превышает 1 см. Тектурные особенности выражены массивной, почти однородной, ровно-горизонтальной, волнисто-горизонтальной, полого-наклонной, косой, линзовидной слоистостью, которая подчеркивается тончайшими прослоями органического детрита. Отмечаются следы

биотурбации. В некоторых образцах отмечается микрослоистость, обусловленная прослойками обугленного детрита, скоплениями сидерита и акцессорных минералов.

Обломочная часть составляет до 90 % матрицы породы, структура – алевро-псаммитовая. Форма обломков полуугловатая, угловатая, реже полуокатанная, таблитчатая, удлиненная, изометричная. Степень сортировки от плохой до средней.

Минеральный состав терригенной части представлен кварцем (45-75 %), калиевыми полевыми шпатами и плагиоклазами (15-35 %), обломками пород (5-25 %), отмечаются пластинки мусковита и хлоритизированного биотита (до 5 %), присутствует растительный детрит. В породе встречаются глинистые окатыши размером 0,6 мм - 2,5 мм, сложенные тонкочешуйчатым материалом.

Акцессорные минералы – единичные зерна магнетита, рутила, циркона (турмалин, гранат).

Полевые шпаты в различной степени разрушены: от свежих чистых зерен до слабо каолинизированных и нацело серицитизированных. Биотит часто деформирован в процессе уплотнения породы, хлоритизирован, гидрослюдизирован, сидеритизирован.

Минеральный состав цементирующей части охарактеризован глинистой каолинитовой, каолинит-гидрослюдистой и гидрослюдистой компонентами. Тип цемента, как правило, поровый, базально-поровый, контактный, пленочный.

Вторичные процессы представлены серицитизацией полевых шпатов нередко до полного их разрушения, хлоритизацией по чешуйкам слюд. Вокруг некоторых зерен видны слюдистые каемки, шириной 0,004 - 0,01 мм. В породах присутствует микрозернистые стяжения раннедиагенетического (синседиментационного) сидерита (1-30%) овальной и вытянутой форм, которые часто образуют небольшие прослои. В процессе диагенеза сидерит развивается по обломочным зернам, преимущественно по биотиту с образованием более крупнозернистых стяжений. Присутствуют единичные включения сульфидов

железа в виде отдельных кристаллов округлой формы размером до 0,04 мм и выделения гидроокислов железа.

Литотип 2. Песчаники с карбонатным цементом.

Данный тип песчаников слагает несколько слоев мощностью до 1 метра на различных гипсометрических уровнях разрезов. Для пород характерны горизонтально-слоистая, линзовидная, косослоистая и штриховидная текстуры, участками отмечаются небольшие интервалы взмучивания и оползания.

Обломочная часть составляет 50-75 % матрицы породы, структура алевро-псаммитовая. Форма обломков полуугловатая, полуокатанная, реже угловатая, изометричная. Сортировка хорошая.

Минеральный состав обломочной части представлен кварцем – 55-60 %, полевыми шпатами и плагиоклазами 40-45 %, обломками пород до 5 %, чешуйками биотита и мусковита – 1-3 %, также отмечается присутствие углефицированного детрита до 5 %. Акцессорные минералы - единичные зерна рутила и циркона.

Цемент кальцитовый, сидерит-кальцитовый, участками доломитизированный, иногда с подчиненным значением глинистого. Структура цемента базальная, базально-поровая пойкилитовая, базально-поровая микрозернистая. На некоторых участках отмечается вторичный сидеритовый цемент пленочного типа – оторочки вокруг обломочных зерен. Сидеритовый цемент сложен тонкозернистыми кристаллами овально-вытянутой («ячменного зерна») формы.

Вторичные процессы представлены серицитизацией и каолинизацией по зернам полевых шпатов, наблюдается слабая хлоритизация по чешуйкам и пластинкам биотита и обломкам полевых шпатов. В некоторых образцах отмечается проявление сидеритизации и кальцитизация. Сидерит образует мелкозернистую структуру преимущественно овальной формы, а кальцит корродирует обломки пород или полностью их замещает. Наблюдается активный процесс растворения кальцитового цемента с образованием межзернового пространства.

Для разделения песчаных пород на семейства использовалась классификационная диаграмма В.Д. Шутова (1967) (рисунок 21).

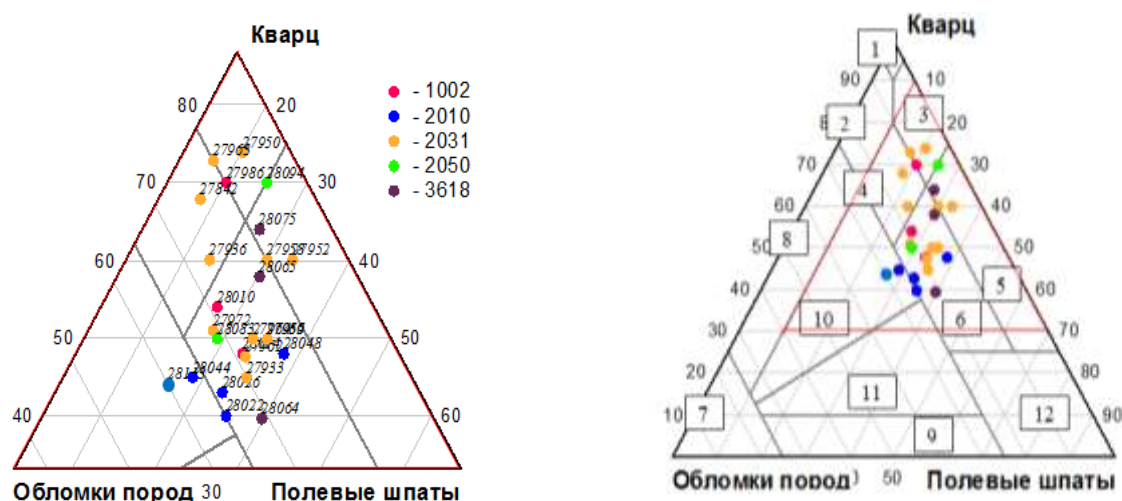


Рисунок 21 – Классификационная диаграмма В.Д. Шутова для алевропесчаников [Шутов, 1967]

Условные обозначения: 1 – кварцевые; 2 – кремнекlasto-кварцевые; 3 – полевошпато-кварцевые; 4 – мезомиктовые; 5 – аркозовые; 6 – граувакковые аркозы; 7 – граувакки; 8 – кварцевые граувакки; 9 – полевошпатовые граувакки; 10 – полевошпато-кварцевые граувакки; 11 – кварц-полевошпатовые граувакки; 12 – поле пород нетерригенного происхождения

Песчаники установлены во всех фациальных группах и представлены тонко-мелкозернистыми и мелкозернистыми разновидностями. При этом степень сортированности улучшается в ряду от континентальных к переходным и далее к морским фациям (рисунок 22). Вещественный состав обломков обнаруживает фациальные зависимости, так псаммиты русел, дельт, аккумулятивных форм, заливов и лагун соответствуют аркозам, а песчаники приливных каналов, приливно-отливных и морских зон – грауваккам [Сазонов и др., 2009; Логвиненко, 1984; Петтиджон, 1976, 1981; Шванов и др., 1998; Шутов, 1967].

Минеральный состав обломков носит свой ряд особенностей. Так количественная роль кварца резко возрастает в отложениях зон приливов и малоподвижного мелководья, указывая на максимальную зрелость слагающих их псаммитов. Полевые шпаты в исследуемых породах обнаруживают различную степень замещения серицитом, вплоть до полных псевдоморфоз в песчаниках морского мелководья, подчеркивая их максимально длительное взаимодействие с морской водой.

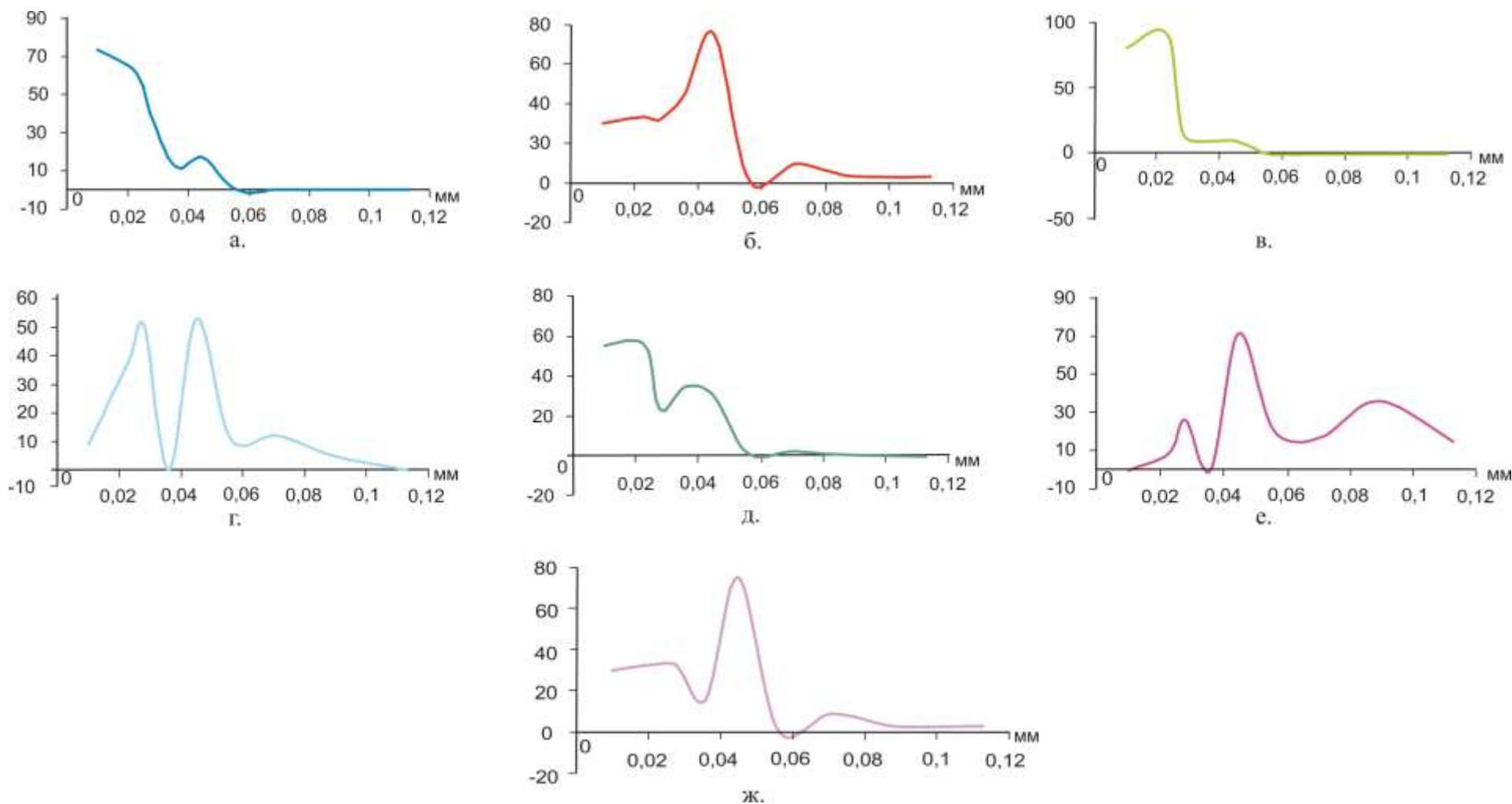


Рисунок 22 – Вариации размерности обломков в ряду отложений, сформированных в дельтах (а) – руслах (б) – заливах (в) - малоподвижном мелководье (г) - приливных каналах (д) - приливно-отливных зонах (е) – аккумулятивных формах (ж).

Примечание: по оси – x размер зерен, по оси y - количество зерен

Состав обломков пород во всех изученных образцах не отличается вариативностью и представлен силицитами, средними и кислыми метавулканитами, кремнисто-слюдистыми сланцами, кварцитами и гранитоидами. Отмеченные единичные находки алевролитов в песчаниках фаций приливных каналов могут отражать их рециклическую природу. Определенная закономерность устанавливается в распределении растительного детрита, количество которого снижается в ряду русловых-лагунных-дельтовых фаций вплоть до полного отсутствия в псаммитах морского мелководья.

Аутигенные минералы представлены кальцитом, гидрослюдами, глинистыми минералами, пиритом, сидеритом, гетитом, фосфатами и глауконитом. При этом, если кальцит, гидрослюды, пелиты и пирит встречаются повсеместно, то гетит характерен для русловых песчаников, сидерит – для переходных и морских зон, фосфаты установлены в отложениях лагунных и морских фаций [Фролов, 1984]. Единичные находки глауконита выявлены в песчаниках дельт и аккумулятивных форм. В ряде образцов (№№ 28026, 28044 – скв. 2010; № 28064 – скв. 3618 и др.) на границах фаций аккумулятивных форм и морского мелководья отмечается послойное концентрирование акцессорных минералов, указывающее на кратковременный перерыв в осадконакоплении и перемыв осадка (рисунок 23а).

Внутреннее строение изученных псаммитов, помимо зернистости, определяется характером межзерновых контактов и структурными типами цементов. При этом в русловых и дельтовых песчаниках преобладают точечные и плоскостные контакты, в прибрежно-морских и мелководных фациях превалируют плоскостные и конформные границы. Обломки цементируются кальцитовым, карбонатно-глинистым и кальцит-сидеритовым агрегатом. Глинисто-карбонатный цемент преобладает в песчаниках русел, приливно-отливных зон, заливов и лагун и характеризуется поровой и базальной структурами. Кальцит-сидеритовый цемент установлен в псаммитах малоподвижного мелководья (рисунок 23б). Характеризуется пойкилитовым кристаллически-зернистым обликом и интенсивной коррозией обломков

(рисунок 23в). В песчаниках остальных фациальных групп преобладает базальный до пойкилитового и коррозионный кальцитовый цемент (рисунок 23г).

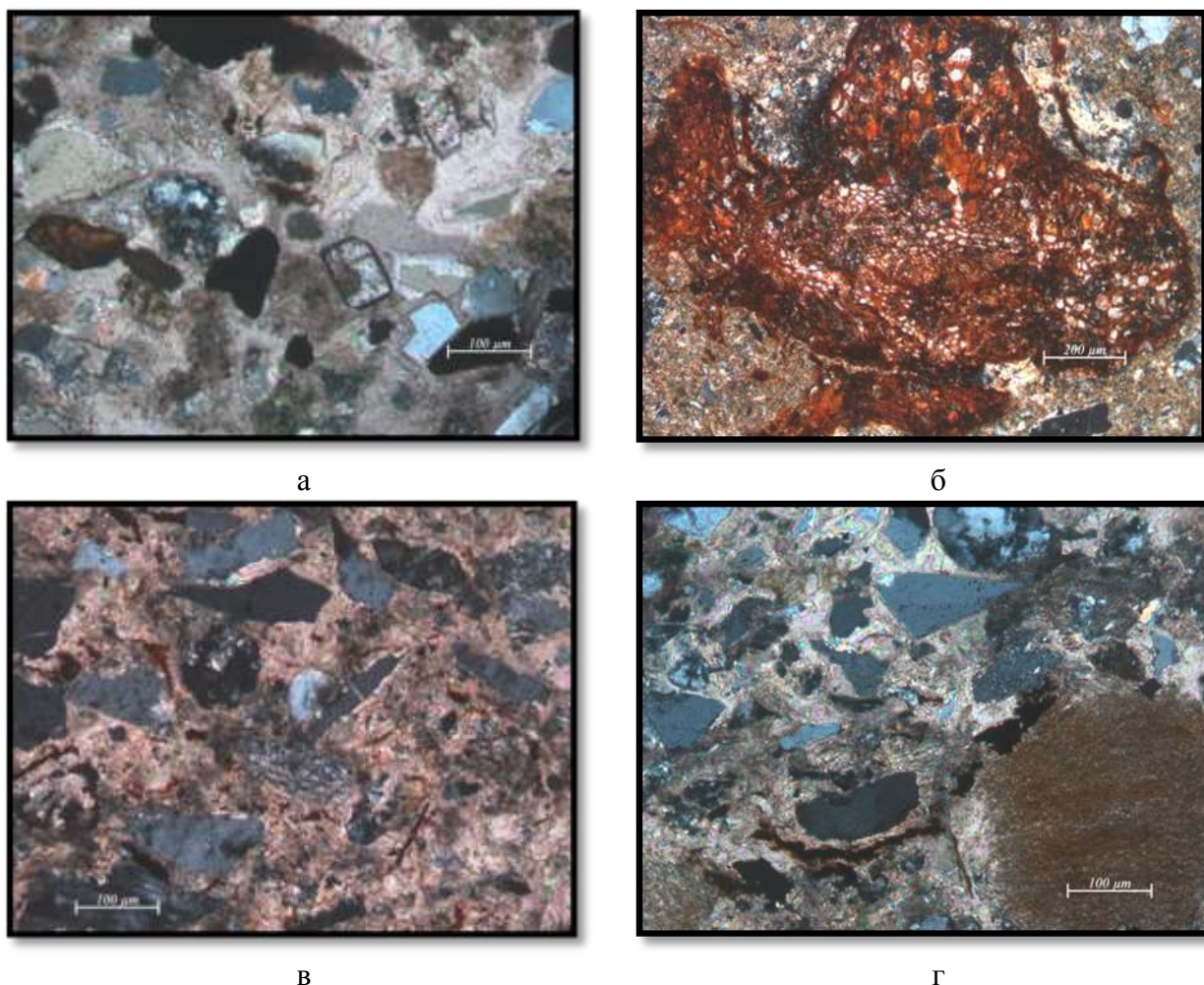


Рисунок 23 – Песчаники. Шлифы, николи +

а – послойное распределение акцессорных минералов (обр. 28044, гл. 990 м); б – глинисто-карбонатно-железистый цемент (обр. 27972, гл. 1016 м); в – кальцитовый кристаллический зернистый цемент с сидеритом (обр. 27936, гл. 962 м); г – кальцитовый пойкилитовый коррозионный цемент (обр. 28083, гл. 1002 м)

Литотип 3. Алевролиты с глинистым цементом

В изученных разрезах алевролиты слагают небольшие пачки мощностью до 2,4 м, также образуют частое переслаивание с песчаниками и глинами. В текстурном плане алевролиты характеризуются горизонтальной, косой, линзовидной, волнистой, штриховидной и неясной слоистостью, участками отмечаются следы биотурбации, взмучивания и оползания. Микротекстура слоистая, обусловленная включениями сидерита и растительного детрита.

Обломочная часть составляет 60-90 % матрицы породы. Структура обломочной части псаммо-алевритовая. Сортировка от плохой до хорошей. Форма обломков полуугловатая, угловатая, реже полуокатанная. Иногда встречаются продолговатые, остроугольные и пластинчатые зерна.

Состав обломков полимиктовый кварц-полевошпатовый, представленный кварцем (40-65 %), полевыми шпатами (30-60 %), слюдами (биотит, мусковит) до 5 %, растительным детритом до 3 %, обломками пород (5-15 %) округлой, реже угловатой формы размером 0,01-0,05 мм, иногда в матрице появляются каркасные зерна до 0,3 мм (рисунок 24а). Акцессорные минералы представлены единичными зернами рутила, циркона, магнетита (ставролит, гранат).

Цемент составляет 10-30 % от общего объема пород, минеральный состав – глинистый, каолиновый, гидрослюдистый, каолинит-гидрослюдистый. Структура цемента пленочная, поровая, порово-контактовая, базально-поровая.

Вторичные процессы в алевролитах представлены серицитизацией и пелитизацией полевых шпатов, хлоритизацией биотита. Изредка отмечается сидеритизация, в результате которой образуются стяжения сидерита в виде розеток. Помимо этого отмечаются единичные точечные включения сульфидов железа и единичные гидроокислы железа размером 0,05-0,15 мм.



а



б

Рисунок 24 – Алевролиты. Шлифы, николи+
а – каркасные зерна в основной тонкозернистой массе (обр. 27958, гл. 993 м); б – фрагменты фосфатизированного детрита (обр. 27991, гл. 1002 м);

Литотип 4. Алевролиты с карбонатным цементом.

В исследуемых разрезах алевролиты слагают пачки мощностью до 1,5 метров и отмечаются на различных гипсометрических уровнях. Тектурные особенности выражены в проявлении тонкой, горизонтальной, массивной и линзовидной слоистости.

Обломочная часть составляет около 55 % общей матрицы породы. Структура в основном алевритовая, реже встречается псаммо-алевритовая. Обломки полуугловатые, угловатые, иногда полуокатанные, удлиненные, изометричные, большая часть зерен имеет зазубренный контур (рисунок 24). Сортировка материала хорошая и средняя.

Минеральный состав терригенной составляющей представлен кварцем - 25-60 %, полевыми шпатами - 20-30 %, обломками пород до 7 %, слюдами (мусковит и биотит) до 3-5 % и растительным детритом до 5 %. Среди акцессорных минералов наблюдаются единичные зерна рутила и циркона.

Состав цемента, как правило, кальцитовый до 50 % от объема породы, реже отмечается подчиненное количество глинистой составляющей. В структурном плане цемент относится к базальному и пойкилитовому типу, реже проявляется мелкозернистый.

Вторичные процессы представлены кальцитизацией – кальцит корродирует обломки, частично или полностью замещая их (3-5%). Отмечается серицитизация по полевым шпатам, а также встречены единичные обломки пород с гидрослюдистыми каемками. Хлоритизация по разрушенным обломкам полевых шпатов и чешуйкам биотита, встречаются единичные листочки и чешуйки биотита полностью преобразованные в хлорит. Сидерит присутствует в виде округлых, овальных включений с микрозернистой и тонкозернистой структурой, размером 0,1-0,5 мм, концентрируется в углисто-сидеритовых прослоях. Встречаются зерна полевых шпатов и чешуйки слюды, по которым развивается сидерит, почти полностью их замещая.

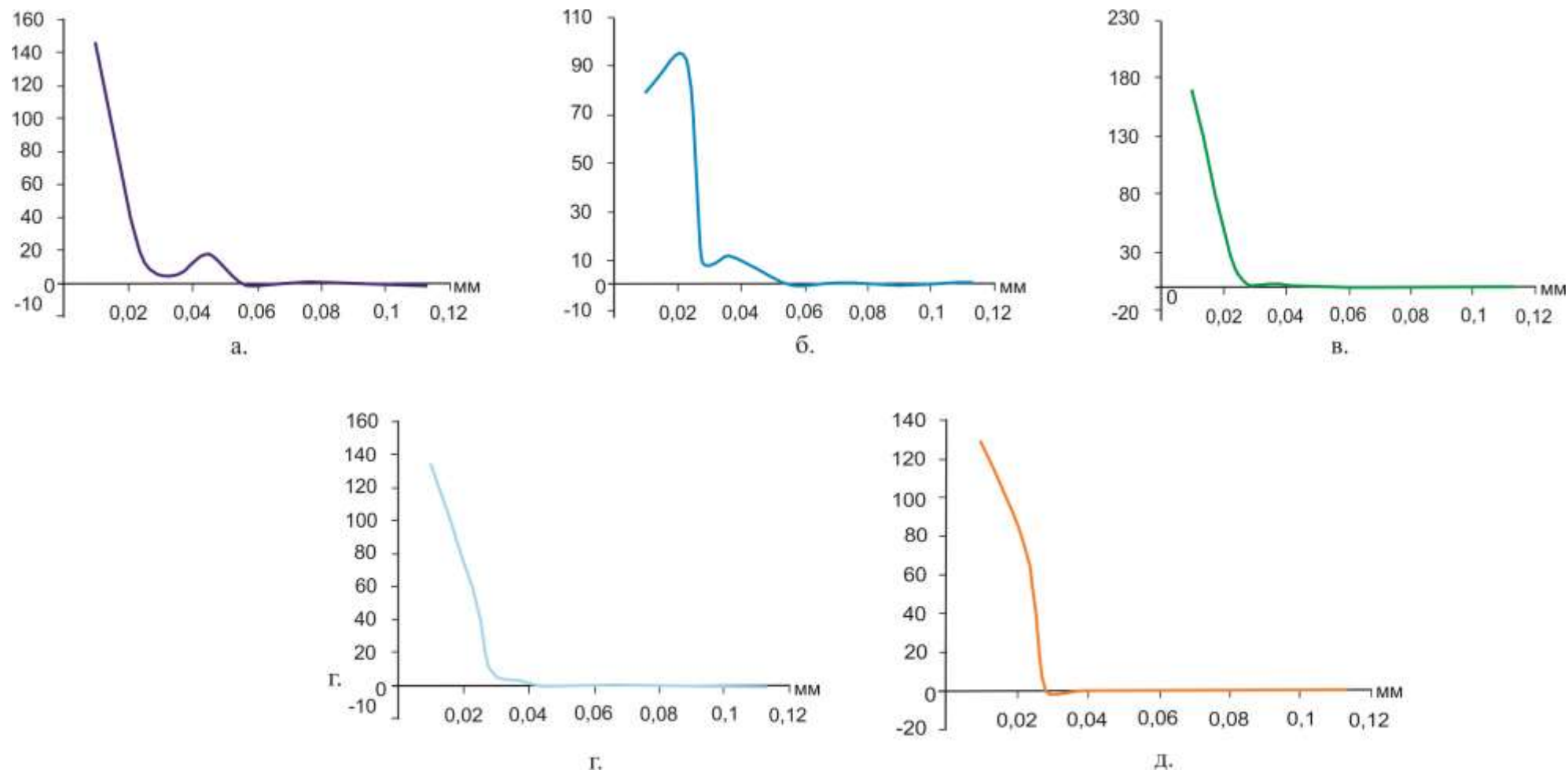


Рисунок 25 – Изменение степени сортировки обломков в алевролитах в ряду приливных каналов (а) – лагун (б) – приливо-отливных зон (в) – малоподвижного мелководья (г,д).

Примечание: по оси x - размер зерен, по оси y - количество зерен

Алевролиты также были выявлены во всех литофациальных группах. При этом степень сортированности алевролитов изменяется от крайне слабой в осадках приливных каналов до средней – в участках подвижного мелководья и слабой – в отложениях лагун и приливо-отливных зон (рисунок 25).

Аутигенные минералы представлены карбонатами (кальцит, сидерит) и глинистыми минералами (гидрослюда, хлорит). Кроме того, в алевролитах приливных каналов, малоподвижного мелководья и лагун устанавливаются микроконкреции пирита. В осадках малоподвижного мелководья обнаруживаются единичные включения фосфатизированной органики (рисунок 24б). Наблюдаются проявления пленочного гидрослюдистого (рисунок 26а), а в породах подвижного мелководья – конформного регенерационного кварцевого цемента (рисунок 26б).

Отличительной чертой осадков малоподвижного мелководья и лагун является повышенная коррозия и замещение обломков за счет наложения сидеритизации (рисунок 26 в,г).

Литотип 5. Глины

Глины слагают почти однородные пачки с единичными прослоями алевролитов толщиной 0,25-5 м, а также прослои часто не превышающие по толщине 1-2 мм в песчаниках и алевролитах. Тектурные особенности выражены тонкой, горизонтальной, слабоволнистой, неясной, штриховидной и линзовидной слоистостью, обусловленной распределением алевритового и углистого материала.

Обломочная часть составляет от 5 до 45 % матрицы породы, распределение, как правило, послойное, реже пятнистое или в виде линз. Структура пелитовая, реже алевропелитовая. Сортировка хорошая, средняя, редко плохая. Форма обломков угловатая, полуугловатая, реже полуокатанная.

Минеральный состав основной массы породы каолинит-гидрослюдитый полевошпат-кварцевый, кварц-полевошпатовый.

Терригенная часть охарактеризована кварцем (60-65 %), калиевыми полевыми шпатами и плагиоклазами (до 30 %), обломками пород (менее 10 %),

хлоритизированными и сидеритизированными слюдами и растительным детритом, размер которого иногда достигает 0,3 мм по удлинению. В составе зернистой части отмечаются единичные зерна глауконита, а также органические останки (раковины фораминифер) и фосфатизированная органика.

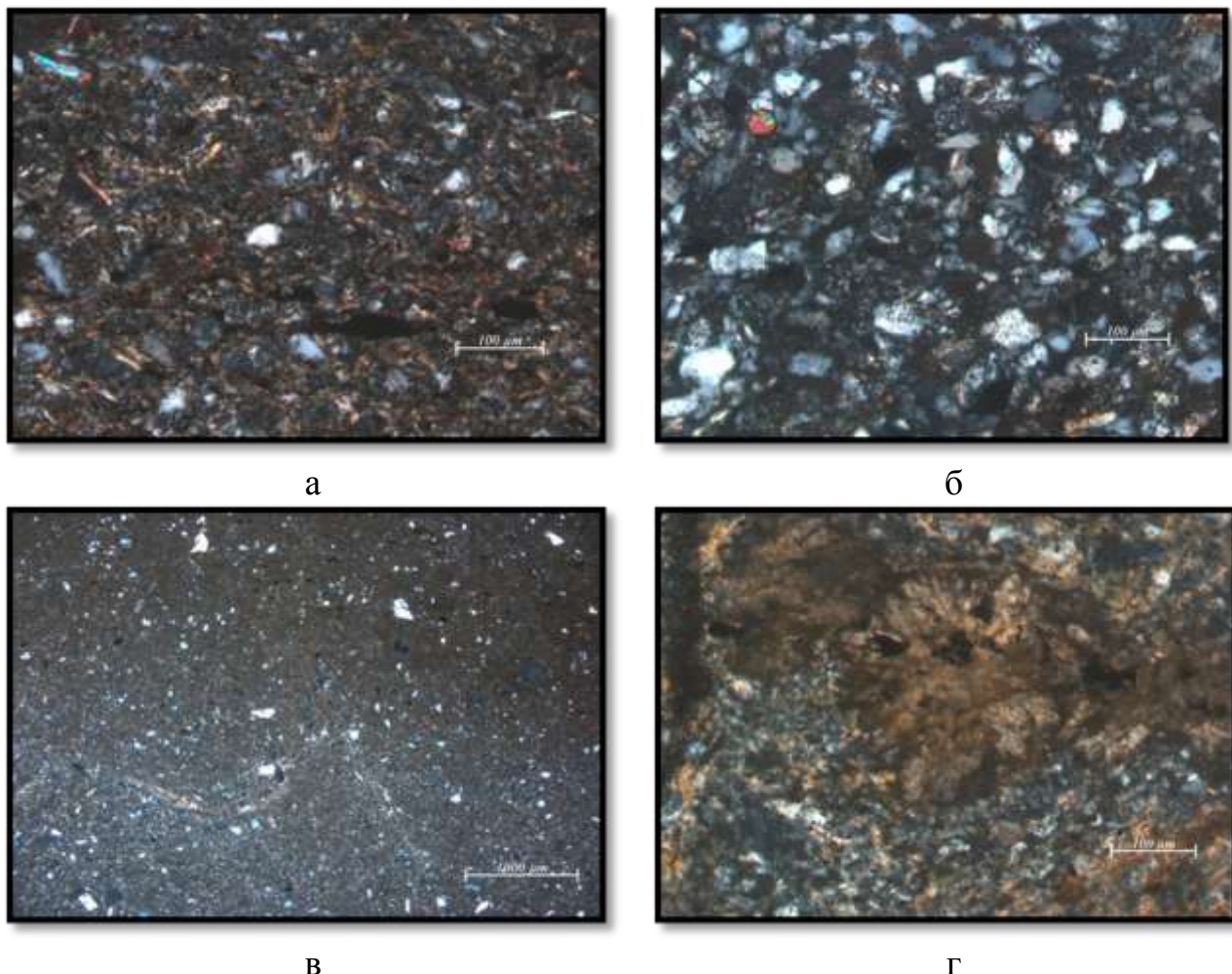


Рисунок 26 – Алевролиты. Шлифы, николи +
а – карбонатно-гидрослюдистый цемент с сидеритом (обр. 27941, гл. 971 м); б – кварцевый и полевошпатовый регенерационные цементы (обр. 27966, гл. 1008 м); в – цемент базальный глинисто-карбонатный коррозионный и замещения (обр. 27971, гл. 1014 м); г –розетки сидерита со сферолитовым строением (обр. 28027, гл. 955 м)

Вторичные процессы проявляются в виде хлоритизации и серицитизации по полевым шпатам и слюдам. Также отмечается сидеритизация, которая выражается в появлении в породе розеток, микрозернистых стяжений и иногда прослоев сидерита. В незначительном количестве присутствуют гнезда (до 0,5 мм) и точечные включения сульфидов железа (до 1%).

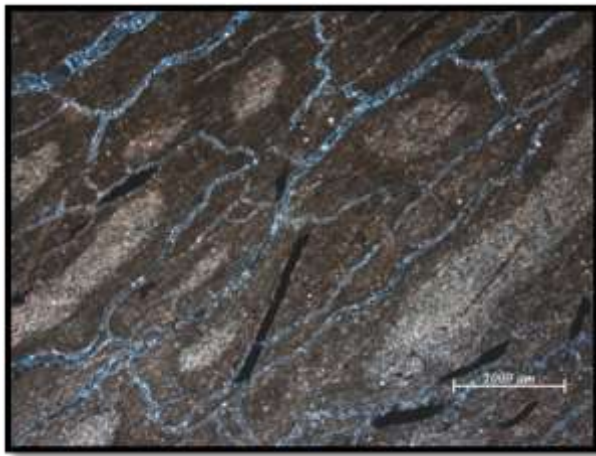
Данная характеристика представлена для литифицированных разностей мелководных фаций. Характеристика осальных фациальных групп базируется на результатах рентгеноструктурного и термического анализов. Изученные аргиллиты представлены глинистыми, глинисто-гидролюдистыми и карбонатно-глинисто-гидролюдистыми разновидностями со слойчатыми и линзовидно-слойчатыми текстурами (рисунок 27) [Грим, 1967; Котельников, Конюхов, 1986; Милло, 1968; Осипов и др., 1989].

На основании результатов термического и рентгеноструктурного анализов (таблицы 2, 3) по составу глинистой составляющей цемента [Дриц, 1980; Кринари, 1971, 1980; Михеев, 1957; Осипов, 2001; Рентгенография..., 1983; Термический..., 1974] глины и алевроаргиллиты разделяются на четыре группы:

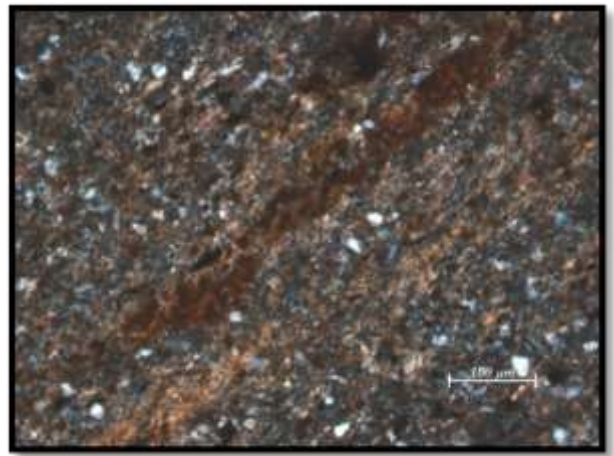
1. Хлорит-каолинит-гидролюдистая;
2. Иллит-каолинит-хлорит-монтмориллонитовая;
3. Каолинит-монтмориллонитовая;
4. Иллит-каолинит-хлорит-монтмориллонит-карбонатная.

Каолинит-монтмориллонитовая ассоциация (рисунок 28) характерна для наиболее тонкозернистых разновидностей фаций аккумулятивных форм, при этом наличие монтмориллонита говорит об образовании в морских условиях. Отсутствие иллита и гидролюдов отражает гидролизатную природу каолинита и указывает на наличие перерывов в осадконакоплении [Викулова и др., 1973; Бурлин и др., 1991; Котельников, 1986; Осипов, 2001].

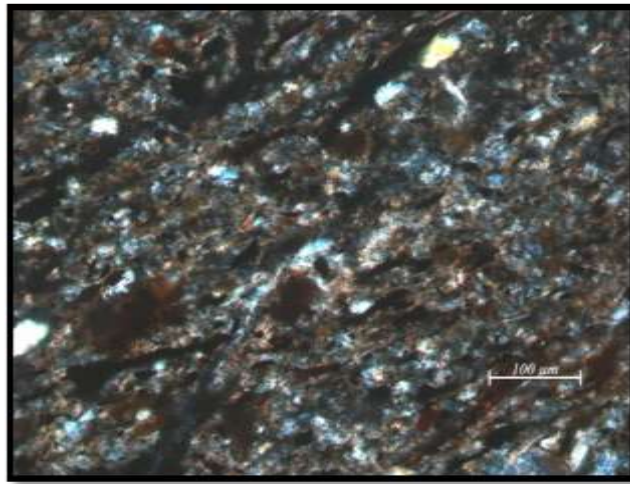
Хлорит-каолинит-гидролюдистая ассоциация (рисунок 29) установлена в аргиллитах фаций подвижного мелководья, что подчеркивает пресноводный режим их формирования. Для фаций приливно-отливных зон и приливных каналов устанавливается хлорит-каолинит-гидролюдистый и иллит-каолинит-хлорит-монтмориллонитовый состав глинистых пород, который отражает перемежаемость морских и континентальных условий их образования [Милло, 1968; Фролов, 1984].



а



б



в

Рисунок 27 – Алевроаргиллиты, николи +

а – древовидная текстура, выполненная глинисто-карбонатной матрицей (обр. 28087, гл. 1017 м); б – карбонатно – глинистый коррозионный цемент (обр. 28043, гл. 990 м); в – субпараллельное распределение полос сидерита (обр. 27960, гл. 1000 м)

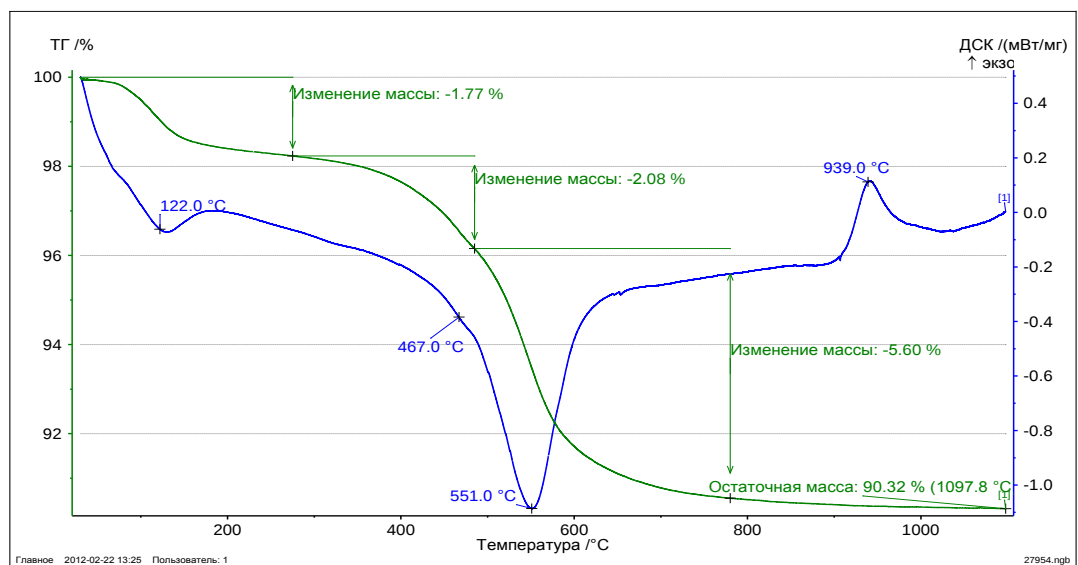


Рисунок 28 – Термограмма каолинит-монтмориллонитовой ассоциации

Таблица 2 – Результаты количественного термического анализа образцов горных пород Ваньеганской структуры

№ п/п	№ скважины	Относительная глубина отбора, м.	Лаб. № обр.	Пласт	Фация	Δm (%)	Монтмориллонит	Гидрослюда+хлорит	Каолинит	Сидерит	Кальцит
1	1002	958,4	27995	ПК ₁	ПК	5,84		38,7	12,7		
2	1002	968,21	28001	ПК ₁	ПК	7,62		56,7	9,6		
3	2031	970,52	27941	ПК ₁	ПОЗ	8,14	23,9	10,2	7,3	5,9	4,3
4	1002	971,55	28002	ПК ₁	МПМ	9,09	33,6	11,8	5,7	9,0	
5	2010	936,46	28028	ПК ₁	ПОЗ	6,27	0,0	67,7	2,2		
6	2031	979,55	27948	ПМ	МПМ	9,68	33,0		15,0		
7	3618	1000,95	28067	ПК ₂	ПОЗ	9,44	28,1	18,8	4,7	8,7	1,1
8	2031	987,44	27954	ПК ₂	МПМ	6,26		33,3	19,1		
9	2031	992,82	27958	ПК ₂	ПК	6,03	12,1	8,4	13,7		
10	3618	1012,9	28072	ПК ₂	МПМ	4,59	0,0	36,3	7,8		
11	2031	999,72	27960	ПК ₂	МПМ	8,21	16,0	24,0	18,7		
12	2010	988,16	28043	ПК ₂	МПМ	22,71	14,5	15,9	20,9	14,3	34,1
13	2010	992,79	28046	ПК ₂	ПМ	7,38	36,2			7,3	
14	2010	1006,41	28050	ПК ₂	МПМ	5,97		41,7	13,4	4,6	
15	3618	1028,75	28079	ПК ₂	ЗЛ	9,68	38,7	24,7	2,4	9,7	
16	3618	1029,9	28080	ПК ₂	ЗЛ	10,85	12,2	44,3	14,5		
Условные обозначения: МПМ – малоподвижное мелководье, ПК – приливные каналы, ПОЗ – приливно-отливные зоны, ЗЛ – заливы и лагуны, ПМ – подвижное мелководье											

Аргиллиты фаций малоподвижного мелководья, заливов и лагун представлены иллит-каолинит-хлорит-монтмориллонитовыми (рисунок 30) и иллит-каолинит-хлорит-монтмориллонит-карбонатными разностями (рисунок 31), фиксируя сугубо морской режим седиментации. При этом сидериты образуют тонкозернистые скопления (рисунок 26 г) овальных сгустков в тесной ассоциации с пиритом, что подчеркивает его диагенетическую природу. В то же время пойкилобластовая структура кальцита и его реакционные взаимоотношения с глинистым цементом и обломочной составляющей фиксируют эпигенетический характер этого минерала [Милло, 1968; Япаскерт и др., 2001].

Таблица 3 – Результаты качественного рентгеноструктурного анализа глинистой составляющей образцов горных пород скважин Ваньеганской структуры

№ записи	№ скважины	Глубина отбора, м.	Лаб. № обр.	Пласт	Фации	Монтмориллонит	Каолинит	Хлорит	Гидрослюда	Кальцит	Сидерит	Кварц	Полевые шпаты	Магнезиальный кальцит	Франколит	Родохрозит
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	2010	938,77	28021	ПК ₁	ПК		+		+			++	+		сл.	
2	2010	945,68	28023	ПК ₁	ПК		++	+	+		+	++	+		сл.	
3	2010	950,45	28026	ПК ₁	МПМ		+	+	+			++	++	++	сл.	
4	2010	936,46	28028	ПК ₁	ПОЗ		+	+	++			+				
5	2010	957,80	28031	ПК ₁	МПМ		+	+	+		+	++	+		сл.	
6	2010	972,02	28036	ПМ	МПМ		+	+	+		сл.	++	+			
7	2010	988,16	28043	ПК ₂	МПМ	+	+	+	+	++	+	++	+	+	+	
8	2010	990,45	28045	ПК ₂	АФ		+	+	+		+	++	+			
9	2010	992,79	28046	ПК ₂	ПМ	++	++	сл	сл		+	+				
10	2010	1006,41	28050	ПК ₂	МПМ		++	+	++		+	++				
11	3618	1000,95	28067	ПМ	ПОЗ	++	+	+	++	+	+	++				
12	3618	1003,80	28069	ПК ₂	ПОЗ		+	+	+			++	+		сл.	
13	3618	1012,90	28072	ПК ₂	МПМ		+	+	++		+	+	+			
14	3618	1028,75	28079	ПК ₂	ЗЛ	++	+	+	++		+	++				
15	3618	1029,90	28080	ПК ₂	ЗЛ	+	++	+	++			++				
16	1002	934,60	27977	Куз.	МПМ	+	+	+	+			++	+			
17	1002	958,4	27995	ПК ₁	ПК		++	+	++			++				
18	1002	964,63	27999	ПК ₁	ПК		+	+	+		сл.	++	+		сл.	
19	1002	968,21	28001	ПК ₁	ПК		++	+	++			++	сл			
20	1002	971,55	28002	ПК ₁	МПМ	++	+	+	++		+	+				

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
21	1002	973,85	28004	ПК ₁	ПОЗ		+	+	+		+	++	+		сл.	
22	1002	983,59	28012	ПМ	ЗЛ		++	+	+			++	+		сл.	
23	2031	934,16	27926	ПК ₁	МПМ		+	сл.	+			++	++			
24	2031	970,52	27941	ПК ₁	ПОЗ	++	+	+	++	+	+	+				
25	2031	979,55	27948	ПМ	МПМ	++	++	сл	сл			++	сл			
26	2031	981,05	27949	ПК ₂	МПМ		++		+			++	++			
27	2031	983,00	27950	ПК ₂	МПМ		+	+	+		+	++	++	++	сл.	+
28	2031	987,44	27954	ПК ₂	МПМ		++	++	сл			++	сл			
29	2031	992,82	27958	ПК ₂	ПК	+	++	++	сл			++				
30	2031	999,72	27960	ПК ₂	МПМ	+	++	++	сл			++				
31	2031	1009,53	27967	ПК ₂	МПМ		++	+	+			++	+		сл.	
32	2050	1019,02	28091	ПК ₁	МПМ		+	+	+	++	+	++	+	++		+
33	2050	1019,15	28092	ПМ	МПМ							+				++++
34	2050	1028,55	28095	ПМ	МПМ		+	+	+			++	+			
Рентгеноструктурный анализ проводился на приборе X'Pert Powder (PANalytical, Нидерланды), Cu – анод Условные обозначения: ПК ₁ , ПК ₂ – пласты покурской свиты, ПМ – перемычка между пластами, Куз. – кузнецовская свита; АФ – аккумулятивные формы, МПМ – малоподвижное мелководье, ПК – приливные каналы, ПОЗ – приливно-отливные зоны, ЗЛ – заливы и лагуны, ПМ – подвижное мелководье; + – мало (<15 %); ++ – много (>15 %); сл. – следы																

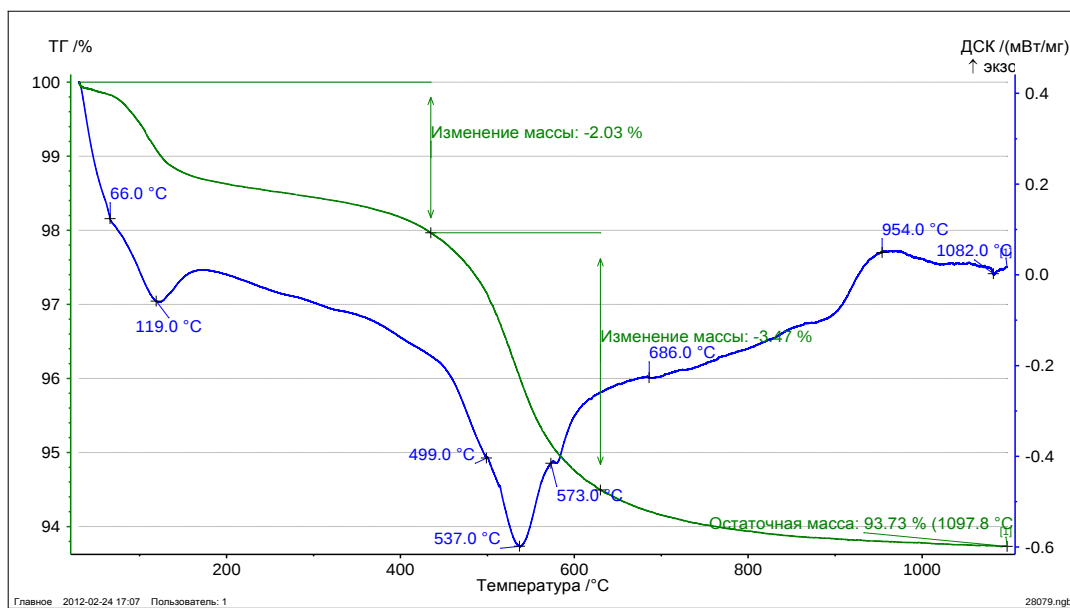


Рисунок 29 – Термограмма хлорит-каолинит-гидрослюдистой ассоциации

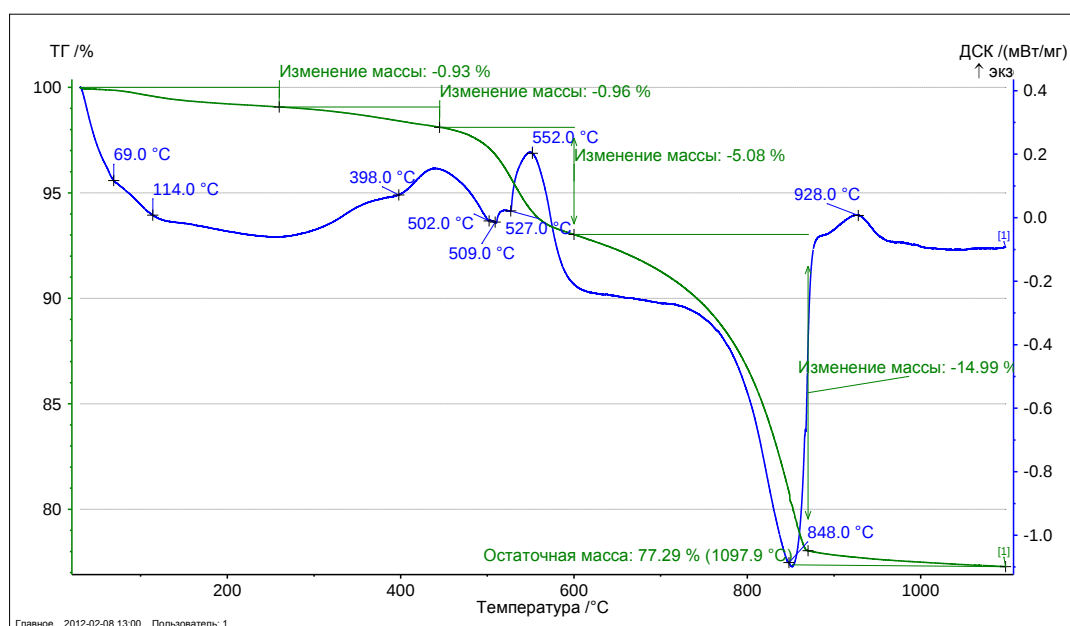


Рисунок 30 – Термограмма иллит-каолинит-хлорит-монтмориillonит-карбонатной ассоциации

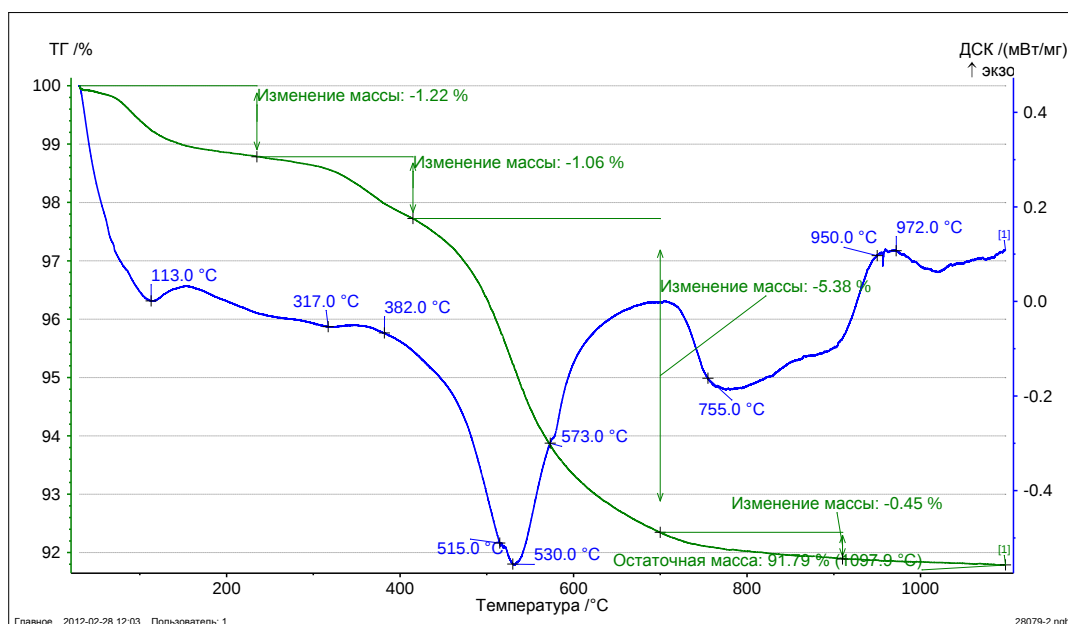


Рисунок 31 –Термограмма иллита-каолинита-хлорита-монтмориллонитовой ассоциации

Литотип 5. Карбонатолиты

Карбонатолиты слагают маломощные слои до 30 см. Породы светло-серые, как правило, массивные, однородные, иногда отмечаются реликты осадочных слоистых текстур. Предположительно исходной породой являются алевролиты с карбонатным цементом.

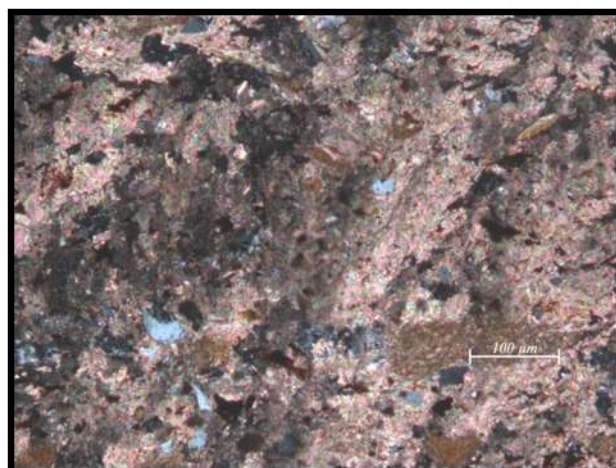
Обломочная часть составляет не более 5 % от матрицы породы. Терригенный материал слабо окатанный, плохо сортированный (искажение за счет коррозии карбонатом). Структуры зерновых контактов – точечные. Размер зерен от сотых долей до 0,05 мм. В составе преобладает кварц (до 65 %), в меньшей степени сохранились полевые шпаты (25 %) и обломки пород (10 %) (рисунок 30а-в). Включения слюд (мусковита и измененного биотита не более 1-1,5 %.

Основная масса представлена микросгустками (0,02-0,04 мм) и микрокомочками пелитоморфного кальцита. Структура преимущественно микрозернистая, микросгустковая. В матрице рассеяны многочисленные мелкие включения органического вещества бурого цвета, иногда с сохранившимся ячеистым строением (рисунок 32 б, в). Встречаются единичные округлые включения фосфата размером 0,12-0,15 мм. Отмечаются послойно

распределенные цепочки и линзовидные скопления глобулярного пирита (рисунок 32е).



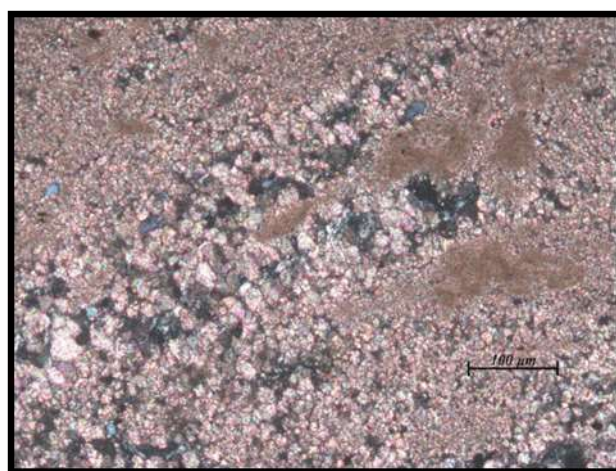
а



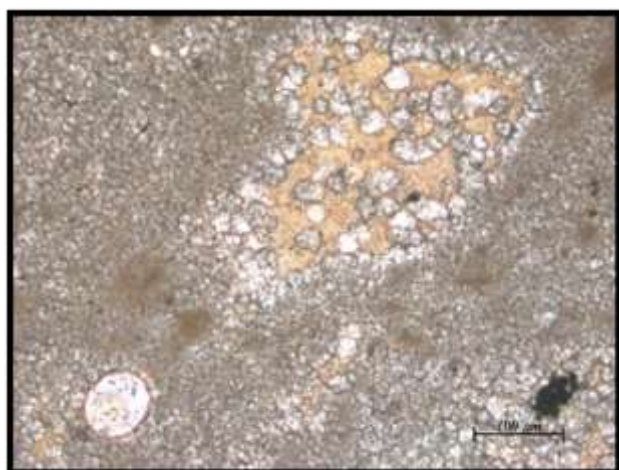
б



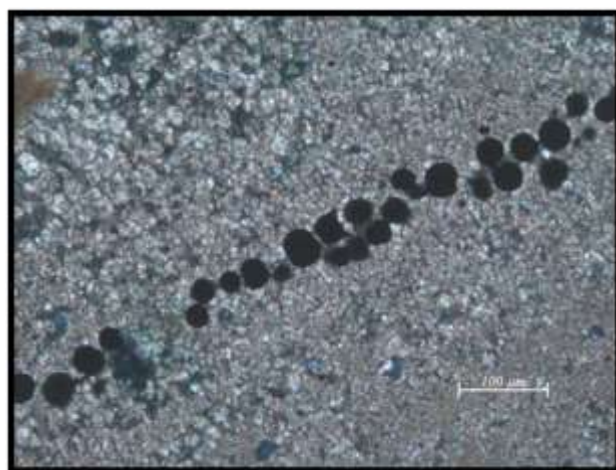
в



г



д



е

Рисунок 32 – Карбонатолиты. Шлифы, николи +

а – в – включения терригенного материала и органического вещества (обр. 28049, гл. 1001,5 м); г, д – участки перекристаллизации кальцита (обр. 28092, гл. 1024,15 м); е – цепочечное распределение глобулярного пирита (обр. 28092, гл. 1024,15 м)

Цемент, как правило, представлен кальцитом. В отдельных участках характеризуется неразлично-зернистым строением, в других – пойкитовым.

Вторичные процессы представлены кальцитизацией - образование вторичных кристаллов кальцита, инкрустирующих поры, кальцит корродирует обломки кварца [Сахибгареев, 1989]. Отмечаются участки перекристаллизации, выполненные яснозернистым микрозернистым вторичным кальцитом (рисунок 32 г, д). Помимо этого отмечается широкое развитие сидерита, образующего сферолиты, ветвистые и зигзагообразные веерные агрегаты. Локально встречаются овальные и прямоугольные фрагменты мелкозернистого сидерита размером до 0,01- 0,1 мм.

На основании проведенных исследований можно заключить, что осадочные породы Ваньеганской структуры прошли стадии седиментогенеза, диагенеза, о чем свидетельствует слабая литификация осадка, и частично претерпели эпигенетические преобразования. Название стадий литогенеза, параметры и границы между ними принимается в соответствии с трудами Гаврилова Ю.А. (1982), Логвиненко Н.В. и Орловой Л.В. (1987), Страхова Н.М. (1983), Шванова В.Н. (1987) [Япаскурт, 1994].

На стадии седиментогенеза осуществлялась мобилизация осадочного вещества, его транспортировка и накопления в виде осадка. На данном этапе состав осадка представлен основными породообразующими минералами, обломками пород и небольшим количеством аксессуариев (таблица 4).

Диагенетические преобразования можно разделить условно на два этапа. В раннедиагенетический этап формировались преимущественно карбонатные минералы, представленные родохрозитом, кальцитом, сидеритом и франколитом. Их образование обусловлено хемогенной садкой из поровых вод, что подтверждается кристаллически-зернистыми агрегатами кальцита и конкреционными сидерита. В эту же стадию отмечается образование пирита, как правило, фрамбоидальной формы.

Позднедиагенетический этап характеризуется развитием глинистых минералов, представленных хлоритом, каолинитом, монтмориллонитом,

гидрослюдами. Это подтверждается развитием хлоритов по зернам биотита, а также отмечается каолинитизация и гидрослюдизация полевых шпатов. Также на этом этапе отмечается мобилизация кремнезема, что фиксируется появлением регенерационных кварцевых каемок. Совместное нахождение каемок и широкое развитие гидрослюды, позволяет сделать вывод о, преимущественно, кислой среде осадка.

Таблица 4 – Стадии литогенеза пластов ПК₁ и ПК₂ Ваньеганской структуры

Минералы	Седиментогенез	Диагенез		Эпигенез
		I	II	
Кварц	++++++		++	
Полевые шпаты	++++++			
Плагиоклазы	++++++			
Мусковит	+++			
Биотит	+++			
Гидрослюда	++		+++	
Каолинит	+++		++	
Обломки пород	+++			
Рутил	+			
Магнетит	+			
Циркон	+			
Кальцит		+++		++++
Родохрозит		++		
Франколит		+		
Сидерит		+++		++++
Пирит		++		
Монтмориллонит			++	
Хлорит			++	

Эпигенетические преобразования представлены карбонатизацией и сидеритизацией осадка. Вторичная цементация этими минералами выявляется на основании их структурных особенностей, выраженных в развитии пойкиллитовой и розеточной структур.

Обобщая комплекс проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Реконструкции фациального режима осадконакопления по текстурно-структурным особенностям верхнесеноманских осадков в

пределах Ваньеганской структуры позволило выделить три группы фаций, отвечающих континентальным (русловым, дельтовым), переходным (маршево-болотным) и морским (приливно-отливным зонам, приливным каналам, аккумулятивным формам, лагунам и подвижному мелководью) условиям.

2. Литологические особенности и минеральный состав изученных осадков подчеркивают значительную вариативность терригенной составляющей. Контрастный состав аутигенных перегенезисов, выраженный в развитии каолинит-монтмориллонитового, хлорит-каолинит-гидрослюдистого, карбонатно-глинистого цементов, а также рассеянных проявлений сидеритовой, сульфидной и фосфатной минерализации указывает на конвергентность признаков континентальной и морской седиментации, подчеркивая переменную активность морских и пресных вод.

3.2 Петрохимическая неоднородность пластов ПК₁ и ПК₂

В виду резкой латеральной и вертикальной фациальной неоднородности предпринята попытка охарактеризовать исследуемые породы с петрохимической стороны.

Комплекс петрохимических исследований по осадочным породам Ваньеганской структуры базировался на результатах 124 рентгенофлуоресцентных анализах (Приложение 6). В качестве основных задач решались следующие вопросы: 1) петрохимическая аттестация главных типов горных пород; 2) анализ закономерностей изменения их химизма в сводном стратиграфическом разрезе.

3.2.1 Общая химическая характеристика

Для петрохимической типизации изученных пород использовалась систематика, предложенная Э.Я. Юдовичем и М.П. Кетрис (2000), в основе которой лежат пороговые значения SiO₂, P₂O₅, (Na₂O+K₂O) (в масс. %) и основные литогеохимические модули (Приложение 7): гидролизатный,

алюмокремниевый, фемический, титановый и нормативной щелочности [Ефремова, Стафеев, 1985; Интерпретация..., 2001; Маслов, 2005; Юдович, Кетрис, 2000, 2011].

Согласно представленной систематике, в составе изученного разреза выделяются сиаллиты, карбонатолиты и аквалиты? (субкарбонатные породы) (таблица 5).

Таблица 5 – Химический состав основных разновидностей терригенных пород пластов ПК₁ и ПК₂

Оксиды	Сиаллиты (n = 107)		Карбонатолиты (n = 7)		Аквалиты (n = 10)	
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
SiO₂	46,24	74,87	1,00	41,30	47,43	48,98
TiO₂	0,49	2,94	0,19	0,83	0,49	1,27
Al₂O₃	15,11	25,57	4,62	11,79	17,43	22,52
Fe₂O₃	1,96	20,74	1,00	12,57	3,07	8,84
MgO	0,07	2,77	0,10	4,06	0,07	1,02
CaO	0,06	2,52	15,63	36,59	0,21	1,16
MnO	0,01	0,64	0,11	0,17	0,02	0,20
Na₂O	0,22	2,79	0,20	0,71	1,09	1,69
K₂O	0,41	3,86	0,22	2,11	1,28	2,56
P₂O₅	0,01	1,65	0,07	4,40	0,01	0,11
П.П.П.	4,37	13,76	9,50	24,64	10,10	24,50
Примечание: мин – минимальное значение; макс – максимальное значение.						

Основной объем осадков верхнего сеномана Ваньеганской структуры представлено сиаллитами. Так по вариациям гидролизатного модуля эти образования подразделяются на нормо- и суперсиаллиты (ГМ = 0,31 – 0,55; n = 108), гипо- и нормогидролизаты (ГМ > 0,55; n = 8) и силиты (ГМ < 0,30; n = 3). Также в разрезе отмечаются железистые аналоги выделенных разновидностей (ЖМ > 0,40; Fe₂O₃ = 8,5 – 21 %, n = 16). Формирование которых можно связывать с проявлениями сингенетической карбонатизации, о чем свидетельствуют увеличение содержания MgO и CaO до 2-3 % на фоне роста железистости. Помимо этого, при анализе распределения титанового модуля была выделена небольшая группа высокотитанистых пород (ТМ = 0,07 – 0,17; n = 6), образованных в зонах повышенной гидродинамической активности за счет намывов тяжелых минералов (гематит, ильменит и др.).

Субкарбонатные породы (аквалиты) и карбонатолиты представляют собой аномальные сегменты разреза, связанные с латеральными изменениями фациального режима и не могут быть использованы при его расчленении.

Типизация терригенных осадков [Неелов, 1980; Юдович, Кетрис, 2000] сопоставляется с характером вариаций гидролизатного модуля (ГМ = 0,25 до 0,63) и указывает на принадлежность данных образований к олигомиктовым и полимиктовым песчаникам и алевролитам (рисунок 33).

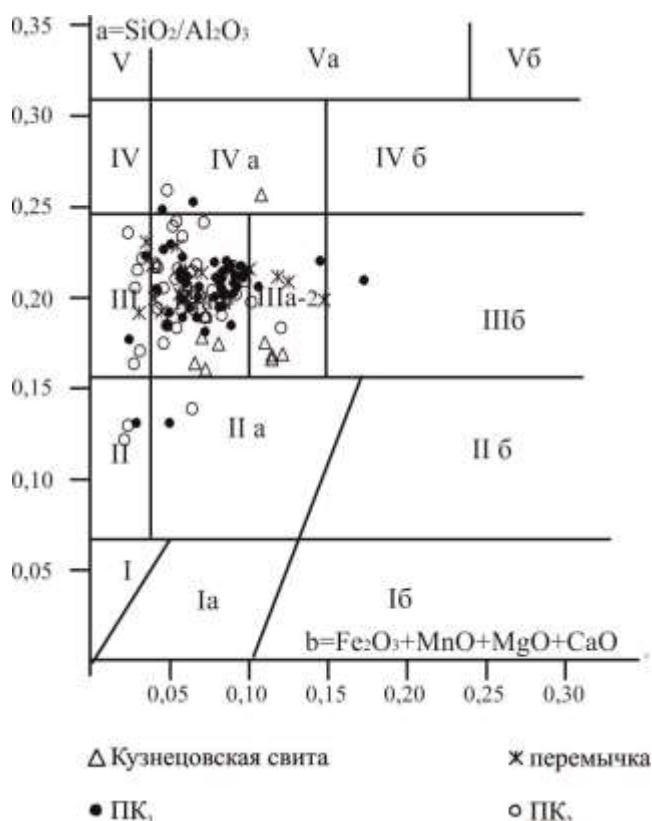


Рисунок 33 – Типизация пород Ваньеганского месторождения на классификационной диаграмме «a-b» (Неелов А.Н.) для силикатных, смешанных и несиликатных категорий осадков [Неелов, 1980].

Условные обозначения:

II – олигомиктовых псаммитолитов и их слабокарбонатистые слабожелезистые (IIa) и карбонатистые железистые типы (IIб); III – кислых туффитов и субсилицитов, включающих аркозовые (IIIa-1), полимиктовые (IIIa-2), граувакковые, карбонатистые или железистые полимиктовые песчаники и туффиты среднего-основного состава (IIIб); IV – алевролиты и пелит-алевролиты и их полимиктовые (IVa), граувакковые разновидности, включая основные туффиты и глиноземистые граувакковые песчаники (IVб);

Локальное смещение фигуративных точек в область граувакк определяется обогащением пород железом в следствие сидеритизации. Данный вывод подтверждается характером щелочности пород, для которых характерна сугубо калиевая специализация, что согласно диаграмме [Петтиджон, 1976] подчеркивает аркозовый состав осадков (рисунок 34). Установленные вариации железистости первично аркозовых осадков определяются изменением фациальных условий седиментации. Это фиксируется распределением фигуративных точек составов пород на диаграмме М. Херрона [Herron, 1988], отражающим эволюционирование химизма пород от морских к континентальным железистым сланцам (рисунок 35). Аналогичная тенденция

устанавливается и при распределении фемического модуля (ФМ) и модуля нормативной щелочности (НKM) [Маслов, 2005; Юдович, 2000].

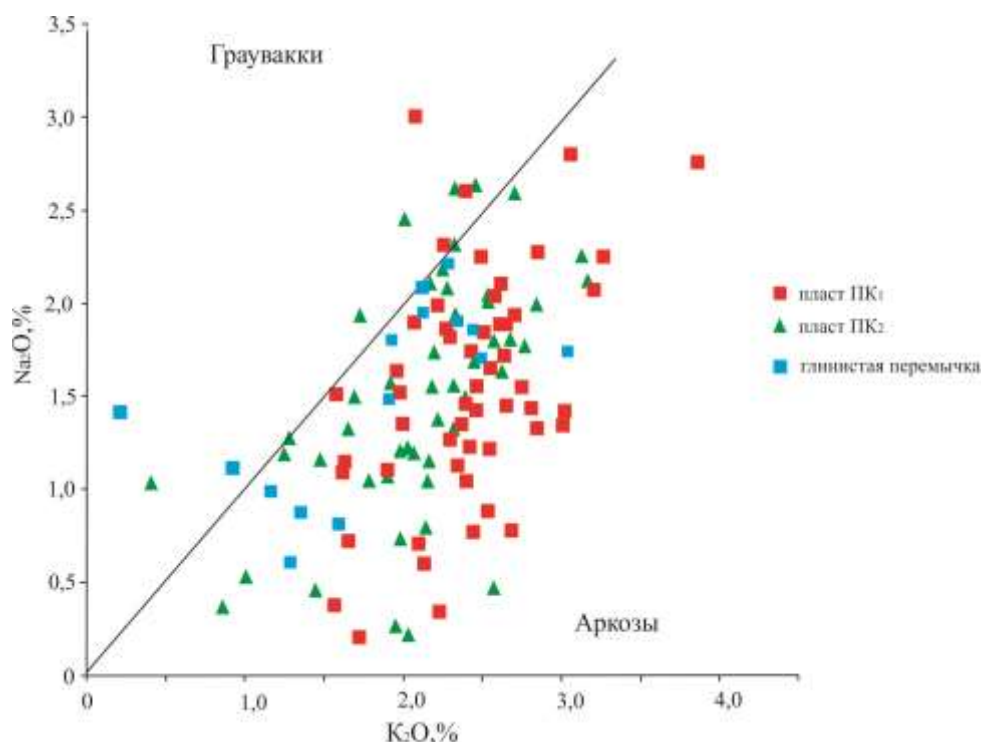


Рисунок 34 – Диаграмма Ф. Петтиджона для разделения аркоз и граувакк [Петтиджон, 1976]

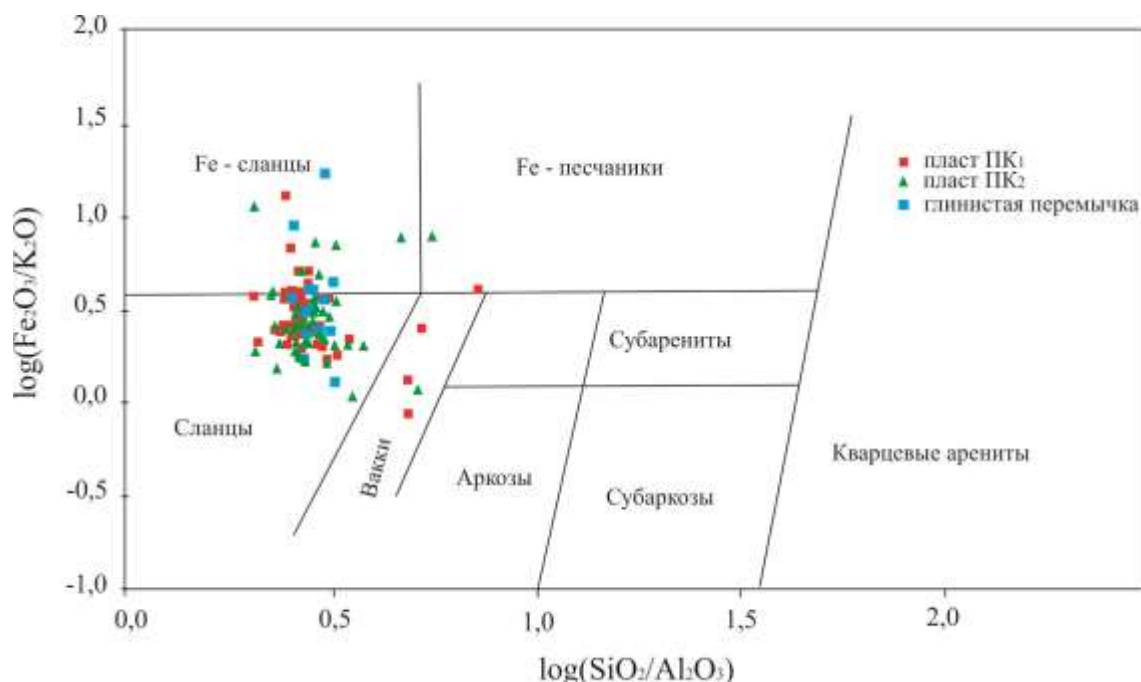


Рисунок 35 – Классификационная диаграмма М. Херрона [Herron, 1988]

Согласно этим параметрам среди изученных пород выделяются осадки трех основных типов. В первом преобладает каолинит, второй характеризуется преимущественно монтмориллонитовым составом, третий – трехкомпонентной

глинистой ассоциации (хлорит + монтмориллонит + гидрослюда), что свидетельствует о периодической смене континентальных и морских режимов осадконакопления (рисунок 36).

Оценивая распределение основных петрохимических параметров и модулей в генерализованном разрезе верхнего сеномана Ваньеганской структуры, устанавливается существенное перекрытие диапазонов их вариативности в глинах кузнецовской свиты (КС), пластах ПК₁ и ПК₂, а также перемычки между ними (ПМ). Это наглядно демонстрируется и приведенными диаграммами, на которых отмечается практически полное взаимное перекрытие полей составов пород, слагающих различные части разреза.

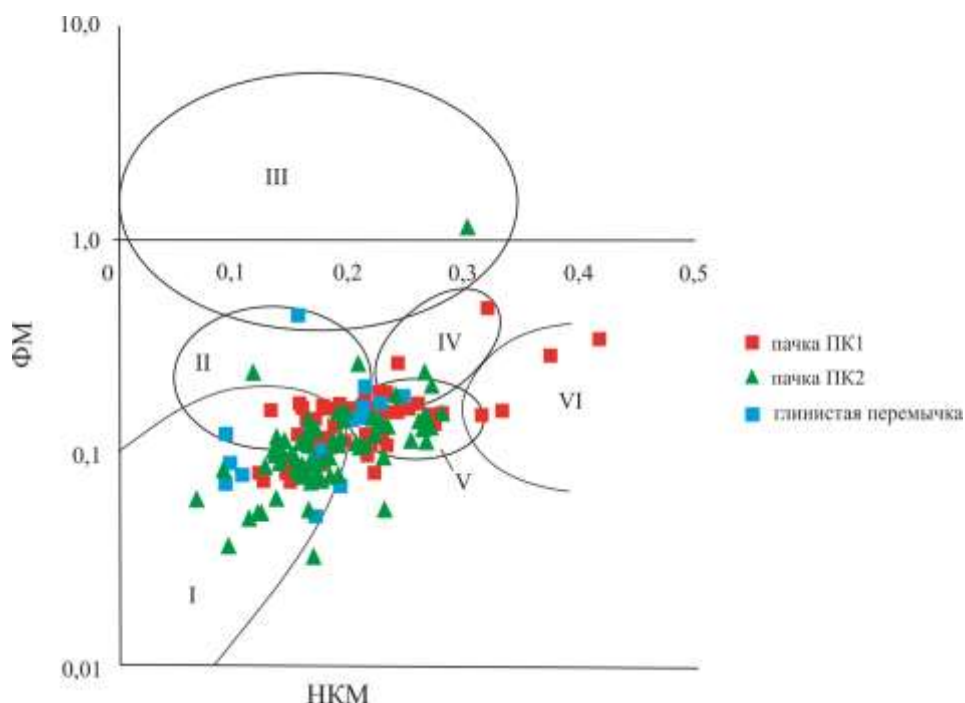


Рисунок 36 – Диаграмма ФМ-НKM [Юдович, Кетрис, 2000]

Условные обозначения:

Поле I отвечает составам глинистых пород, в которых доминирует каолинит. Поле II – это породы с преобладанием монтмориллонита и подчиненным количеством каолинита и гидрослюда. В поле III на данной диаграмме попадают глинистые породы, в составе которых доминирует хлорит, а в виде примеси может присутствовать Fe-гидрослюда. Поле IV отвечает глинистым породам преимущественно гидрослюдистого состава, имеющим значительную примесь тонкозернистых обломков полевых шпатов. В поле V локализованы составы глинистых пород, состоящих из «... стандартной трехкомпонентной системы хлорит + монтмориллонит + гидрослюда»). VI – поле гидрослюдистых глинистых пород.

Некоторые тенденции прослеживаются в изменении медиальных значений гидролизатного модуля и параметра нормативной щелочности НКМ. При этом значения ГМ для осадков покурской свиты составляет 0,48, а для кузнецовской – 0,41, что свидетельствует о более восстановительных условиях формирования туронских отложений. Для НКМ устанавливаются более значимые вариации, фиксирующие возрастание этого параметра в ряду ПК₂ (0,18) → ПК₁ (0,20) → КС (0,21) и отражающие трансгрессивный режим становления разреза.

3.3 Статистическая систематика петрохимических параметров пород покурской свиты на основании кластерного анализа

Высокая интенсивность перекрытия полей на разных диаграммах не позволяет четко оценить принадлежность пород к той или иной группе и проследить вертикальную эволюцию исследуемых осадков. Для этого был применен кластерный анализ по составу петрогенных оксидов. Кластерный анализ предполагает ранжированное выделение контрастных группировок по уровню близости комплексных петро-, геохимических параметров между конкретными образцами [Елькин, 1987; Летникова, Данилов, 1995; Мансуров, 1995; Gu et al., 2014].

Анализ исследуемой выборки по петрогенным оксидам, в целом, подтверждает литологическую типизацию отложений структуры. Кластерная дендрограмма позволяет выделить среди проанализированных образцов четыре группы ассоциаций горных пород, различающиеся между собой по содержанию кремнезема на уровне значимости 60-100 %: 1) аномально низкокремнистую (П–I, SiO₂ = 1 – 41 %); 2) низкокремнистую (П–II, SiO₂ = 42 – 54 %); 3) умереннокремнистую (П–III, SiO₂ = 53 – 62 %), 4) высококремнистую (П–IV, SiO₂ = 63,2 – 74,9%). Помимо этого в наиболее представительном кластере умереннокремнистых осадков (П–III) отмечается более дробное деление по соотношению Al₂O₃ и Fe₂O₃ (таблица 6). Данные кластеры объединяют

основные петрографические разновидности и отражают литологическую типизацию разреза (рисунок 37)

Первая группа (П–I) аномально низкокремнистых пород соответствует аномальным сегментам разреза и включает в себя 7 проб, представленных карбонатолитами и интенсивно карбонатизированными песчаниками и алевролитами. Она характеризуется следующими содержаниями петрогенных оксидов $\text{SiO}_2=1-41\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=4,6-11,8\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3=1,0-12,6\%$. Отличительной особенностью которых являются повышенные концентрации $\text{CaO}=15,6-36,6\%$, $\text{MnO}=0,11-17,6\%$ и $\text{P}_2\text{O}_5=0,07-11,1\%$, что подчеркивает процессы карбонатизации и фосфатизации осадка. К данной группе относятся только породы морского генезиса, представленные фацией малоподвижного мелководья.

Вторая группа (П–II) представляет собой низкокремнистые образования (5 проб) – глины монтмориллонитового состава – процентные концентрации оксидов кремния, алюминия и железа варьирует в пределах 46,3-54,1 %, 15,7-18,7 %, 4,1-20,7 %, соответственно. Данная группа преимущественно характеризует осадки кузнецовской свиты, в покурской встречаются единичные образцы. Отличительной особенностью этих пород является повышенное содержание марганца 0,04 - 0,64 % и широкие вариации $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4-21\%$ и П.П.П. = 9,3-24,5 %, что предполагает развитие сидеритизации и пиритизации.

В фациальном плане данные осадки соответствуют отложениям лагун и заливов и малоподвижного мелководья. При этом следует отметить, что осадки лагун являются более глиноземистыми, железистыми и титанистыми по сравнению с морскими осадками.

Третий кластер (П–III) состоит из глин, песчаников и алевролитов и характеризуется широким фациальным разнообразием, с явным преобладанием отложений малоподвижного мелководья.

Таблица 6 – Результаты кластерного анализа по петрогенным оксидам

[illegible]

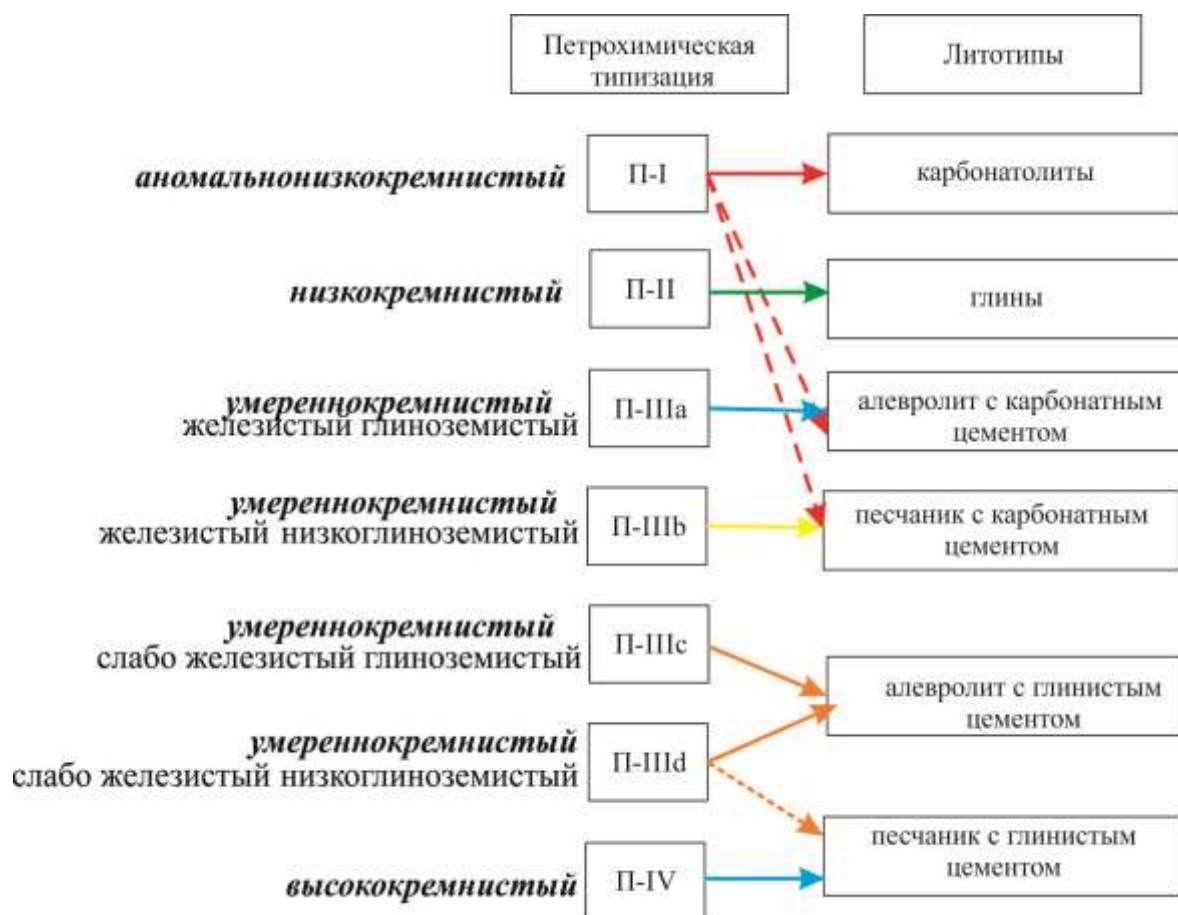


Рисунок 37 – Схема соответствия литотипов с петрохимическими типами исследуемых осадков

Дискриминация внутри данного кластера предполагает обособление четырех групп (субкластеры П-IIIa, П-IIIb, П-IIIc, П-IIId), которая выдерживается на основании содержания кремния, алюминия и железа (таблица 6).

Первые два относятся к более кремнистым разновидностям ($\text{SiO}_2 = 58,04-62,09\%$) и пониженным содержаниям Fe_2O_3 (2-7 %) и могут быть описаны как глиноземистые маложелезистые ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 20-25\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2-5\%$) – субкластер П-IIIa и низкоглиноземистые маложелезистые ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 18-21\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5-7\%$) – субкластер П-IIIb. При этом субкластер П-IIIa представлен всеми тремя фациальными группами, однако морские отложения отличаются от других более высокими значениями Al_2O_3 , подчеркивающими их зрелость, и слегка пониженными медианными значениями оксидов железа и магния, что, на фоне увеличения содержания CaO , может свидетельствовать о преобладании

процессов сингенетичной карбонатизации над сидеритизацией. Низкоглиноземистые маложелезистые осадки (кластер П–IIIb) представлены отложениями морских фаций, которые отличаются увеличением магнезиальности и глиноземистости, на фоне обеднения суммой щелочей, фиксируя преобладание в составе гидрослюды и, как следствие более высокую зрелость.

Субкластеры П–IIIc и П–IIId представляют собой менее кремнистые осадки ($\text{SiO}_2 = 53,47\text{--}58,81\%$) с повышенными концентрациями железа и определяются как глиноземистые железистые ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 20\text{--}23\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5\text{--}7\%$) – субкластер П–IIIc и низкоглиноземистые железистые ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 17\text{--}20\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 7\text{--}9\%$) – субкластер П–IIId. Эти кластеры объединяют отложения малоподвижного мелководья и прибрежно-морских фаций. При этом последние отличаются более низкими медианными значениями оксидов кремния и алюминия, отмечая близкую степень зрелости.

Четвертый кластер (П–IV) объединяет высококремнистые образования (12 проб) с содержанием $\text{SiO}_2 = 62,4\text{--}74,9\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 15,1\text{--}22,1\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,96\text{--}7,96\%$. В данную группу входят песчаники фаций аккумулятивных форм, приливных каналов, приливно-отливных зон и песчаные образования малоподвижного мелководья, которые, как правило, приурочены к пограничным зонам смены фациальной обстановки осадкообразования.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что основная неоднородность выборки определяется характером распределения оксидов Ca, Si, Fe и Al, что отражает литологические особенности пород, обусловленные их минералогическим составом. При этом концентрации железа и кальция отражают наложенную и сингенетичную карбонатизацию и сидеритизацию. Соотношения SiO_2 и Al_2O_3 рассматриваются как показатели зрелости осадков, при этом совокупность Al_2O_3 и Fe_2O_3 можно также интерпретировать как показатели зрелости, на фоне изменения окислительно-восстановительных условий среды седиментации.

3.4 Петрохимическая неоднородность пластов ПК₁ и ПК₂, как отражение физико-химических условий осадкообразования

Для исследуемых пород была установлена частая фациальная латеральная и вертикальная изменчивость. В предыдущем разделе были обнаружены параметры, характеризующие вертикальную составляющую неоднородности. Для того, чтобы найти факторы, определяющие латеральную неоднородность, была предпринята попытка установить взаимосвязь химического состава с изменением условий образования осадка. Как правило, решение этой задачи базируется на выявлении устойчивых корреляционных связей между петрогенными оксидами и геохимическими индикаторами. По опыту исследований [Бахтин и др., 2007; Дэвис, 1990; Енгальчев, Панова, 2011; Ткачев, 1975] для этих целей себя зарекомендовал факторный анализ. Сущность данного метода заключается в построении собственных векторов исходной ковариационной матрицы, длина которых отображает их относительный вклад в суммарную дисперсию выборки [Дэвис, 1990]. Число связей соответствует количеству исходных параметров химического состава пород (петрогенных оксидов, величины потерь при прокаливании). При петрографическом моделировании их количество ограничивается 3-5 параметрами, суммарная нагрузка которых составляет 75-91 %. Структура каждой компоненты или ее координаты определяются коэффициентами корреляции отдельных переменных и, по существу, фиксирует роль взаимных вариаций петрогенных оксидов при ее построении.

Было проведено ранжирование массива петрохимических данных методами кластерного и факторного анализов.

Кластерная дендрограмма петрогенных оксидов (рисунок 38) позволяет выделить несколько групп компонентов.

Первая – объединяет TiO₂, MnO, P₂O₅, сильная связь с оксидами марганца с фосфором определяется тесной ассоциацией фосфатов с карбонатами марганца, подчеркивая их хемогенную природу и схожие условия соосаждения

[Гриффит и др., 1977; Ильин, 1990; Смирнов, 1972]. Их тесная зависимость с титаном отражает механический барьер фосфатно-карбонатных взвесей по отношению к тяжелой терригенной фракции [Батурин, 2004].

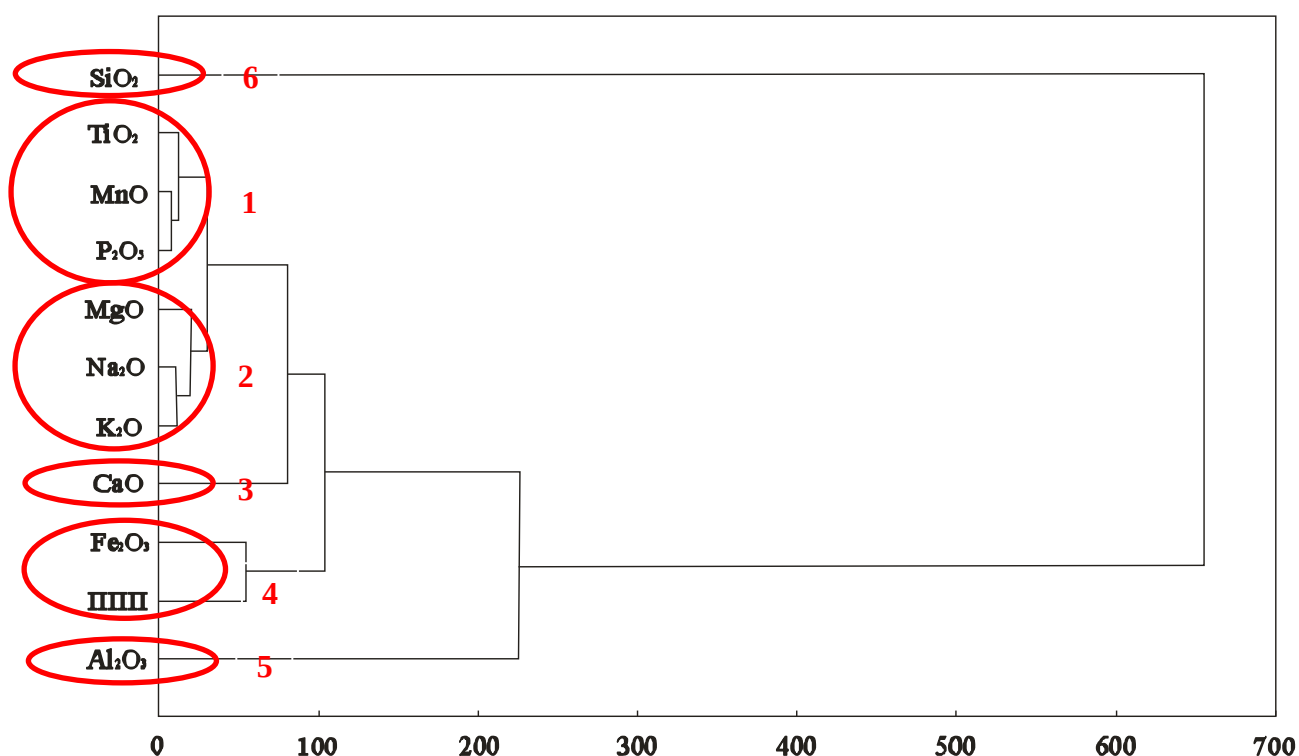


Рисунок 38 – Дендрограмма кластерного анализа для основных петрогенных оксидов

Примечание: тип анализа иерархический, метод расчета расстояний – Евклидово расстояние; цифрами указаны выделяемые группы элементов.

Вторая группа объединяет когерентные монтмориллонитам и гидрослюдам MgO , Na_2O и K_2O и, следовательно, определяет состав глинистого цемента морского происхождения [Батурин, 2004; Гримм, 1967; Милло, 1968; Ронов, Мигдисов, 1972]. Такая интерпретация подтверждается близкими корреляционными связями с компонентами первой группы и CaO (третья группа), определяющего эпи- и сингенетическую карбонатизацию в морских и прибрежно-морских условиях [Ронов, Мигдисов, 1972].

Четвертая группа представленная Fe_2O_3 и ППП, подчеркивает связь железа с летучими компонентами, главным образом, CO_2 и интерпретируется как следствие сидеритизации осадка [Ронов, Мигдисов, 1965; Langmuir, 1971].

Пятая и шестая группа компонентов представлена моноэлементными ассоциациями, глинозема и кремнезема соответственно. Установленные при этом более близкие связи оксида алюминия с вышеописанными группами подчеркивает аутигенную природу данных связей и позволяет рассматривать Al_2O_3 , как показатель каолинитизации и зрелости осадков [Родыгина, 2006].

Резко обособленная позиция кремнезема относительно остальных компонентов указывает на его терригенную природу и рассматривается как доля аллотигенной составляющей [Бергер, 1986].

Таким образом, петрохимическая неоднородность изученных осадков является следствием вариативности их минерального состава, фиксирующий изменения их аутигенной составляющей и, следовательно, отражает изменения условий формирования осадков и палеофациальные режимы их накопления.

Для более детальной диагностики указанных параметров для разреза сеномана Ваньеганской структуры был проведен факторный анализ.

В первую очередь, особое внимание на себя обращает связь $TiO-MnO-P_2O_5$ с CaO , которая четко обусловлена проявлением аномальных концентраций этих оксидов в карбонатолитах и карбонатизированных породах. В связи с тем, что общая доля аномальных пород не превышает 5 % от общей выборки, то для оценки условий формирования терригенных осадков Ваньеганской структуры, при проведении факторного анализа, они были исключены. Таким образом, представляется следующая факторная картина (таблица 7).

Первая компонента (петрохимический фактор – ПФ1), имеющая максимальное влияние на вариативность пород Ваньеганской структуры, характеризуется обратной тенденцией накопления SiO_2 , к оксидам когерентным фосфатам и карбонатам P_2O_5 , CaO , MnO , Fe_2O_3 . Это позволяет интерпретировать данный фактор как индикатор интенсивности карбонатизации терригенных осадков. Наблюдаемая при этом значимая положительная нагрузка K_2O (0,65) и Na_2O (0,57) указывает на высокую активность щелочей при развитии аутигенной минерализации, подчеркивая морской режим седиментации [Батурин, 1975, 2004; Мейнард, 1985; Юдович,

Кетрис, 2000]. Правомерность данной интерпретации определяется сопоставлением собственных абсолютных значений этой компоненты с ранее выделенными фаціальными группами. Наиболее наглядно это фиксируется для морских осадков кузнецовской свиты, которые обнаруживают исключительно положительные параметры данной компоненты.

Таблица 7 – Результаты факторного анализа по петрогенным оксидам

	ПФ 1	ПФ 2	ПФ 3	ПФ 4
SiO ₂	-0,77	0,05	-0,60	-0,18
TiO ₂	0,39	-0,82	-0,17	-0,18
Al ₂ O ₃	-0,21	-0,43	0,47	0,71
Fe ₂ O ₃	0,89	-0,11	-0,02	-0,03
MgO	0,27	0,74	0,04	-0,03
CaO	0,82	0,31	-0,05	-0,07
MnO	0,74	-0,58	-0,11	-0,13
Na ₂ O	0,57	0,05	-0,29	0,30
K ₂ O	0,65	0,43	-0,09	0,36
P ₂ O ₅	0,90	0,02	-0,15	-0,03
П.П.П.	0,23	0,09	0,80	-0,47
Общ. дис.	40,81	18,65	12,42	9,32
Доля общ.	0,37	0,17	0,13	0,09

$$\begin{aligned} \text{ПФ1} &= \frac{\text{P}_2\text{O}_{5(0,9)} \text{Fe}_2\text{O}_{3(0,89)} \text{MnO}_{(0,74)} \text{K}_2\text{O}_{(0,65)} \text{Na}_2\text{O}_{(0,57)}}{\text{SiO}_{2(0,77)}} & \text{ПФ2} &= \frac{\text{MgO}_{(0,74)} \text{K}_2\text{O}_{(0,43)}}{\text{TiO}_{2(0,82)} \text{MnO}_{(0,58)} \text{Al}_2\text{O}_{3(0,43)}} \\ \text{ПФ3} &= \frac{\text{П.П.П.}_{(0,80)} \text{Al}_2\text{O}_{3(0,47)}}{\text{SiO}_{2(0,60)}} & \text{ПФ4} &= \frac{\text{Al}_2\text{O}_{3(0,72)} \text{K}_2\text{O}_{(0,36)} \text{Na}_2\text{O}_{(0,30)}}{\text{П.П.П.}_{(0,47)}} \end{aligned}$$

Структура второй компоненты определяется обратным накоплением магния, кальция и калия по отношению к марганцу, титану и алюминию на фоне незначимых вариаций SiO₂ и P₂O₅ (петрохимический фактор – ПФ2). Подобная структура предполагает определяющую роль аутигенной минерализации. При этом совместное концентрирование Ti, Mn и Al предполагает соосаждение гидролизатных минералов (глин и оксидов титана), на фоне выпадения гидроксидов марганца, и отражает повышенную кислотность среды седиментации, а накопление кальция и магния в совокупности с калием фиксирует восстановительную карбонатизацию в щелочной среде [Грим, 1967; Мейнард, 1985; Минералогия., 1987;

Фролов, 1984]. Обоснованность подобной трактовки подчеркивается обратной зависимостью значений абсолютной нагрузки данной компоненты от уровня накопления карбонатов и количественных соотношений каолинита к монтмориллониту [Грим, 1967; Минералогия., 1987; Фролов, 1984]. Помимо этого структура данного фактора предполагает латеральную дифференциацию в зоне перехода суша – море.

Третья компонента (петрохимический фактор – ПФ3) обнаруживает контрастное противопоставление SiO_2 с Al_2O_3 и П.П.П. Учитывая отсутствие значимых коэффициентов по остальным оксидам, данную структуру можно описать как соотношение терригенной и глинистой составляющих, отвечающих кварцевому и каолинит-гидрослюдистому парагенезисам [Маслов, 2005; Маслов, Крупенин, 2005; Мигдисов, 1960]. При этом положительные значения фактора фиксируют обогащение осадков тонкодисперсной составляющей в условиях пониженной гидродинамической активности, о чем свидетельствуют его нагрузки в осадках перемычки и кузнецовской свиты.

Структура четвертой компоненты (петрохимический фактор – ПФ4) связывается с обратной зависимостью элементов когерентных полевым шпатам Al_2O_3 , Na_2O , K_2O по отношению к величине потерь при прокаливании (П.П.П.), определяя развитие ассоциаций полевые шпаты и глинистые минералы, что позволяет интерпретировать ее как параметр аркозовости. Вариации абсолютных значений этого фактора могут быть обусловлены изменением состава петрофонда, но учитывая относительно небольшой временной интервал формирования изученных отложений, его интерпретация связывается с рециклингом нижележащих отложений [Маслов, 2005; Маслов, Крупенин, 2005].

На основании проведенных петрохимических исследований можно заключить:

1. Минеральный состав выделенных литологических типов определяется соотношением аллотигенной и аутигенной составляющих,

что отражается в вариациях распределения CaO , SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , ППП.

2. Минеральная и петрохимическая неоднородность литологических разновидностей исследуемого разреза обусловлена характером распределения аутигенных и аллотигенных минералов и фиксируется противопоставлением следующих комплексов кварц-карбонаты, магнетит+рутил (ильменит)+каолинит-монтмориллонит+карбонаты, кварц-каолинит+гидрослюда, полевые шпаты-каолинит+гидрослюда.

4 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ И ПРИНЦИПЫ КОРРЕЛЯЦИИ ПЛАСТОВ ПК₁ И ПК₂

Анализ распределения редкоземельных и высокозарядных элементов получил широкое применение в решении вопросов генезиса осадочных пород и используется при их геохимической аттестации и корреляции [Балашов, 1976; Виноградов, 1962; Ронов и др., 1972, 1990; Haskin, 1966; Martin, 1986].

Элементы-примеси (малые элементы) присутствуют в породах в количествах $< 0,1 \%$. В то же время некоторые элементы могут быть главными (петрогенными), для одних типов пород, и примесными (малыми) для других. При геохимических исследованиях используют не все элементы, обычно изучают распределение в породах наиболее показательных из них – от 20 до 40 элементов. Среди них для удобства выделяют ряд подгрупп, объединяющих элементы с близкими ионными радиусами и зарядами, и обладающих, вследствие этого, сходными свойствами или поведением в геологических процессах. К числу этих подгрупп относятся крупноионные литофильные элементы (Cs, Rb, K, Ba, Sr, Eu, Pb), высокозарядные (Sc, Y, Th, U, Pb, Zr, Hf, Ti, Nb, Ta, а также редкоземельные элементы) и переходные (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn). Крупноионные характеризуются большим ионным радиусом и низким зарядом и наибольшей подвижностью в разнообразных геологических процессах. Высокозарядные элементы являются наименее подвижными при различных постмагматических процессах. Все РЗЭ имеют близкие химические и физические характеристики (так как ионные радиусы их весьма сходны) и стабильны в трехвалентном состоянии. Некоторые различия химического поведения определяются незначительным, но постоянным увеличением ионного радиуса с увеличением атомного номера. Эти различия и используют при моделировании тех или иных геологических процессов. Важной особенностью РЗЭ является то, что элементы с четными номерами более стабильны, чем с нечетными, и поэтому встречаются в природных объектах в

более высоких концентрациях [Балашов, 1976; Интерпретация..., 2001; Родыгина, 2006].

Информативность лантаноидов традиционно определяется их инертностью в условиях метаморфизма и метасоматоза, исключение составляют лишь системы с повышенной активностью F^- . Таким образом, концентрации лантаноидов, сформировавшиеся в осадках в процессе седиментации, сохраняются неизменными при диагенезе, катагенезе и прочих эпигенетических процессах, что позволяет использовать спектры распределения редких земель в осадочных породах в качестве надежных корреляционных признаков. Накопление редких земель в осадочных породах осуществляется тремя основными способами: терригенным, хемогенным и биогенным. Терригенная составляющая концентрирования лантаноидов определяется концентрацией в осадках устойчивых к выветриванию акцессорных минералов (циркона, монацита, перовскита, сфена и др.). Как правило, данный путь реализуется в песчаниках и характеризуется более интенсивным накоплением легких редких земель относительно тяжелых. Хемогенная составляющая концентрирования лантаноидов осуществляется их сорбированием из морской воды карбонатами, фосфатами и органометаллическими соединениями. При этом в составе осадочных пород увеличивается доля тяжелых редких земель на фоне понижения общего уровня их накопления. Биогенный способ концентрирования лантаноидов, чаще всего, реализуется в холодных бассейнах с преобладанием диатомовых водорослей, которые интенсивно поглощают из морской воды Se^{3+} [Балашов, 1976; Интерпретация..., 2001]. Также Ю.А. Балашовым (1976), на основании прямой корреляции уровня накопления гадолиния (Gd^{3+}) с концентрацией фосфора, предположил концентрирование средних редких земель фосфатными микроорганизмами.

4.1 Геохимическая неоднородность пластов ПК₁ и ПК₂

Литогеохимическая характеристика отложений, вскрытых скважинами №№ 2031, 1002, 2010, 2050 и 3618, базируется на 124 ICP-MS анализах песчаников, аргиллитов и алевролитов, отобранных из пластов покурской свиты (приложение 8). Целью этих исследований являлось определение химизма бассейна осадконакопления, физико-химических условий постседиментационных преобразований и оценка возможностей геохимических индикаторов для корреляции осадочных разрезов. Для решения поставленных задач использовались традиционные геохимические индикаторы: Ti/Zr, SiO₂/Fe₂O₃, Fe/Mn, La/Yb и Sr/Ba, Ce/Ce*, Eu/Eu*, а также анализ спайдер-диаграмм и изучение морфологии спектров редкоземельных элементов, нормированных к PAAS (средний постархейский австралийский глинистый сланец).

Отношение Ti/Zr рассматривается как индикатор удаленности источника сноса. Этот параметр отражает лучшую сохранность цирконов по сравнению с Ti-содержащими минералами при длительной транспортировке или многократном переотложении континентальной кластики. Породы, образованные в ближней части осадочного бассейна, будут иметь более высокие значения указанного отношения, нежели породы удаленных зон. Исключение составляют пелагические глины и океанические карбонаты, так как при их формировании существенная роль принадлежит обломочному материалу океанических базальтов и вулканических островов [Маслов, 2005а, 2005б].

Еще одним критерием удаленности бассейна от источника сноса и интенсивности гидродинамических потоков является сумма РЗЭ (ΣTR). Интенсивный перемыв осадка на фоне высокой степени сортированности способствует накоплению в нем аксессуарных компонентов и как следствие увеличению показателя ΣTR . С другой стороны, максимальное концентрирование аксессуариев осуществляется в бассейнах умеренно

удаленных от источников сноса. При хемогенном концентрировании лантаноидов повышение ΣTR определяет значительная соленость бассейна и время взаимодействия осадка с морской водой [Балашов, 1976; Виноградов, 1962; Дубинин, 2006; Маслов, 2005а; Ронов и др., 1972; McLennan, 1989; Murray et al., 1990].

В качестве дополнительного критерия удаленности зоны накопления осадочного материала и глубинности бассейна седиментации можно рассматривать соотношение оксидов кремния и железа, которые определяют роль терригенного и хемогенного механизмов седиментации [Интерпретация..., 2001; Маслов, 2005а]. При этом основным концентратором SiO_2 является обломочный кварц, а Fe_2O_3 может накапливаться в виде сингенетичных гидроксидов, сидерита, а также входить в структуру смешаннослоистых силикатов. Подобная интерпретация позволяет предполагать обогащение наиболее удаленных и тонкодисперсных осадков железом. Соответственно увеличение значений SiO_2/Fe_2O_3 фиксирует повышенную гидродинамику седиментации и слабую дифференциацию осадка, а его уменьшение указывает на удаленность береговой линии. Правомерность подобного вывода наглядно демонстрируется взаимным распределением отношений Ti/Zr и SiO_2/Fe_2O_3 . На вариационной диаграмме (рисунок 39) обособляется три тренда относительного обогащения пород TiO_2 , SiO_2 , Fe_2O_3 : терригенный, хемогенно-терригенный и хемогенный [Интерпретация..., 2001; Маслов, 2005а; Япаскурт и др., 2001].

Особенность подобного распределения может быть обусловлена, как вариативностью гидродинамического режима седиментации, способствующей слабой дифференциации тонкодисперсных пород в отношении терригенного материала, так и карбонатизацией осадков, связывающей железо в сидерите.

Влияние карбонатизации можно оценить при сопоставлении параметра SiO_2/Fe_2O_3 с индикаторами глубинности, основанными на исключительно хемогенных компонентах. В этом качестве можно рассматривать отношение Fe/Mn , которое в осадочных породах (как терригенных, так и карбонатных) уменьшаются с увеличением глубины, что обусловлено поглощением

осадочными образованиями Mn из морской воды, сильнее проявленным в глубоководных условиях, и выпадением основной массы железа в прибрежно-морских обстановках. Из сказанного следует, что возрастание величины отношения Fe/Mn в каком-либо осадочном разрезе указывает на обмеление и опреснение бассейна вне зависимости от активности углекислоты [Маслов, 2005а; Мейнард, 1985; Юдович, Кетрис, 2011].

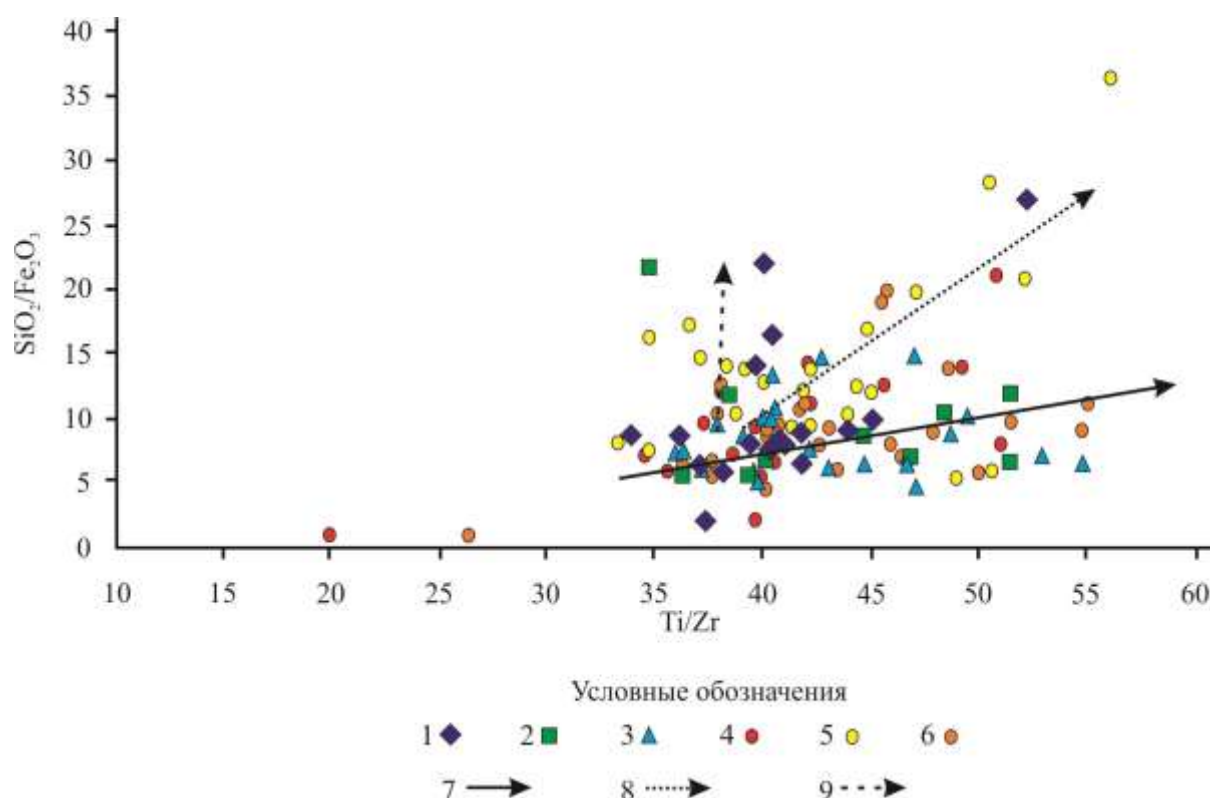


Рисунок 39 – Изменение отношений Ti/Zr и SiO₂/Fe₂O₃ и вариативные тренды для пачек пластов Ваньеганской структуры

Условные обозначения: 1 – отложения пачки ПК₁¹; 2 – отложения пачки ПК₁²; 3 – отложения пачки ПК₁³; 4 – отложения перемычки между пластами ПК₁ и ПК₂; 5 – отложения пачки ПК₂¹; 6 – отложения пачки ПК₂²; 7 – терригенный тренд; 8 – хемогенно – терригенный тренд; 9 – хемогенный тренд.

Таким образом, доля общей карбонатности разреза демонстрируется характером взаимного распределения этого отношения с SiO₂/Fe₂O₃ (рисунок 40), где четко обособляются собственно терригенный, карбонатно-терригенный и карбонатный тренды.

Снижение эффекта карбонатных трендов при оценке глубины седиментогенеза предполагается путем применения дополнительного марганцево-уранового отношения. Вариативность отношения Mn/U в прибрежно-морских и

эпиконтинентальных условиях во многом определяется окислительно-восстановительным режимом осадконакопления и активностью углекислоты (рисунок 41). При этом аккумуляция урана осуществляется на восстановительных барьерах литоральных и пелагиальных зон [Батурин, 1975], а накопление марганца связывается с локальным окислением в сублиторальных и псевдоабиссальных зонах [Арбузов, Рихванов, 2010; Мейнард, 1985; Pedersen, Price, 1982].

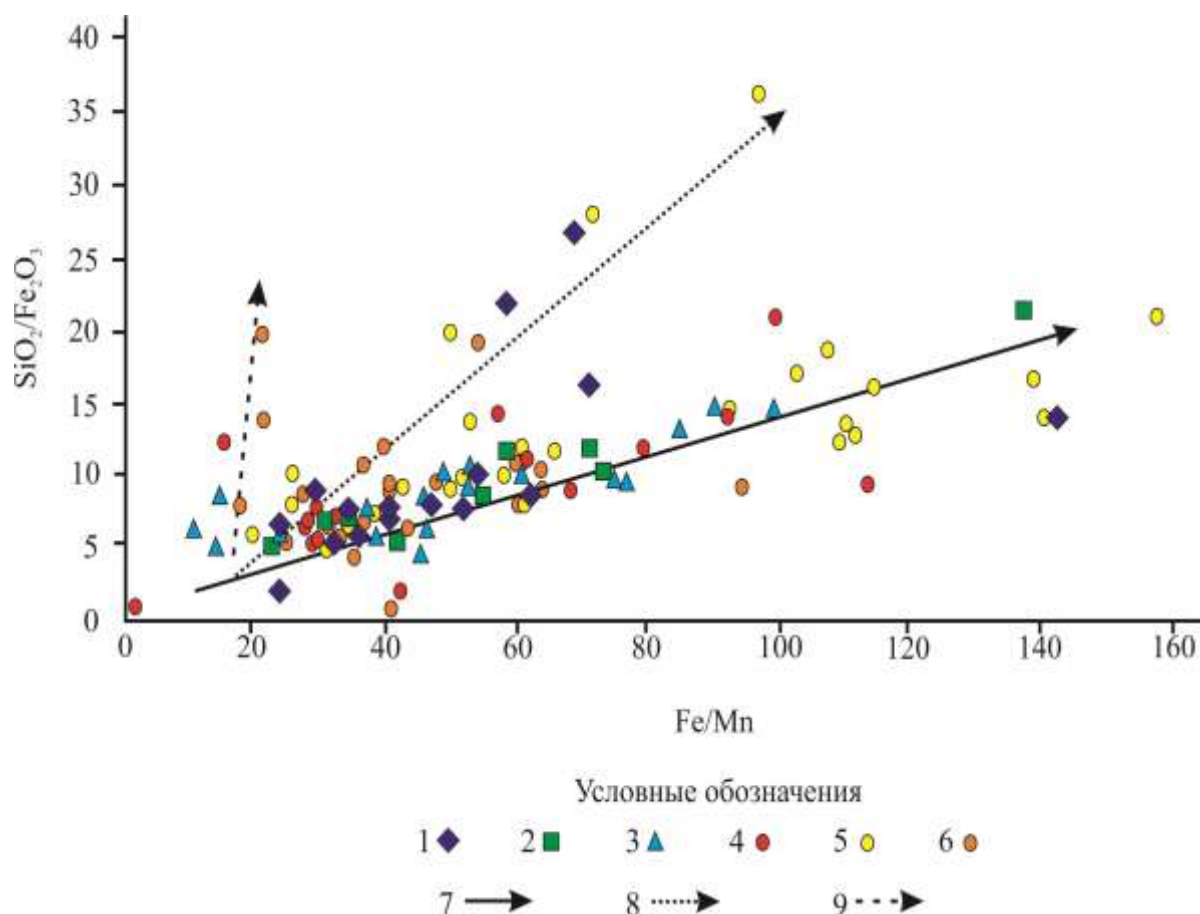


Рисунок 40 – Вариации отношений $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ и Fe/Mn в породах разреза пластов ПК_1 и ПК_2 Ваньеганской структуры, демонстрирующие терригенный и карбонатно-терригенный тренды седиментации.

Условные обозначения: 1 – отложения пачки ПК_1^1 ; 2 – отложения пачки ПК_1^2 ; 3 – отложения пачки ПК_1^3 ; 4 – отложения перемычки между пластами ПК_1 и ПК_2 ; 5 – отложения пачки ПК_2^1 ; 6 – отложения пачки ПК_2^2 ; 7 – терригенный тренд; 8 – карбонатно – терригенный тренд; 9 – карбонатный тренд.

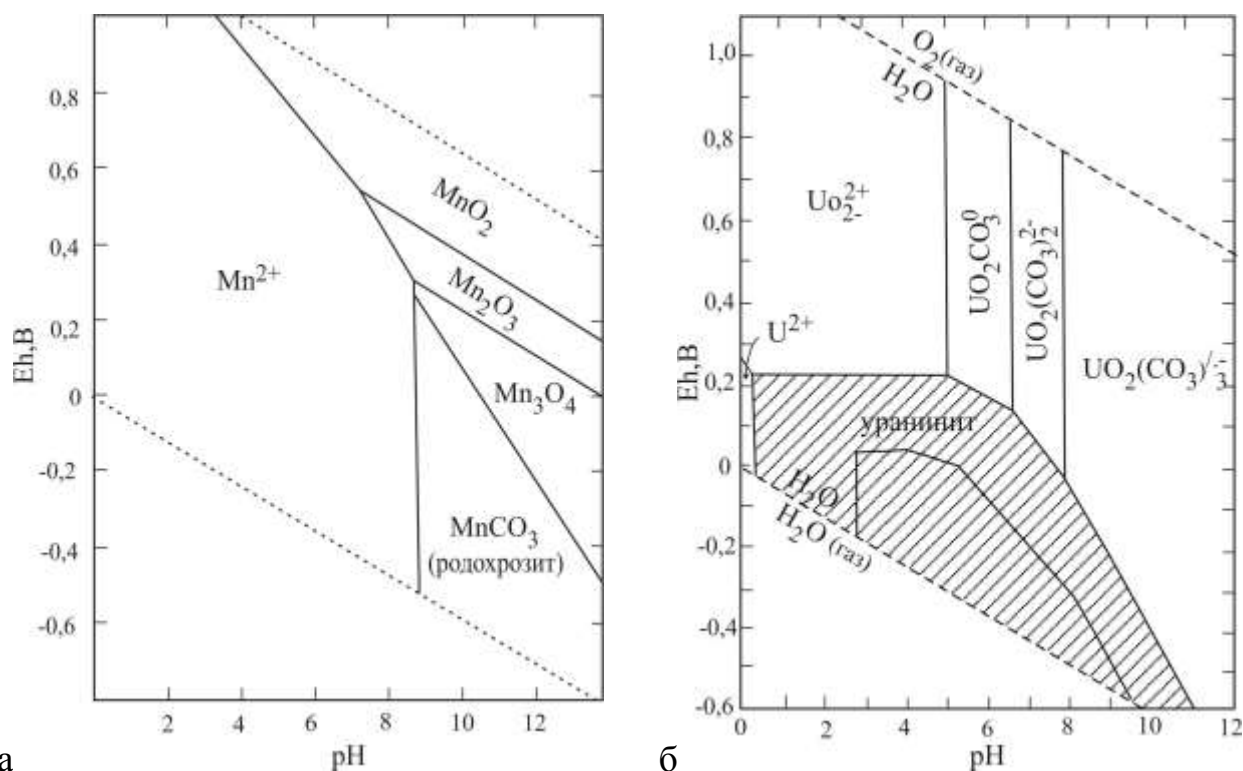


Рисунок 41 – Диаграммы в координатах рН и Eh для урана и марганца
а – для окислов и карбонатов марганца; б – для уранинита в водном растворе, содержащем CO_2 [Мейнард, 1985]

В последних случаях Mn часто входит в структуры тонкодисперсных карбонатов, образующихся в зоне взаимодействия воды с придонными осадками [Юдович, 1980, 2011; Calvert, Price, 1970]. Такая интерпретация подчеркивает возрастание значений данного отношения с увеличением глубины бассейна. Подтверждением этого является единая обратная экспоненциальная зависимость отношения Mn/U с показателями Fe/Mn и $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ (рисунок 42), которая указывает на постоянное возрастание активности CO_2 с глубиной седиментации.

Другим индикатором режима палеоглубинности и солёности бассейна является модуль нормированной щёлочности ($\text{HKM} = (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$). Данный модуль носит двойственную интерпретацию. Так для песчаников он демонстрирует соотношение полевошпатовой и глинистой составляющей, а в тонкодисперсных осадках является индикатором состава глинистых фаз. При этом диапазон значений от 0 до 0,2 фиксирует область устойчивости каолинита,

от 0,1 до 0,25 – монтмориллонита, а показатели более 0,18 – отражают обогащение пород гидрослюдами [Юдович, Кетрис, 2000].

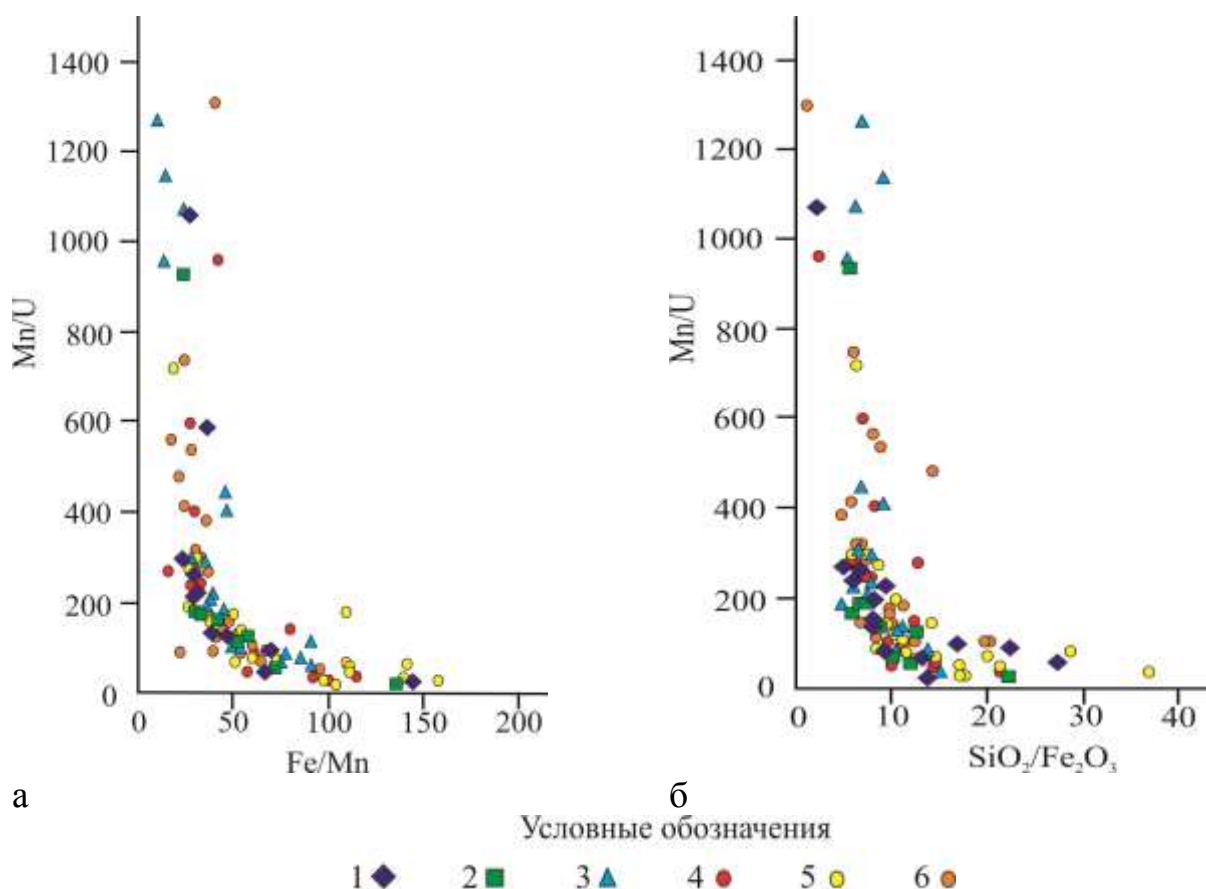


Рисунок 41 – Вариации отношений Mn/U с Fe/Mn (а) и SiO_2/Fe_2O_3 (б) в породах разреза пластов ПК₁ и ПК₂ Ваньеганской структуры, демонстрирующие единый экспоненциальный тренд седиментации

Условные обозначения: 1 – отложения пачки ПК₁¹; 2 – отложения пачки ПК₁²; 3 – отложения пачки ПК₁³; 4 – отложения перемычки между пластами ПК₁ и ПК₂; 5 – отложения пачки ПК₂¹; 6 – отложения пачки ПК₂².

Таким образом, увеличение значений данного модуля в диапазоне от 0,05 до 0,25 демонстрируют возрастание роли монтмориллонита и фиксируют увеличение степени мористости среды осадконакопления [Интерпретация..., 2001; Юдович, Кетрис, 2000], что четко демонстрируется графиком взаимного изменения НКМ и Mn/U (рисунок 43). Нарушение данной связи в области аномально высоких (> 300) значений Mn/U могут подчеркивать влияние эпигенетической (наложенной) карбонатизации.

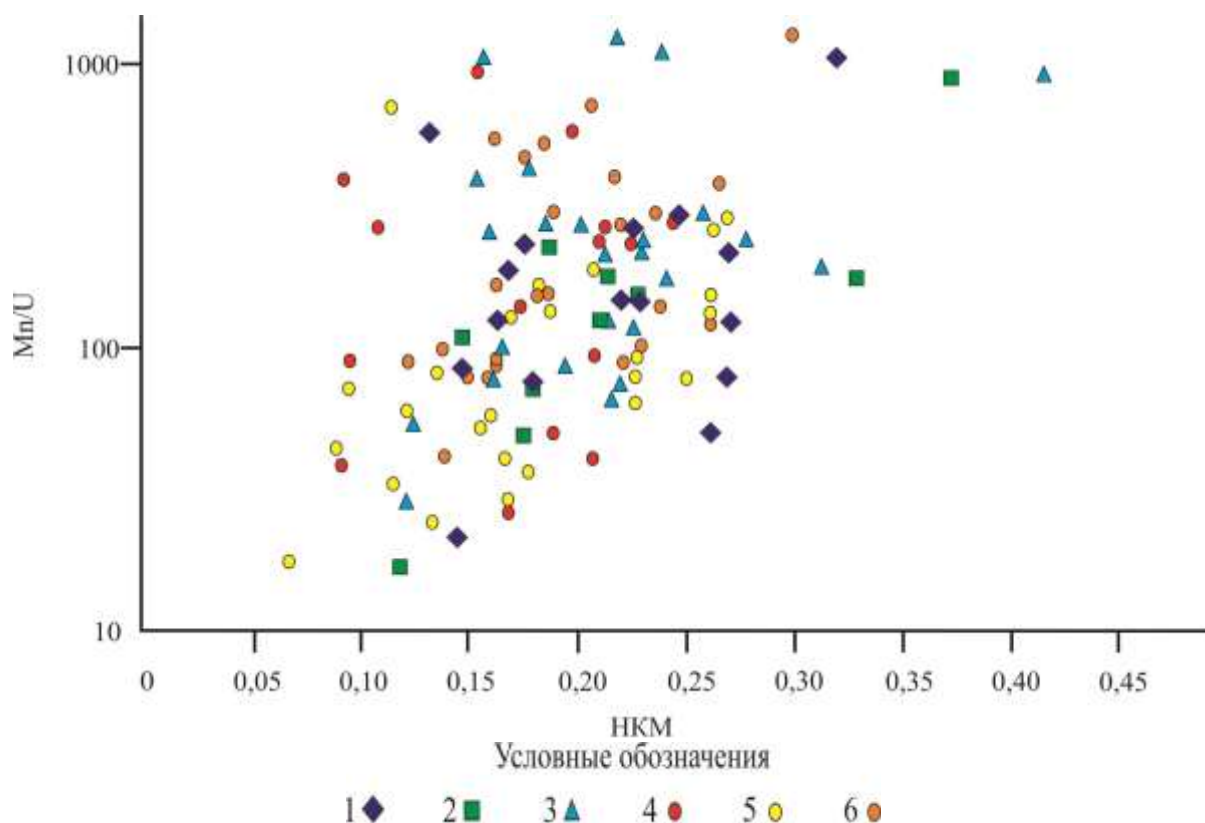


Рисунок 43 – Вариации Mn/U и НКМ в породах разреза пластов ПК₁ и ПК₂ Ваньеганской структуры

Условные обозначения: 1 – отложения пачки ПК₁¹; 2 – отложения пачки ПК₁²; 3 – отложения пачки ПК₁³; 4 – отложения перемычки между пластами ПК₁ и ПК₂; 5 – отложения пачки ПК₂¹; 6 – отложения пачки ПК₂².

Приведенные параметры оценки глубинности бассейна седиментации не несут достоверной информации о солености. В этом плане наиболее показательным является отношение Sr/Ba [Интерпретация..., 2001; Яночкина, 1966]. Известно, что при интенсивном химическом выветривании Ba и Sr мигрируют до попадания в морские водоемы совместно. В прибрежных водах Ba быстро связывается с SO_4^{2-} и выпадает в осадок. Стронций не осаждается в прибрежной части и мигрирует в более удаленные части бассейна. Его осаждение начинается лишь при концентрации солей в морской воде $\sim 15\%$; данные параметры достигаются в зоне шельфовых склонов, лиманных, лагунных обстановках и соленых континентальных озерах. Следовательно, по соотношению Sr/Ba в осадках одного возраста (горизонта) можно проследить переход от пресноводных отложений к морским. Традиционно для первых

величина отношения Sr/Ba составляет менее 1, во вторых – более 1 [Валиев, Усманов, 1971; Глаголева, 1961; Кейт, Дегенс, 1961].

В тоже время данные границы нельзя рассматривать как абсолютный эталон, их нарушения были достоверно установлены для пермских осадков Лено-Олекминского района [Каширцев, 1972] и для мезозойских отложений Западной Сибири [Конторович и др., 1971; Яночкина, 1966]. При этом в западносибирском осадочном бассейне для заведомо морских отложений георгиевской, баженовской и кузнецовской свит Sr/Ba отношения составляют 0,4, 0,6 и 0,5 соответственно. Прибрежно-морские условия формирования изученного разреза подчеркиваются Sr/Ba в карбонатолитах и фосфатолитах, где они варьируют от 0,91 до 2,2. Это позволяет рассматривать вариативность данного параметра в терригенных осадках, как показатель относительных локальных вариаций палеосолености в пределах локальных площадей. В качестве достоверного геохимического признака прибрежно-морской верхнемеловой седиментации в пределах Ваньеганской структуры является поведение Ce, вариативность которого определяется показателем Ce/Ce^* .

Показатель определяет интенсивность и характер цериевой аномалии в нормированных спектрах распределения редких земель [Балашов, 1976; Лебедев, 1967; Скиба, 1966; Murray et al., 1991] и рассчитывается по формуле: $Ce/Ce^* = Ce_N / 0,5 * (La_N + Pr_N)$, где Ce_N , La_N и Pr_N – измеренные содержания церия, лантана и празеодима, нормированные по хондритовому стандарту. Известно, что основная масса редкоземельных элементов, в том числе и церия, поставляется в конечные водоемы стока реками в виде взвеси и величина отношения Ce/Ce^* здесь варьирует от 0,9 до 1,2. В центральных районах крупных морских и океанических бассейнов Ce^{3+} подвергается окислению и переходит в растворимую форму Ce^{4+} , что ведет к появлению в морской воде отрицательной цериевой аномалии с Ce/Ce^* на уровне 0,55-0,7 [Балашов, 1976; Маслов, 2005а; Тейлор, МакЛеннан, 1988; Юдович, Кетрис, 2011; Murray et al., 1991]. При смешении вод с различным содержанием церия образуется геохимический барьер, способствующий резкому фракционированию Ce в

осадках и появлению аномалии с показателями $Ce/Ce^* > 1,2$. Седиментация на данном барьере характеризуется усилением хемогенного механизма, за счет кристаллизации карбонатов и фосфатов, в том числе обогащенных редкими землями, что подчеркивается низкими значениями $La/Yb < 11$.

La/Yb – характеризует соотношение терригенного и хемогенного способа накопления редких земель в процессе седиментации. Эталоном хемогенного способа накопления является данное отношение в морской воде – 8,22 [Elderfield, Greaves, 1982], а терригенный механизм идентифицируется значением La/Yb в цирконе > 15 [Rollinson, 1994]. Таким образом, осадочные породы со значениями $La/Yb < 8,22$ характеризуются исключительно хемогенным способом накопления лантаноидов. При значениях от 8,22 до 11,61 предполагается комбинированный – терригенно-хемогенный механизм с преобладанием химической сорбции. Вариации La/Yb в интервале от 11,61 до 15 фиксирует приоритет терригенного механизма при значимом влиянии воздействия морской воды. При значениях $La/Yb > 15$ доля хемогенного накопления лантаноидов практически отсутствует.

Для характеристики окислительно-восстановительных условий седиментации палеобассейна использовалось отношение $Eu/Eu^* = Eu_N / (Sm_N + Gd_N) / 2$, где Eu_N , Sm_N и Gd_N – измеренные содержания европия, самария и гадолиния, нормированные по хондритовому стандарту. Это связано с возможностью европия находиться в двух- и трехвалентном состояниях, что является индикатором поступления глубинного вещества в осадки. При этом превышение данного параметра значение 0,95 фиксируют аномально восстановительные условия осадконакопления. Значения в интервале 0,85-0,95 фиксируют слабо окислительную обстановку. Среднее для осадочных пород фанерозоя – 0,61-0,72 [Тейлор, МакЛенан, 1988], для постархейских осадочных пород – 0,65 [Маслов, 2005а, Шатров и др., 2005].

Элементный состав исследуемых пород соответствует стандарту осадочных пород (PAAS [Тейлор, МакЛенан, 1988]), что показано на спайдер-диаграммах (рисунок 44), при построении которых использовались медианные

значения элементов в пределах пачки, по каждой скважине отдельно. Как видно на рисунке 44, для отложений всех пачек характерны пониженные содержания элементов за исключением Cr, Ni и U. Повышенные концентрации хрома и никеля, вероятно, связано с преобладанием в источнике сноса пород основного состава, а повышение урана определено преимущественно морскими условиями седиментации и существованием восстановительных геохимических барьеров.

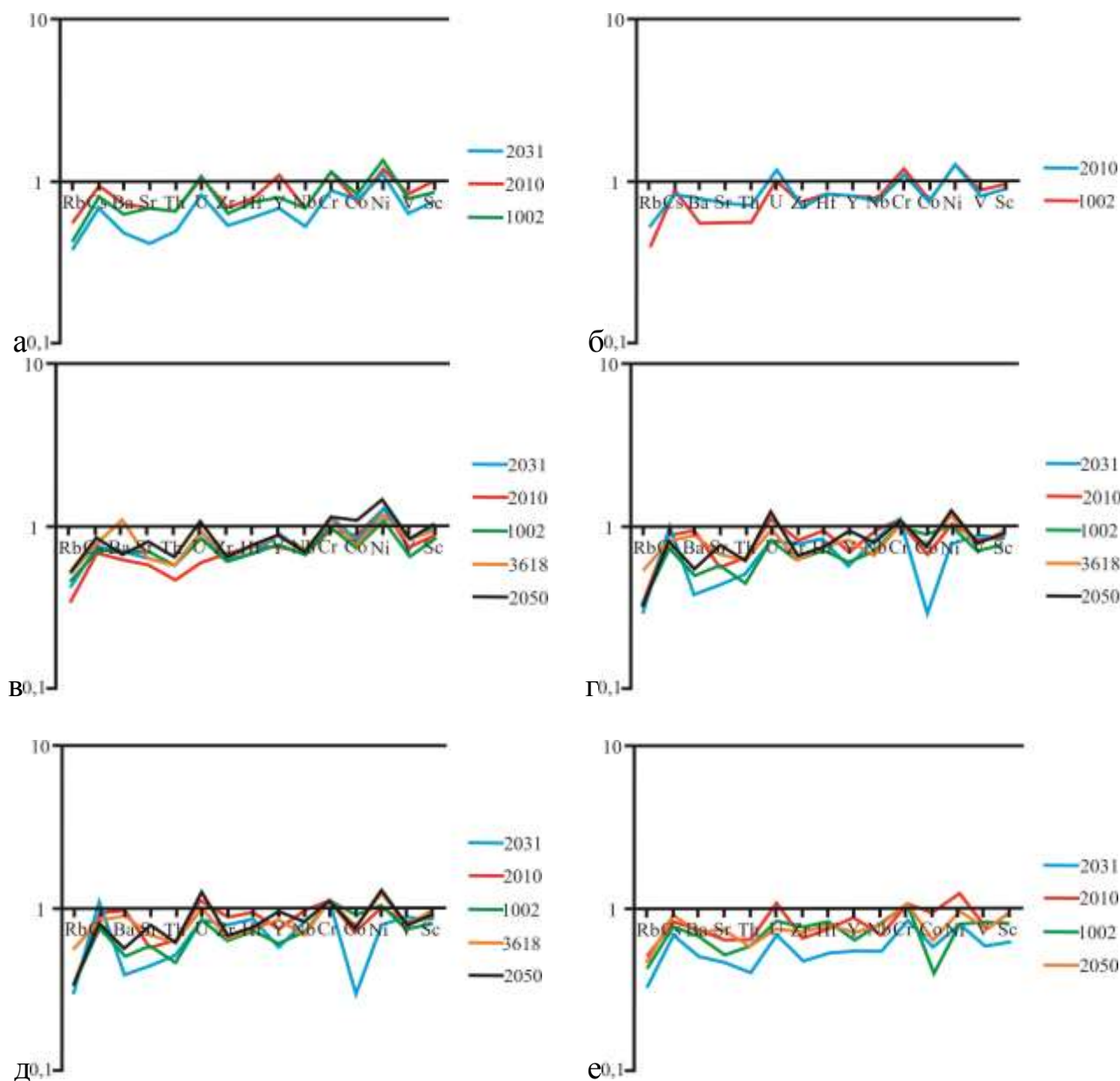


Рисунок 44 – Распределение медианных значений малых элементов покурской свиты Ваньеганской структуры, нормированных к РААС

а – пачка ПК₁¹; б – пачка ПК₁²; в – пачка ПК₁³; г – перемычка; д – пачка ПК₂¹; е – пачка ПК₂².

При интерпретации геохимических данных важны как уровень абсолютных содержаний редкоземельных элементов (РЗЭ), так и форма кривых нормированных их содержаний (спектры РЗЭ). Для осадков каждой из пачек были построены спектры лантаноидов, нормированные к РААС (рисунок 45) [Тейлор, МакЛенан, 1988].

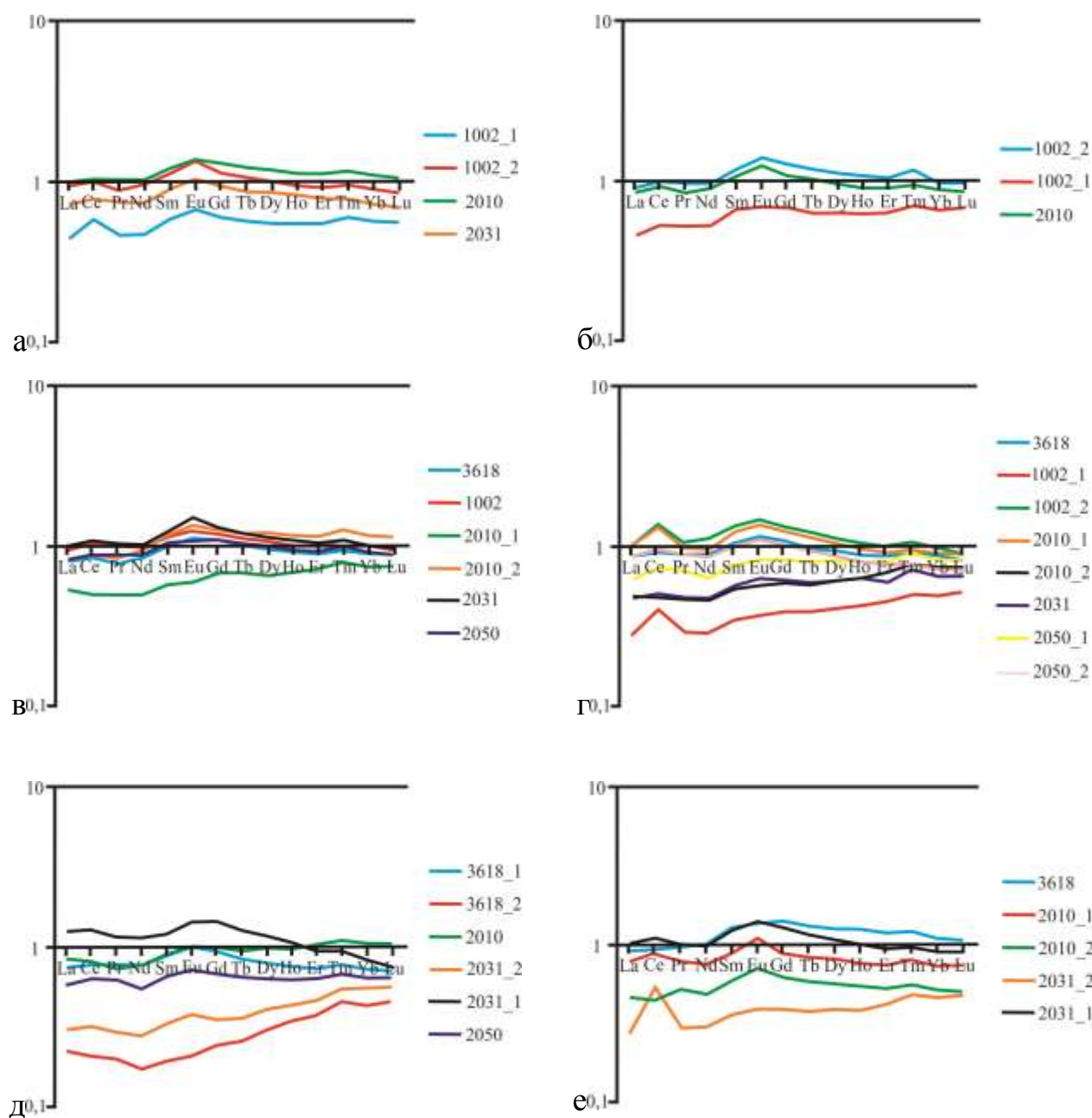


Рисунок 45 – Распределение медианных значений малых элементов покурской свиты Ваньеганской структуры, нормированных к РААС
а – пачка ПК₁¹; б – пачка ПК₁²; в – пачка ПК₁³; г – перемычка; а – пачка ПК₂¹; б – пачка ПК₂².

Морфологии спектров имеют несколько основных конфигураций: параллельны горизонтальной оси, иметь положительный или отрицательный наклон или V-образную форму. Первый вариант спектра РЗЭ не обнаруживает каких-либо существенных изменений относительно стандарта. Во втором варианте можно говорить об обогащении исследуемого образца тяжелыми лантаноидами относительно легких, в третьем - об обеднении тяжелыми РЗЭ, а в четвертом - об обеднении промежуточными РЗЭ [Балашов, 1976; Маслов, 2005a].

На основе анализа морфологий нормированных спектров лантаноидов, можно заключить, что для осадков покурской свиты Ваньеганской структуры характерны два основных типа спектра (рисунок 45). Для первого отмечается преобладание легких элементов, что, предположительно, говорит о близости источника сноса и формировании осадка в субконтинентальных условиях. Второй тип – положительный наклон кривой – фиксирует морскую обстановку седиментации. При этом для выделенных типов отмечается присутствие как положительной, так и отрицательной аномалии церия, что в свою очередь отвечает существованию областей смещения пресных и морских вод. Практически во всех пачках наблюдается положительный пик среднего ряда редкоземельных элементов с Sm по Tb, реже Dy и Ho (рисунок 45), это объясняется связыванием элементов структурами карбонатов и фосфатов, что может быть обусловлено биогенным и/или хемогенным механизмом концентрирования лантаноидов [Балашов, 1976].

4.2 Статистическая систематика геохимических параметров пород покурской свиты на основании кластерного анализа

Поведение рассмотренных выше индикаторов в общих чертах фиксирует неоднородность бассейна осадконакопления как по латерали, так и по вертикали, что обусловлено, отсутствием общих закономерностей распределения численных значений геохимических отношений по разрезам.

Для более точного определения фациальных условий формирования осадков Ваньеганской структуры кластерный анализ по основным геохимическим параметрам (Sr/Ba , Ce/Ce^* , Eu/Eu^* , La/Yb , U/Th , Fe/Mn , Mn/U , Ti/Zr , $\sum\text{TR}$, $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ – приложение И), отражающим фациально-генетические характеристики осадков.

Анализ исследуемой выборки по основным геохимическим коэффициентам, в целом, подтверждает литофациальную типизацию главных разновидностей горных пород. Структура кластерной дендрограммы позволяет выделить среди проанализированных образцов четыре группы ассоциаций горных пород, различающиеся между собой по величине Mn/U на уровне значимости 80-100 %: 1) Г–I, аномально высоко-Mn (960-2217 г/т); 2) Г–II, высоко-Mn (370-595) 3) Г–III, умеренно-Mn (77-312 г/т), 4) Г–IV, низко-Mn (17-180 г/т). Помимо этого в кластерах Г–III и Г–IV отмечается более дробное деление по соотношению $\sum\text{TR}$ (таблица 8).

Первая группа (Г–I) с аномально-высоким содержанием Mn (8 проб) представлена карбонатолитами и интенсивно карбонатизированными алевролитами, отвечающими фации малоподвижного мелководья, что подчеркивается низкими медианными значениями La/Yb и Fe/Mn 9,89 и 17,07 соответственно, и фиксирует процессы сингенетической карбонатизации и фосфатизации осадка.

Вторая группа (Г–II) представляет собой высокомарганцовистые образования (14 проб), объединяющая сидеритизированные и карбонатизированные песчаные и алевроито-глинистые породы. Данная группа представлена фациями заливов и малоподвижного мелководья, которым соответствуют низкие медианные значения $\text{La/Yb}=10,13$ и $\text{Fe/Mn}=28,96$, что предполагает проявление процессов карбонатизации отложений на фоне снижения активности фосфора.

Половина объема разреза (56 проб) скважин приходится на третью группу (Г–III) с умеренными значениями Mn, Mn/U варьирует в интервале 77-312. Данный кластер объединяет в себя песчаные, алевроитовые и глинистые породы

слабо подверженные карбонатизации. В фациальном плане отмечается широкий спектр обстановок с преобладанием отложений фации малоподвижного мелководья. Значения остальных показателей изменяются в пределах $La/Yb = 7,98-17,72$, $Fe/Mn = 15,29-97,87$, $Sr/Ba = 0,13-0,64$.

Внутри данного кластера обособляются четыре группы субкластеры Г–IIIa, Г–IIIb, Г–IIIc, Г–IIId, которые предполагают ранжирование по сумме редкоземельных элементов (ΣTR) (таблица 8).

Первые два характеризуются пониженными значениями Mn/U (77,80-158,16). При этом субкластер Г–IIIa отличается пониженным содержанием РЗЭ ($\Sigma TR = 58,45-106,27$), а субкластер Г–IIIb – их более высокой концентрацией ($\Sigma TR = 164,67-205,47$). Кроме того, для первого кластера характерны повышенные медианные значения La/Yb , Sr/Ba , U/Th , Ce/Ce^* , которые предполагают более их окислительные условия формирования в соленом бассейне на уровне смешения морских и речных вод.

Субкластеры Г–IIIc и Г–IIId характеризуются более высокими содержаниями Mn/U (133,69-311,77) и также отличаются между собой по уровню концентраций лантаноидов: Г–IIIc – умеренно-редкоземельный ($\Sigma TR = 152,69-198,02$), Г–IIId – понижено-редкоземельный ($\Sigma TR = 73,51-167,12$). Помимо этого умеренноредкоземельные осадки отличаются повышением медианных значений (Sr/Ba , Fe/Mn , SiO_2/Fe_2O_3) которые фиксируют более удаленные от побережья обстановки их накопления и возрастание степени их сидеритизации. Данный вывод подтверждается вариативностью указанных показателей в субкластере Г–IIId, где в ряду морские – переходные – континентальные фации уменьшается значение Sr/Ba и увеличивается ΣTR , Ti/Zr .

Таблица 8 – Результаты кластерного анализа по геохимическим индикаторам

[illegible]

К четвертой группе (Г–IV, 36 проб) относятся породы с низкими значениями Mn ($Mn/U = 17-180$) – алевро-песчаные и алевро-глинистые отложения с присутствием сингенетических карбонатов, которые разделяются по уровню накопления лантаноидов высоко- и умеренно-редкоземельные: Г–IVa $\Sigma TR = 209,45-325,91$ и Г–IVa $\Sigma TR = 34,65-185,74$ г/т. Вариации медианных параметров (La/Yb, Sr/Ba, U/Th, Fe/Mn) подчеркивают максимальную степень выветривания осадков по отношению ко всем вышеописанным породам (таблица 9).

Проведенная геохимическая типизация позволила разделить исследуемую выборку по микроэлементному составу и уровню карбонатизации и соотнести с ранее выделенными литотипами (рисунок 46).

Таблица 9 – Результаты кластерного анализа по геохимическим индикаторам

Показатель	IVa(n=7)	IVb(n=39)
TR	<u>209,45-325,91</u> 256,22(228,30)	<u>34,65-185,74</u> 122,87(126,20)
Ce/Ce*	<u>0,96-1,40</u> 1,19(1,09)	<u>0,89-1,50</u> 1,12(1,11)
Eu/Eu*	<u>0,66-0,78</u> 0,71(0,70)	<u>0,54-0,80</u> 0,70(0,70)
La/Yb	<u>11,57-20,51</u> 16,04(15,20)	<u>7,08-18,33</u> 12,28(12,01)
Sr/Ba	<u>0,13-0,51</u> 0,28(0,23)	<u>0,12-0,71</u> 0,35(0,35)
U/Th	<u>0,21-0,55</u> 0,41(0,41)	<u>0,12-0,79</u> 0,38(0,35)
Fe/Mn	<u>45,22-142,52</u> 97,14(99,34)	39,67-168,40 94,03(93,96)
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	<u>4,79-21,16</u> 12,52(13,68)	<u>7,77-36,60</u> 14,15(12,05)
Mn/U	<u>21,51-180,0</u> 62,55(40,97)	<u>16,95-101,02</u> 61,40(62,54)
Ti/Zr	<u>37,06-50,82</u> 41,71(39,61)	<u>31,70-56,23</u> 42,43(42,08)
<i>Примечание:</i> числитель: минимальное и максимальное значения; знаменатель: среднее и медианное значения		

Подводя итог, можно заключить, что основная неоднородность исследуемых пород определяется поведением Mn и U, что отражает

окислительно-восстановительные и кислотнo-щелочные условия формирования осадка, а также фиксирует процессы карбонатизации и фосфатизации. Помимо этого еще одним фактором является показатель ΣTR , который отвечает уровню накопления лантаноидов в осадках и увеличивается в ряду от морских к континентальным отложениям. При этом в совокупности с Sr/Ba и Fe/Mn, они позволяют более четко разграничивать морские и речные образования, а значения SiO_2/Fe_2O_3 , Ti/Zr отражают степень выветривания исходных пород.

На основании результатов кластерных анализов были построены петрогеохимические разрезы (рисунок 47), позволившие обнаружить ряд закономерностей.

Анализируя положение первого и второго петрохимических кластеров (П-I, П-II), объединяющие в себе аномальные и низкокремнистые образования (9,6 % от выборки) в разрезе, можно заметить, что они, как правило, приурочены к границам пластов и пачек (скв. № 3618 и 2010) либо входят в состав перемычки (скв. № 2050). Единственным исключением является пласт ПК₁³ скважины № 2010.

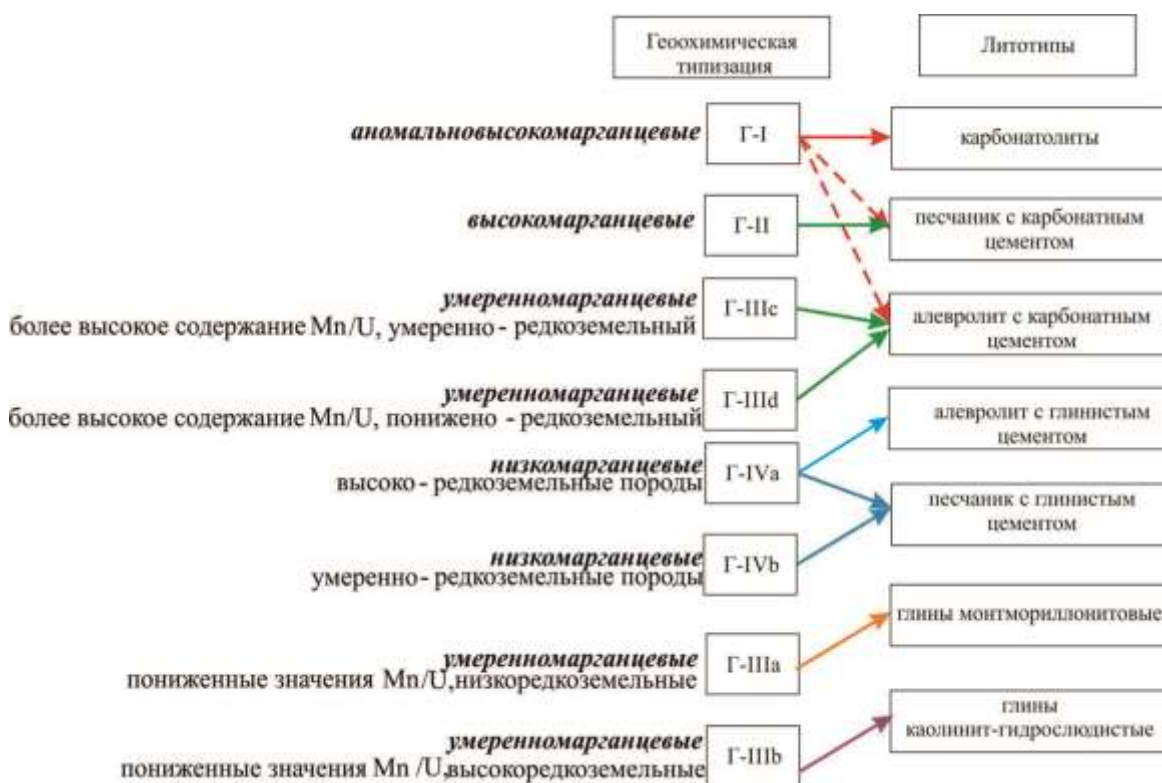


Рисунок – 46 – Соответствие литотипов с геохимическими кластерами

Группа высококремнистых пород (кластер П–IV, 9,6 % от выборки) образует в разрезе маломощные песчаные линзы, которые прослеживаются по всей площади с севера на юг и мигрируют по гипсометрическим уровням с отметок 1040,4 и 1035,32 м (скв. № 2050) до 978,12 и 958,4 м (скв. № 1002). Возможно, данные образования являются репером общей регрессии, либо деятельностью приливных течений.

Третья группа (П–III) является самой представительной и объединяет в себя 80,8 % от общей выборки. Основные закономерности выявляются по положению высокожелезистых и высокоглиноземистых пород.

Высокожелезистые породы представлены субкластерами П–IIIс и П–IIIд ($n = 41$) и преимущественно слагают верхнюю пачку ПК₁, составляя до 80 % от общего разреза, что говорит о морских условиях седиментации. В меньшей степени они развиты в ПК₂, как правило, тяготея к фациям заливов и лагун.

Положение высокоглиноземистых пород (субкластеры П–IIIс и П–IIIа; $n = 60$) фиксирует цикличность формирования глинистого осадка Ваньеганской структуры. При этом глиноземистые породы залегают в основании и кровле цикла. Мощность циклов варьирует в широких пределах от нескольких до десятков метров. При этом отмечается укрупнение циклов от пластов ПК₂² к ПК₁¹.

Как видно (рисунок 47) положение пород первого и второго геохимических кластеров (Г–I, Г–II – 18,4 % от общей выборки) фиксируют пограничные зоны пачек (ПК₂² и ПК₂¹, скв. № 2010, 3618), а также попадают в интервалы глинистой перемычки (скв. № 2050 и 2010).

Третья группа (Г–III) является самой представительной и объединяет в себя 44,8 % проб. Распределение пород с высоким содержанием лантаноидов в разрезе позволяет обнаружить закономерность, выраженную в их приуроченности к пласту ПК₁.

Подводя итог, следует отметить, что петрохимическая неоднородность отражает особенности минерального состава, выраженного в поведении SiO_2 и П.П.П. Также обнаружена зависимость от Fe_2O_3 и Al_2O_3 , при этом оксид железа отвечает палеофациальным уровням, а Al_2O_3 отражает цикличность условий седиментации.

4.3 Принципы петрогеохимической корреляции пластов ПК₁ и ПК₂

По результатам проведенных кластерных анализов были выявлены геохимические особенности пород, однако произвести их корректное разделение на определенные группы не удалось, что связано с близостью значений рассмотренных параметров осадков. Поэтому была предпринята попытка описать вертикальную изменчивость разреза верхнего сеномана при помощи геохимических индикаторов, отражающих смену фациальных условий и режимов седиментогенеза. В данном случае наиболее информативными оказались модуль нормативной щелочности (НКМ), отражающий минеральный состав глинистой составляющей [Юдович, Кетрис, 2000] и Mn/U отношение, как показатель глубинности, активности углекислоты и окислительно-восстановительных условий седиментации [Батулин, 1975; Мейнард, 1985], которые показали схожее поведение, описанное в предыдущем разделе.

Вертикальная изменчивость численных значений данных показателей в колонке исследуемых скважин позволяет проводить последовательное геохимическое расчленение литологических разрезов. При этом на первой стадии предполагается выделение малых геохимических циклов, которые отбиваются по резкой смене направленности изменений значений индикатора в паре соседних образцов (рисунок 48а).

Второй этап предусматривает выделение более крупных циклов, объединяющих до 5 геохимических циклов и обладающих единой тенденцией вариативности геохимических параметров (рисунок 48 б). Простейший вариант применения данного подхода наглядно позволяет разделить разрез скважины № 2010, наиболее полно вскрывающей разрез верхнего сеномана Ваньеганской

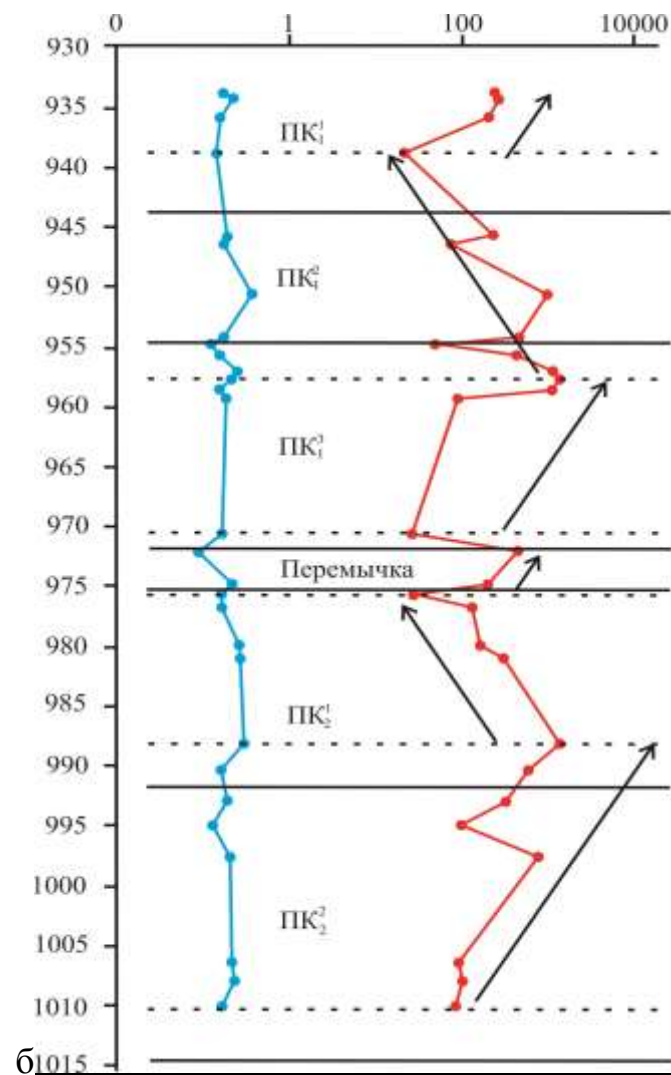
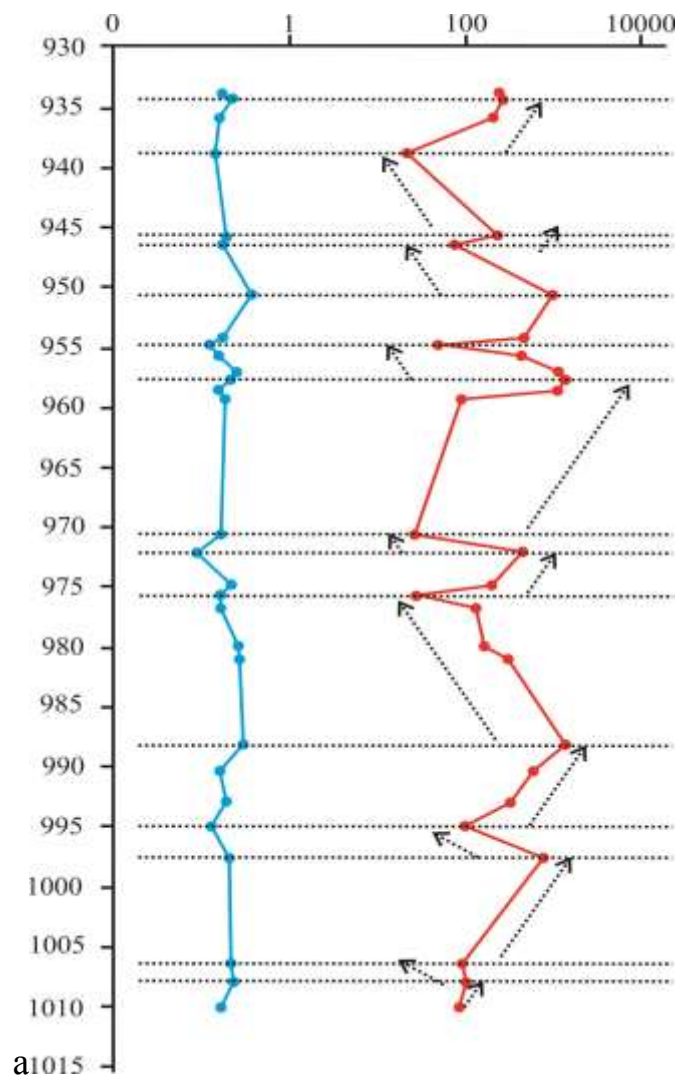
структуры. При этом для пласта ПК₂ устанавливается двучленное строение, а в пределах пласта ПК₁ выделяется три составляющих, характеризующихся различными геохимическими режимами седиментации. Основной проблемой данного подхода является корректность выделения геохимических таксонов. В разрезе скважины 1002 расчленение пачек ПК₁² и ПК₁³ может носить двойственный характер (рисунок 49). Для разрешения данных противоречий предлагается применение инструмента критических значений геохимических критериев. Их выбор основывается, как на генетических, так и на статистических характеристиках.

В качестве основной статистической функции рассматриваются медианы по всей изученной выборке, значения которых для НКМ составило 0,19, а для Mn/U – 147. Это позволило разделить выборку на две равнозначные группы – повышенных и пониженных значений. В качестве генетических границ, для НКМ был принят рубеж перехода от хлорит-каолинитовой к иллит-монтмориллонитовой ассоциации $\sim 0,2$, а для Mn/U – уровень начала эпигенетической карбонатизации ~ 100 [Мейнард, 1985].

Таким образом, все множество значений Mn/U отношения было разделено на три диапазона:

- 1) диапазон умеренной активности CO₂: Mn/U = 0-100;
- 2) диапазон повышенной активности CO₂: Mn/U > 147;
- 3) диапазон неопределенной активности CO₂: Mn/U = 100-147.

Ближние значения медианы НКМ и границы смены минеральных ассоциаций, позволяют пренебречь здесь промежуточной областью и разделить всю выборку по этому показателю на две группы, условно обозначенные как каолинит-монтмориллонитовая (НКМ < 0,20) и монтмориллонит-гидрослюдистая (НКМ > 0,20). Ввиду того, что предложенная градация значений характеризует конкретные условия седиментации, то при неопределенности границ геохимических таксонов их рубежи следует проводить по критическим показателям используемых критериев.



Условные обозначения

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

Рисунок 48– Последовательность геохимического расчленения разреза скважины № 2010 Ваньеганской структуры. Условные обозначения: 1 – НКМ; 2 – Мп/У; 3,4 – точки отбора образцов; 5,6 – границы и направление малых геохимических циклов; 7, 9 – границы крупных геохимических циклов; 8 –границы пачек по В.Б. Белозеру (2012 г.)

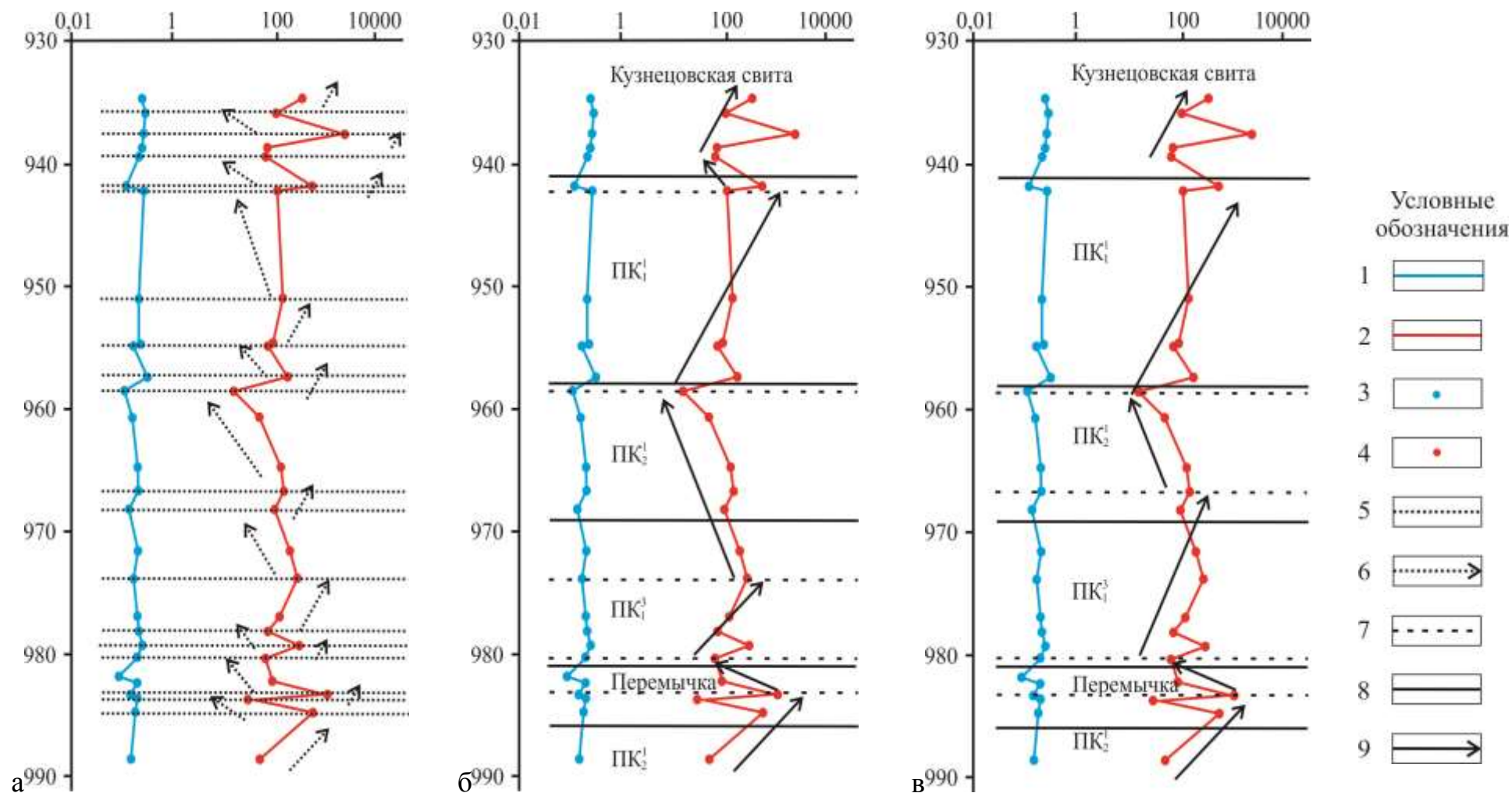


Рисунок 49– Последовательность геохимического расчленения разреза скважины № 1002 Ваньеганской структуры
 Условные обозначения: 1 – НКМ; 2 – Мп/У; 3,4 – точки отбора образцов; 5,6 – границы и направление малых геохимических циклов; 7, 9 – границы крупных геохимических циклов; 8 –границы пачек по В.Б. Белозерову (2012 г.)

В этом плане наиболее показательным является разрез по скважине № 3618 (рисунок 50). Так в пределах пачки ПК₂² фиксируется рост значений Mn/U, при этом подавляющее большинство наблюдений попадает в диапазон повышенной и неопределенной активности CO₂, а значения НКМ фиксируют преобладание монтмориллонит-гидрослюдистой группы. В тоже время, в пределах пачки ПК₂¹ на фоне снижения показателей Mn/U устанавливается умеренная активность CO₂ и преимущественно каолинит-монтмориллонитовые значения НКМ, резко возрастающие лишь в кровле пачки. Несколько иная картина наблюдается в геохимическом профиле через глинистую перемычку и пачку ПК₁³. В обоих таксонах тонкозернистые осадки характеризуются слабой вертикальной изменчивостью отношения марганца к урану (перемычка: Mn/U = 240-271; ПК₁³: Mn/U = 241-279), что не позволяет различить их по этому показателю. В тоже время НКМ в перемычке соответствует монтмориллонит-гидрослюдистому профилю, а в вышележащей пачке – каолинит-монтмориллонитовому.

Подобная схема реализуется и при выделении подошвы пачки ПК₁² в разрезе скважины № 1002. При выделении единой последовательности изменения геохимических параметров границу между пачками можно провести в интервале 976,5-978,2 м либо на интервале 968,5-971 м (рисунок 49 б). В случае, если подошву ПК₁² зафиксировать на более глубоком уровне (рисунок 49 в), то значения Mn/U будут в равной степени представлены характеристиками умеренной и повышенной активности CO₂, как в пачке ПК₁², так и в ПК₁³.

При этом если показатель НКМ для ПК₁³ подчеркивает монтмориллонит-гидрослюдистую основу тонкозернистых осадков, то в пределах ПК₁² она будет сочетаться с каолинит-монтмориллонитовой.

При проведении границы на интервале 968,5 – 971 м (рисунок 49 в), в этих пачках установится единство геохимического профиля, отражающее формирование ПК₁³ в условиях повышенной активности CO₂ и с преобладанием монтмориллонит-гидрослюдистого цемента, а ПК₁² – в режиме умеренной карбонатизации и обогащения осадков каолинитом.

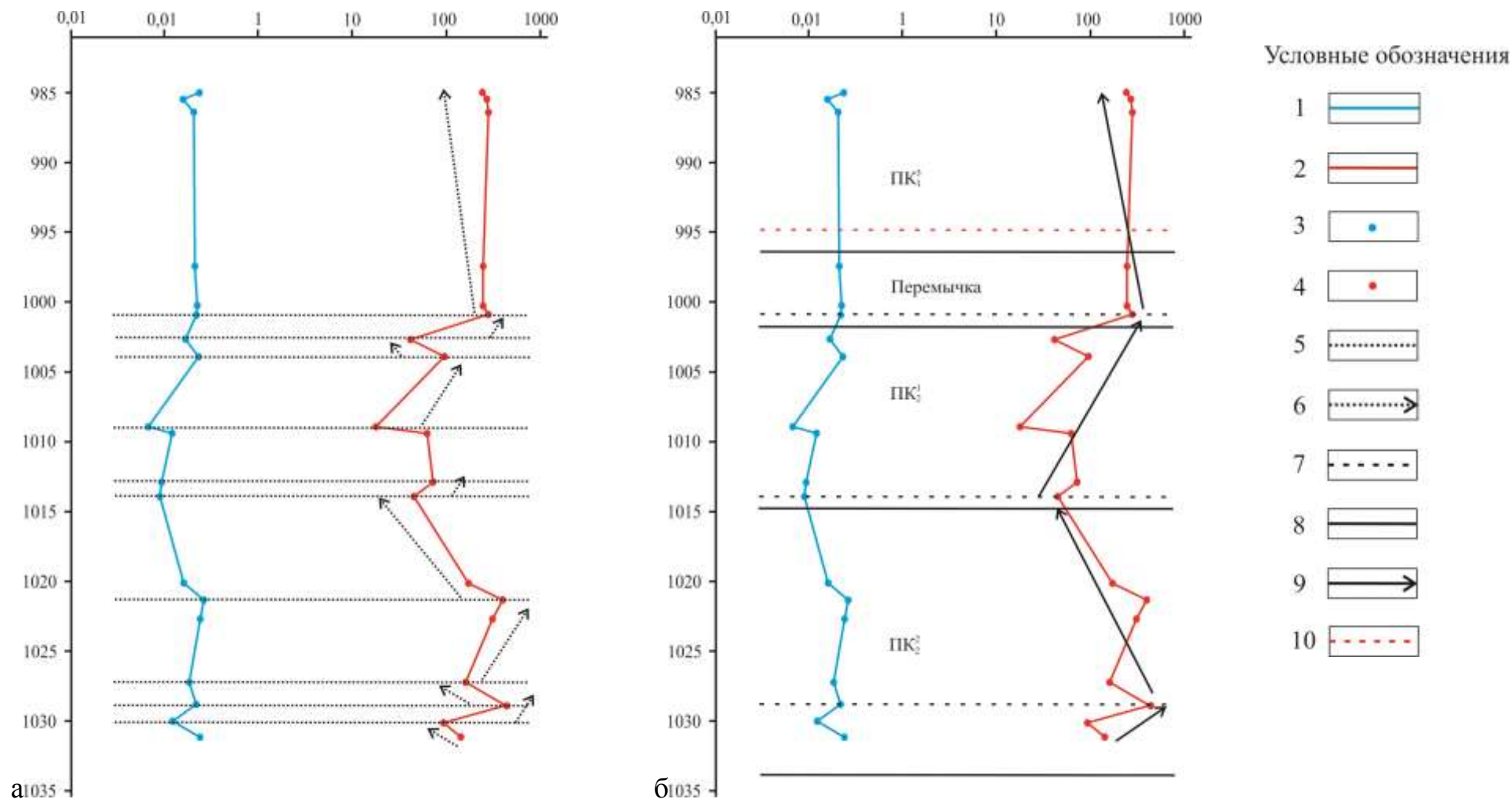


Рисунок 50 – Последовательность геохимического расчленения разреза скважины № 3618 Ваньеганской структуры

Условные обозначения: 1 – НКМ; 2 – Мп/У; 3,4 – точки отбора образцов; 5,6 – границы и направление малых геохимических циклов; 7, 9 – границы крупных геохимических циклов; 8 – границы пачек по В.Б. Белозерову (2012 г.); 10 – предполагаемая граница геохимического цикла

Дополнительные осложнения при проведении геохимического расчленения разрезов могут быть связаны с неравномерностью геохимического опробования и аномальной карбонатизацией пород. При разубоживании наблюдений в скважине 2031, на интервале 936-970 м не удалось расчленить пачки ПК₁¹ и ПК₁², а также достоверно установить положение кровли пачки ПК₁³, определив вертикальный диапазон ее позиции от 970 до 958 м (рисунок 51).

Аномальная постседиментационная карбонатизация [Сахибгареев, 1989] была установлена в разрезе скважины № 2050, где на интервале 1018-1020 м, фиксируются крайне высокие содержания оксидов кальция, марганца, железа и фосфора на фоне низкой кремнистости, глиноземистости и выдержанных концентрациях урана. Данный состав определяет нарушение основных допущений, положенных в основу расчленения разреза. В этой связи аномальный геохимический горизонт не учитывался при определении вариативности численных показателей Mn/U и НКМ (рисунок 52).

Установлено, что изученный фрагмент верхнесеноманского разреза Ваньеганской структуры характеризуется резкой геохимической неоднородностью, обусловленный значительной фациальной изменчивостью слагающих его пород и неравномерным проявлением сингенетической сидеритизацией и наложенной карбонатизацией.

Вариации основных параметров неоднородности НКМ и Mn/U позволили провести достаточно четкое расчленение разреза (рисунок 53), при этом для пластов ПК₁ и ПК₂ установлено трех- и двухчленное строение, а также выделена глинистая перемычка. Полученное расчленение разрезов Ваньеганской структуры соответствует ранее полученным корреляциям Г.Н. Александровой (2010), В.Б. Белозерова (2012) (рисунок 54).

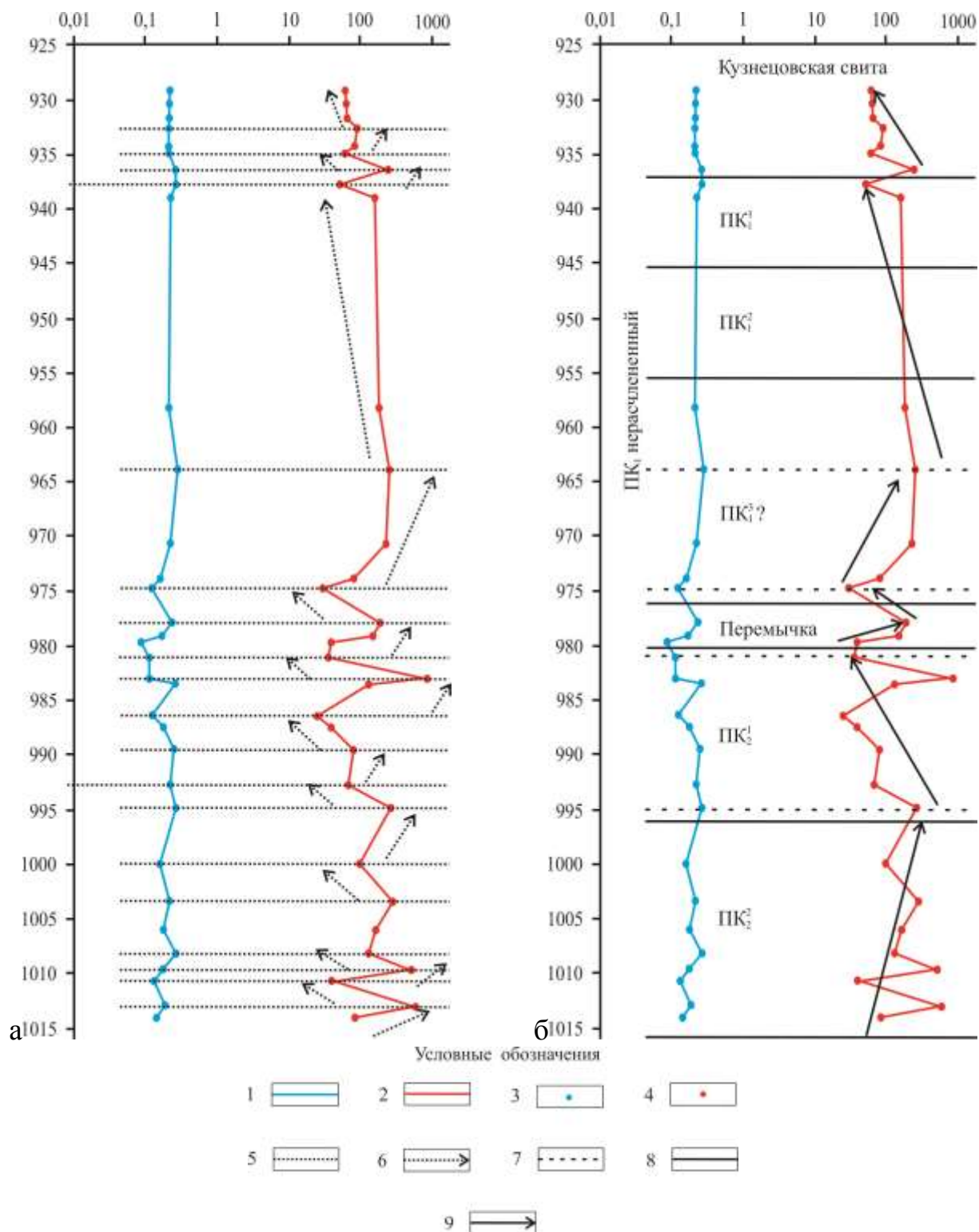


Рисунок 51 – Последовательность геохимического расчленения разреза скважины № 2031 Ваньеганской структуры.

Условные обозначения: 1 – НКМ; 2 – Mn/U; 3,4 – точки отбора образцов; 5,6 – границы и направление малых геохимических циклов; 7, 9 – границы крупных геохимических циклов; 8 – границы пачек по В.Б. Белозеру (2012 г)

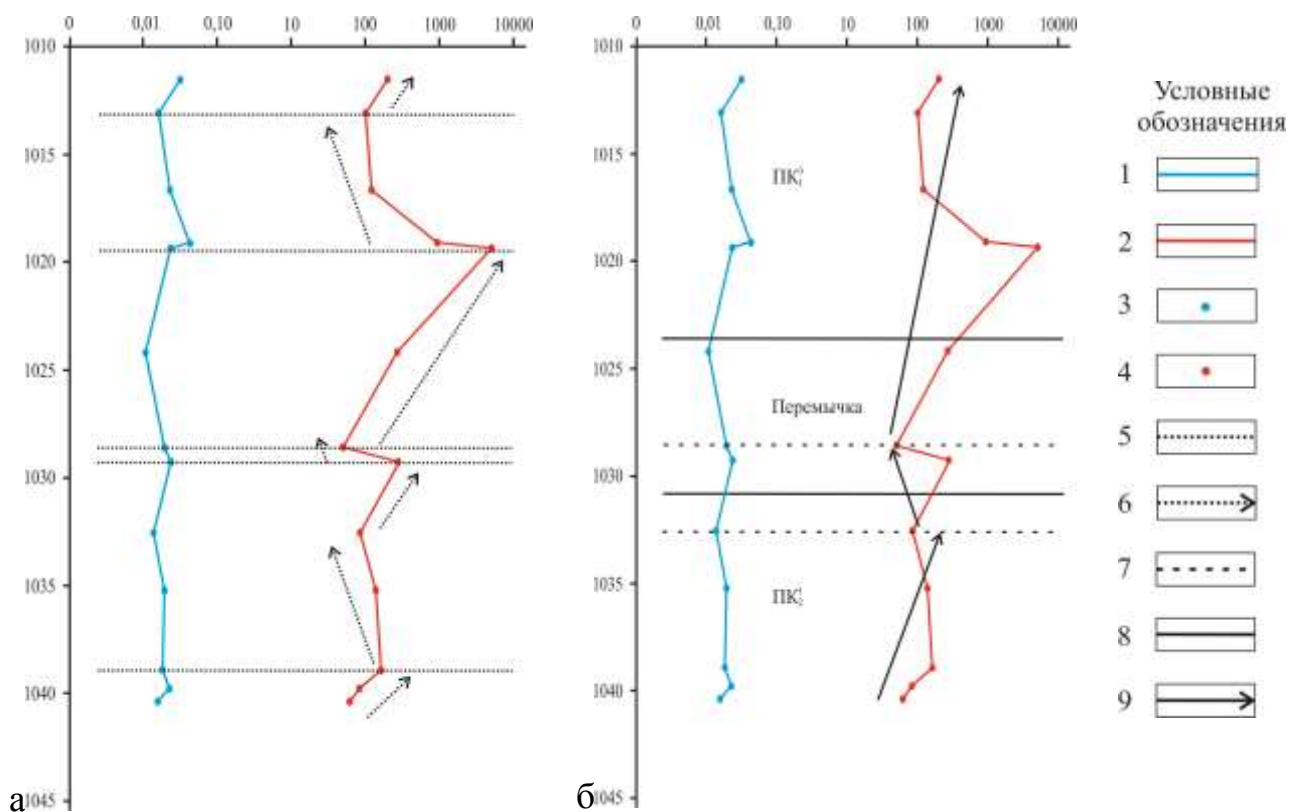


Рисунок 52 – Последовательность геохимического расчленения разреза скважины № 2050 Ваньеганской структуры

Условные обозначения: 1 – НКМ; 2 – Мп/У; 3,4 – точки отбора образцов; 5,6 – границы и направление малых геохимических циклов; 7, 9 – границы крупных геохимических циклов; 8 – границы пачек по В.Б. Белозерову (2012 г)

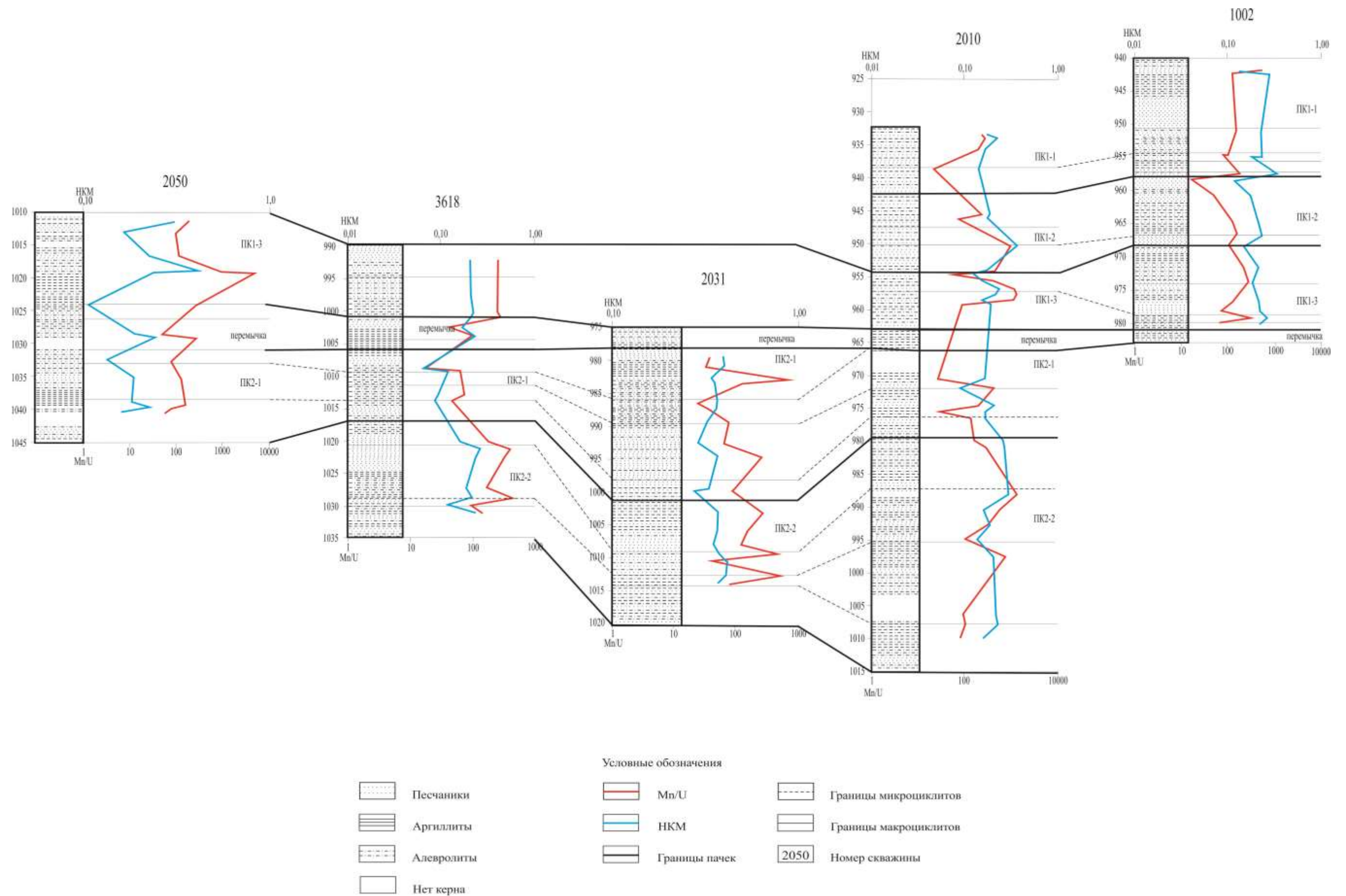


Рисунок 53 – Сводная корреляция разрезов по пачкам ПК₂², ПК₂¹, ПК₁³, ПК₁², ПК₁¹ Ваньеганской структуры

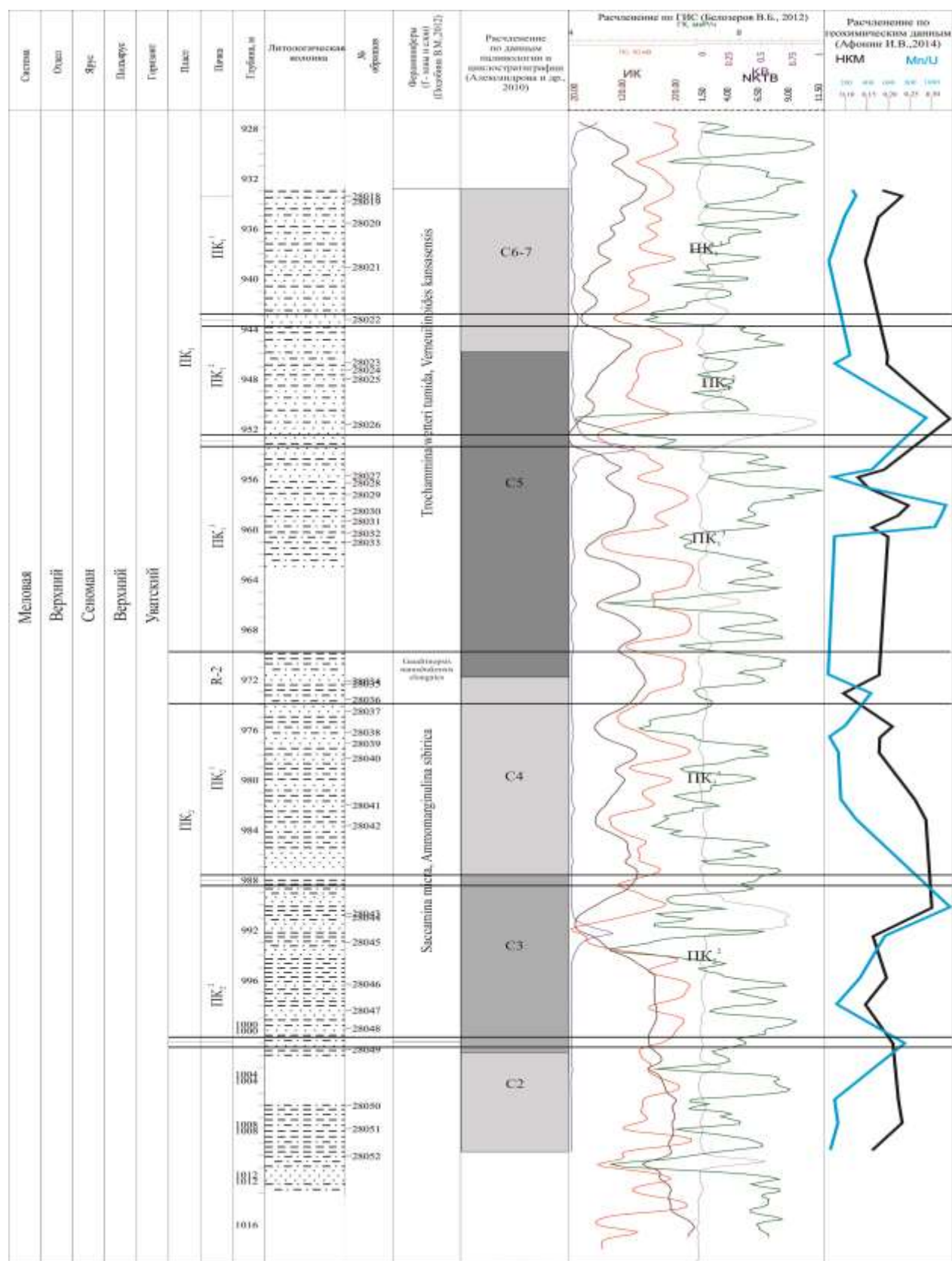


Рисунок 54 – Сводный разрез верхнесеноманских отложений покурской свиты (пласты ПК₁ и ПК₂) на примере скважины № 2010

На основании проведенных исследований можно сделать ряд выводов:

1. Геохимическая неоднородность отражена в поведении Mn и U, что определяется сменой pH и Eh режимов бассейна осадконакопления. Вторым по значимости показателем неоднородности является уровень накопления редкоземельных элементов (ΣTR), значения которого увеличиваются в ряду от морских к континентальным отложениям. Что в совокупности с Sr/Ba и Fe/Mn, позволяет более четко разграничивать морские и речные образования.

2. На основании кластерных разрезов было установлено, что петрохимическая неоднородность разреза имеет зависимость от распределения Fe_2O_3 и Al_2O_3 , при этом оксид железа отвечает палеофациальным уровням, а Al_2O_3 отражает цикличность условий седиментации. Геохимические особенности разреза определяются процессами син- и эпигенетической карбонатизации (Mn/U, Fe/Mn) и в меньшей степени дифференциацией осадочного материала (ΣTR).

3. Общая направленность изменчивости состава пород в пределах циклов, вне зависимости от литологического состава пород, наиболее четко фиксируется в поступательном увеличении вверх по разрезу значений Mn/U и НКМ, подчеркивая рост активности CO_2 на фоне трансгрессивного режима седиментации. При этом границы и объемы геохимических циклов первого порядка соответствуют структурным единицам разреза, выделенным по данным циклостратиграфии (Александрова Г.Н и др., 2010) и интерпретации ГИС (Белозеров В.Б., 2012), пачки $ПК_2^2$, $ПК_2^1$, $ПК_1^3$, $ПК_1^2+ПК_1^1$.

5 ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Приведенные выше результаты показали, что в пределах Ваньеганской структуры геохимическая неоднородность литолого-стратиграфического разреза верхней части покурской свиты выражается в циклических изменениях уровня концентраций марганца, кремния, железа, кальция, алюминия, редкоземельных элементов и ряда литохимических модулей и индикаторных отношений. При этом значимая вариативность геохимических характеристик на небольшой площади в ограниченный временной интервал указывает на их связь, главным образом, с изменением механизмов и физико-химических параметров осадконакопления и, в меньшей степени, источников сноса терригенного материала.

5.1 Факторы, определяющие неоднородность распределения геохимических показателей

С целью уточнения влияния фациально-генетических условий седиментации на особенности состава осадков было проведено статистическое ранжирование на основании кластерного и факторного анализов для литогеохимических коэффициентов. Взаимная вариативность геохимических параметров с помощью кластерного анализа показала устойчивые корреляционные зависимости между ними.

На основании полученной дендрограммы (рисунок 55) можно выделить несколько групп показателей.

Первая группа представлена индикаторами Ce/Ce^* , Eu/Eu^* , Sr/Ba , U/Th , фиксирующими режим и среду бассейна седиментации. Данные связи отражают существование рН и Eh барьеров в зонах смешения пресных и соленых вод [Балашов, 1976; Глаголева, 1961; Интерпретация..., 2001; Маслов, 2003, 2005а; Скиба, 1966; Тейлор, МакЛенан, 1988; Юдович, 2001, 2011; Яночкина, 1966; Murray et al., 1990].

Вторая группа объединяет La/Yb и SiO_2/Fe_2O_3 , показатели глубинности и механизма формирования осадка, что, соответственно, определяет характер и

состав отложений, тем самым подчеркивая континентальность или «мористость» исследуемых пород [Глаголева, 1961; Маслов, 2005а, 2005б, 2015; Холодов, 2006; Юдович, 2001, 2011].

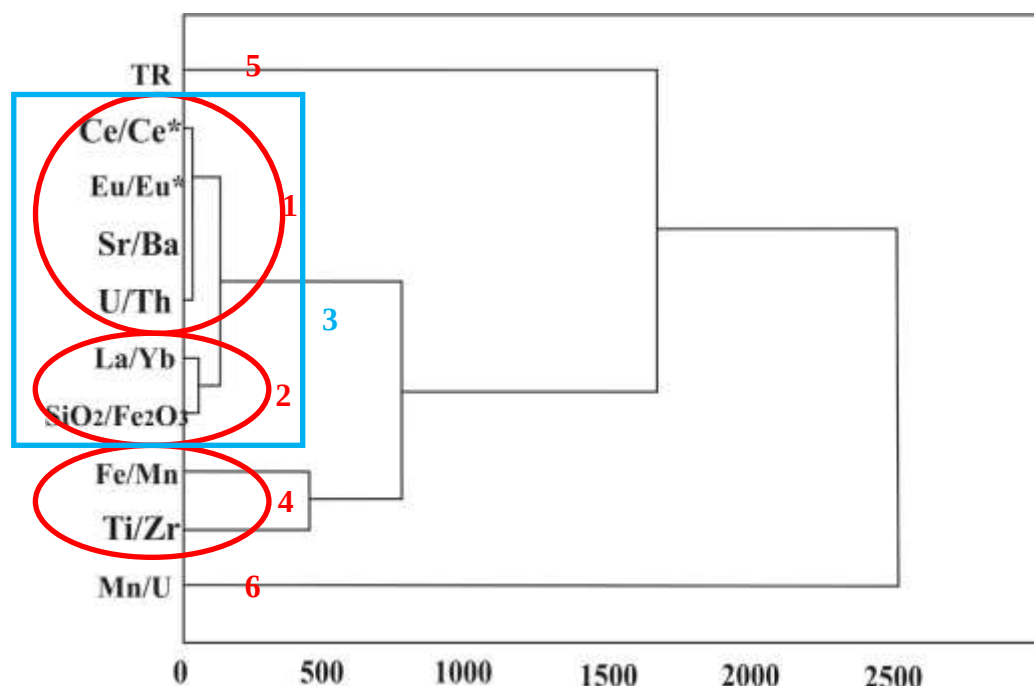


Рисунок 55 – Дендрограмма кластерного анализа для геохимических индикаторов

Примечание: тип анализа иерархический, метод расчета расстояний – Евклидово расстояние, цифрами обозначены выделенные группы геохимических индикаторов

Третья группа, объединяющая первые две, возможно, является фациальным критерием, на основании которого можно выстроить генетические ряды отложений от континентальных к морским [Кейт, Дегенс, 1961; Катченков, 1959; Юдович, 2007, 2011].

В четвертую группу входят Fe/Mn и Ti/Zr, которые характеризуют условия формирования и близость источника сноса, тем самым, в совокупности позволяют фиксировать положение осадка относительно береговой линии. Связь с предыдущими группами, скорее всего, носит также фациальный характер, но позволяет проводить более четкую интерпретацию обстановок седиментации [Интерпретация..., 2001; Маслов, 2005, 2010; Скиба, 1966; Roy et al., 2010].

Пятая и шестая группа индикаторов представлена одиночными параметрами ΣTR и Mn/U соответственно. При этом близкие связи редкоземельного компонента, установленные с вышеперечисленными группами, можно рассматривать как показатель зрелости осадков [Borrego et al., 2005, Терехов и др., 1987; Brunskill et al., 2001; Shynu et al., 2013; Sholkovitz et al., 2000; Tyutyunnik et al., 2008], а Mn/U отношение подчеркивает аутигенную природу связей и является показателем сингенетической карбонатизации [Балашов, 1976; Батурин, 1975; Дубинин, 2006; Мейнард, 1985; McLennan et al., 1989; Murray et al., 1989; Rahaman et al., 2010].

С целью выявления характера геохимических показателей, обуславливающих распределение микроэлементов, был проведен факторный анализ для основных геохимических параметров. Значения факторов представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты факторного анализа по геохимическим индикаторам

	ГФ 1	ГФ 2	ГФ 3	ГФ 4
ΣTR	0,81	0,39	0,07	0,00
Ce/Ce*	-0,23	-0,14	0,48	0,74
Eu/Eu*	0,50	0,10	0,08	0,30
La/Yb	0,89	-0,22	0,17	0,06
Sr/Ba	-0,24	0,46	-0,39	0,56
U/Th	-0,19	-0,47	0,54	0,45
Fe/Mn	0,09	-0,34	-0,75	0,40
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,06	-0,82	-0,30	-0,06
Mn/U	-0,42	0,46	0,42	-0,21
Ti/Zr	0,01	-0,48	0,33	-0,14
Gd/La	-0,19	0,82	-0,08	0,13
Gd/Yb	0,90	0,27	0,13	0,13
Общ. дис.	2,88	2,64	1,67	1,41
Доля общ.	0,34	0,22	0,14	0,12

$$\Gamma\Phi 1 = \frac{Gd/Yb_{(0,9)} La/Yb_{(0,89)} \Sigma TR_{(0,81)} Eu/Eu^*_{(0,5)}}{Mn/U_{(0,42)}} \quad \Gamma\Phi 2 = \frac{Gd/La_{(0,82)} Mn/U_{(0,46)} Sr/Ba_{(0,46)}}{SiO_2/Fe_2O_{3(0,82)} U/Th_{(0,47)} Ti/Zr_{(0,48)}}$$

$$\Gamma\Phi 3 = \frac{U/Th_{(0,54)} Ce/Ce^*_{(0,48)} Mn/U_{(0,42)}}{Fe/Mn_{(0,75)} Sr/Ba_{(0,47)}} \quad \Gamma\Phi 4 = \frac{Ce/Ce^*_{(0,74)} Sr/Ba_{(0,56)} U/Th_{(0,45)} Fe/Mn_{(0,40)}}{Mn/U_{(0,21)}}$$

Первая компонента (геохимический фактор – ГФ1), имеющая максимальное влияние на вариативность пород Ваньеганской структуры, характеризуется обратной тенденцией увеличения значения Mn/U к показателям ΣTR , La/Yb , Gd/Yb . При этом Mn/U фиксирует активность CO_2 и, как следствие, проявление карбонатизации. Комплекс $\Sigma TR + La/Yb + Gd/Yb$ отвечает уровню накопления РЗЭ в процессе дифференциации обломочного материала. Подобная структура фактора может отражать дискретное распределение хемогенной карбонатно-фосфатной минерализации и общего редкоземельного обогащения на фоне увеличения легких и средних лантаноидов, которое фиксирует степень зрелости обломочного материала [Интерпретация..., 2001; Терехов и др., 1987; Murray et al., 1989; Nance, Taylor, 1976; Tyutyunnik et al., 2008; Charette et al., 2005, 2006; Sholkovitz et al., 2000]. Повышение значений данной компоненты будут соответствовать увеличению степени насыщения осадка терригенной составляющей, а ее отрицательные показатели – демонстрируют наложение карбонатно-фосфатной минерализации [Интерпретация..., 2001; Юдович, 1981, 1988; Borrego et al., 2005; Hannigan et al., 2010; Charette et al., 2005, 2006]. Подобная интерпретация данного фактора подтверждается в разрезе скважины № 2050, где вскрытые осадки, относящиеся к морским, характеризуются преимущественно положительными значениями фактора.

Структура второй компоненты (геохимический фактор – ГФ2) определяется поведением параметров Gd/La , Sr/Ba и Mn/U при наличии обратной корреляции с U/Th , SiO_2/Fe_2O_3 . Связь индикаторов обогащения средними редкими землями с показателями солёности и карбонатизации отражает хемогенное накопление средних лантаноидов карбонатами в морских условиях [Балашов, 1976; Валиев, Усманов, 1971; Дубинин, 2006; Интерпретация..., 2001; Мейнард, 1985; Родыгина, 2006; Юдович, 2001, 2007, 2011; Charette et al., 2005, 2006; Lopez-Gonzalez et al., 2006; Mil-Homens et al., 2014; Ohta, Kawabe, 2000; Sanders et al., 2012; Sweere et al., 2016; Shynu et al., 2013]. Противопоставление данного параметра прямой зависимости показателя

окисления (U/Th) и общей терригенной нагрузкой пород ($\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$) позволяет рассматривать положительные значения данного фактора как индикатор морских условий седиментации, а его отрицательные показатели как континентальный характер бассейна. Правильность такой трактовки обоснована исключительно положительными значениями второй компоненты в осадках кузнецовской свиты с доказанным морским происхождением.

Третья компонента (геохимический фактор – ГФ3) фиксирует прямую корреляцию Ce/Ce^* , Mn/U и U/Th на фоне обратной зависимости от Fe/Mn и Sr/Ba . Эти взаимосвязи подчеркивают проявления сингенетической карбонатизации (Mn/U) на окислительно-восстановительных барьерах U/Th , в условиях смешения морских и континентальных вод (Ce/Ce^*). Что позволяет рассматривать этот фактор в качестве показателя редокс-потенциала среды [Балашов, 1976; Батурин, 1975; Мейнард, 1985; Холодов, 2006; Юдович, 2011; Charette et al., 2005, 2006; Murray et al., 1990; Roy et al., 2010; Sanders et al., 2012; Rahaman et al., 2010]. При этом положительные значения фактора будут отвечать окислительным обстановкам, а отрицательные – восстановительным. Распределение значений этого фактора в разрезе достаточно дискретно, однако при сопоставлении с фаціальными характеристиками осадков наблюдается четкая приуроченность его положительных значений к прибрежно-морским и континентальным отложениям (что в свою очередь, отвечает окислительному потенциалу). Это отмечается для пласта ПК₁ и в верхней части ПК₂ скважин № 2031, 2010, 1002.

Четвертая компонента (геохимический фактор – ГФ4) характеризует тенденцию увеличения значений Ce/Ce^* , Sr/Ba , U/Th , Fe/Mn , выступающих в роли антагонистов к величине Mn/U , которая, как отмечалось выше, фиксирует процесс карбонатизации в зависимости от активности CO_2 . Указанная вариативность показывает изменение солености палеобассейна в результате смешения морских и речных вод. Таким образом, отрицательные значения будут фиксировать стабильный состав вод, а положительные – области смешения вод [Драйвер, 1985; Валиев, Усманов, 1971; Лебедев, 1967; Маслов,

2005a; Charette et al., 2005, 2006; Murray et al., 1990]. Помимо этого, фактор может быть рассмотрен как показатель кислотности-щелочности среды, в котором положительная часть отвечает $pH > 7$, а отрицательная $pH < 7$ [Родыгина, 2006; Юдович, 2011]. Данный сценарий находит свое отражение в разрезе скважины № 2050 (сугубо морской режим седиментации), где установлены отрицательные значения, отвечающие стабильности состава вод, тем самым, подчеркивая относительно устойчивые условия седиментации осадка и слабую гидродинамику среды, что сочетается со слабо щелочной средой, характерной для морских вод.

В отличие от петрогенных оксидов, фиксирующих, главным образом, вариации минерального состава осадков, взаимные изменения геохимических модулей, в большей степени, определяются физико-химическими условиями осадконакопления и отражают pH - Eh и степень минерализации бассейна седиментации.

5.2 Принципы выделения геохимических фаций

На основании результатов факторного анализа были получены характеристики, отражающие минеральный состав осадков, степень солености бассейна и вариации физико-химических (pH и Eh) параметров среды седиментации. Это позволяет применить абсолютные значения факторных нагрузок для диагностики геохимических фаций [Лебедев, 1969, 1970; Лукашев, 1980; Эрнст, 1976] в пределах Ваньеганской структуры. Схема последовательного разделения отложений на группы фаций приведена в таблице 10 и на рисунке 56.

Первым шагом при выделении геохимических фаций является разделение морских и континентальных отложений по уровню солености среды седиментации. Приведенные выше исследования показали, что эти параметры отражаются в геохимическом факторе $\Gamma\Phi 2$ и петрохимическом факторе $П\Phi 1$, показывающие степень прибрежно-морской карбонатизации (рисунок 57). Дискретное распределение значений факторных нагрузок по этим

компонентам, позволяет выделить группы фаций соленых бассейнов (морских и прибрежно- морских: ГФ2 от 2,5 до 0,5 и ПФ1 от 2,5 до 0,5), бассейнов переменной солености (прибрежно-морских: ГФ2 от 0,5 до -0,5 и ПФ1 от 0,5 до -0,5) и пресных бассейнов (континентальных: ГФ2 от – 0,5 до -3 и ПФ1 от – 0,5 до -3) (рисунок 57).

Таблица 10 – Ранжирование выборки на основании геохимических факторов

Группа фаций	Пачки и скважины	pH и Eh условия среды седиментации	Пачки и скважины	Состав профиля осадка
Группа фаций соленых бассейнов (морские и прибрежно-морские отложения)	ПК ₁ ¹ и ПК ₁ ² (скв. № 2031, 2010, 1002), ПК ₁ ³ (скв. № 2050, 2010, 1002, 3618), ПК ₂ ¹ (скв. № 2010, 2050)	Кислый; окислительно-восстановительный	ПК ₁ ¹ и ПК ₁ ² (скв. № 1002)	Аркозовый профиль, слабая карбонатизация
		Щелочной; восстановительный	ПК ₁ ³ и ПК ₂ ¹ (скв. № 2050)	Гидролизатный профиль, значительная карбонатизация
		Щелочной; окислительно-восстановительный	ПК ₁ ¹ и ПК ₁ ² (скв. № 2031, 2010), ПК ₁ ³ (скв. № 2010, 1002, 3618), ПК ₂ ¹ (скв. № 2010)	Аркозово-гидролизатный профиль
Группа фаций бассейнов переменной солености (прибрежно-морские отложения)	ПК ₁ ³ (скв. № 2031), ПК ₂ ² (скв. № 3618)	Кисло-щелочной; окислительно-восстановительный	ПК ₁ ³ (скв. № 3618) ПК ₂ ² (скв. № 2031)	Аркозово-гидролизатный профиль, слабая карбонатизация, глинисто-кварцевый состав
Группа фаций пресных бассейнов (континентальные отложения)	ПК ₂ ¹ (скв. № 2031, 1002, 3618); ПК ₂ ² (скв. № 2031, 2010)	Кисло-щелочной; окислительный	ПК ₂ ² (скв. № 2031 и № 2010), ПК ₂ ¹ (скв. № 1002)	Аркозовый профиль, значительная карбонатизация
		Кисло-щелочной; восстановительный	ПК ₂ ¹ (скв. № 2031 и 3618)	Аркозово-гидролизатный профиль

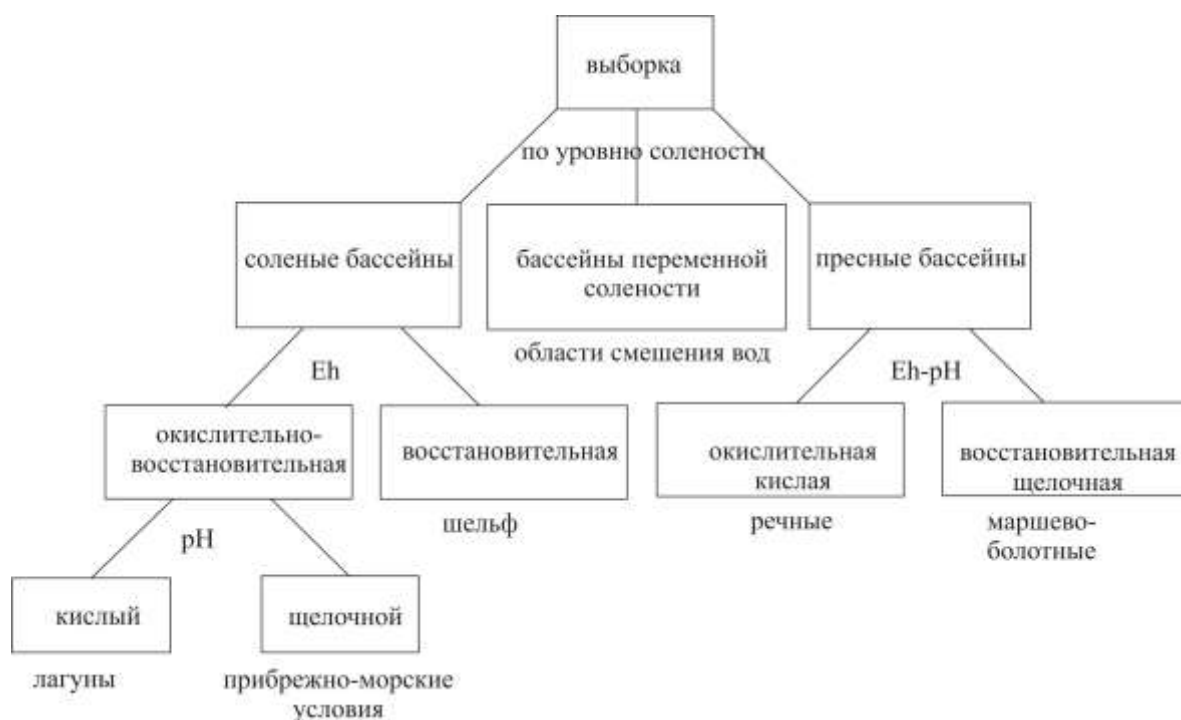


Рисунок 56 – Схема последовательного разделения осадков Ваньеганской структуры на группы фаций

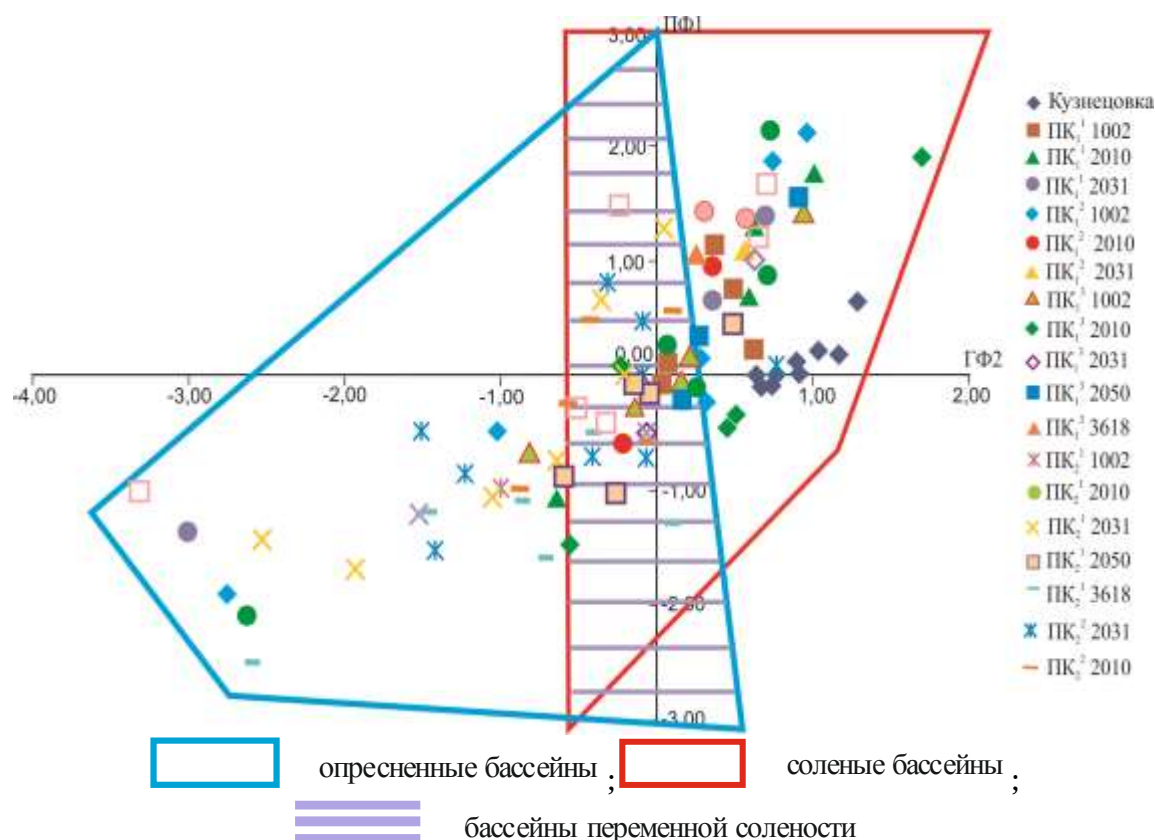


Рисунок 57 – Ранжирование выборки по уровню солености бассейна седиментации

Примечание: фигуративными точками обозначены образцы, отобранные из определенной пачки и скважины

При этом установлено, что осадки Ваньеганской структуры (пластов ПК₁ и ПК₂) формировались в различных режимах солёности. Так для большей части отложений пласта ПК₂ (пачка ПК₂¹ – скв. № 2031, 1002, 3618; пачка ПК₂² – скв. № 2031, 2010), установлены геохимические характеристики, отвечающие пресным водоемам. В область фаций солёных бассейнов за редким исключением попадают фигуративные точки составов горизонта ПК₁ и отчасти верхней части основания разреза пачки ПК₂¹, вскрытого скважинами № 2050 и 2010. Седиментационные зоны переменной солёности отличаются ограниченным распространением и установлены в подошвах пластов ПК₂ (скв. № 3618) и ПК₁ (скв. № 2031).

Следующие шаги фациальной геохимической дискриминации предполагают разделение осадков по качественным оценкам окислительно-восстановительных параметров (ГФ3, ПФ2), индикаторов кислотности-щелочности оценкам окислительно-восстановительных параметров (ГФ4, ПФ2) среды седиментации, а также критериев состава терригенной и глинистой компонент (ПФ3, ПФ4).

Для группы фаций солёных бассейнов устанавливается максимальная вариативность показателей изменения окислительно-восстановительных условий (рисунок 58), что позволяет выделить среди них два фациальных ряда, соответствующих восстановительному и переменному режимам осадконакопления. При этом восстановительные условия (первый ряд) фиксируются только в северной части исследуемой площади (скв. № 2050), что на фоне щелочного состава вод (ГФ4, ПФ2) предполагает их формирование в нормальном морском бассейне осадконакопления. Данное предположение подчеркивается гидролизатным профилем (ПФ4 до -1,7), фиксирующим высокую зрелость осадка. Совокупность данных фактов позволяет относить исследуемую группу осадков к шельфовым отложениям.

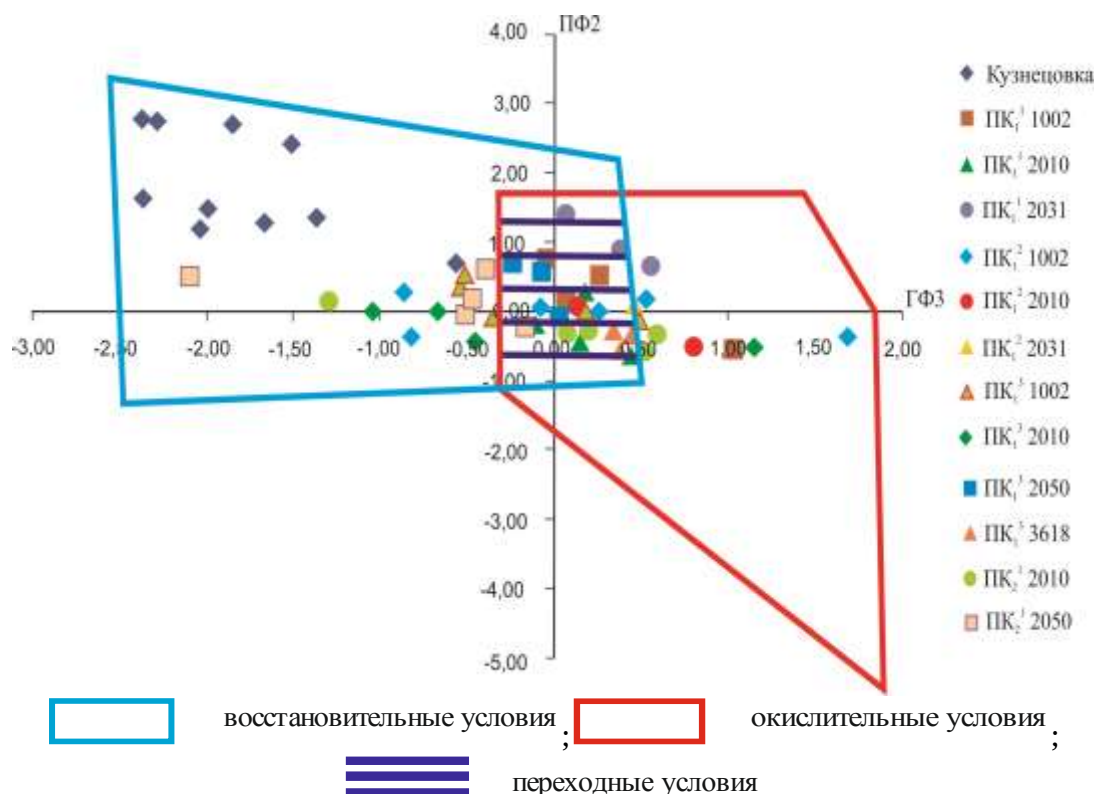


Рисунок 58 – Разделение осадков соленых бассейнов по показателю Eh

Примечание: фигуративными точками обозначены образцы, отобранные из определенной пачки и скважины

Второй фациальный ряд характеризуется вертикальной изменчивостью окислительных и восстановительных условий (ГФ3) по численным значениям индикаторов рН разделяется на два типа фаций – кислотный и щелочной (рисунок 59). Первый установлен в верхней части пачки ПК₁ (ПК₁¹ и ПК₁² скв. № 1002), где фиксируется кислый состав вод бассейна (ГФ4 от –0,25 до 2). Полученное сочетание параметров предположительно отвечает лагунным фациям, где рН и Eh фиксирует влияние пресных вод. Вертикальная дискретность окислительно-восстановительного потенциала подчеркивается локальным развитием карбонатизации на верхних уровнях взаимодействия осадочной взвеси с водой, и носит компенсационный характер по отношению к формированию гумусовых кислот в нижних (погребенных) зонах [Шварцев, 2007; Кирюхин, 1993]. Характерная для данных обстановок низкая гидродинамическая активность, помимо карбонатизации, подтверждается их преобладающим глинистым составом осадка на фоне аркозового профиля терригенной составляющей (ПФ4 от 0,2 до 6; ПФ3 от 0,2 до 1,3).

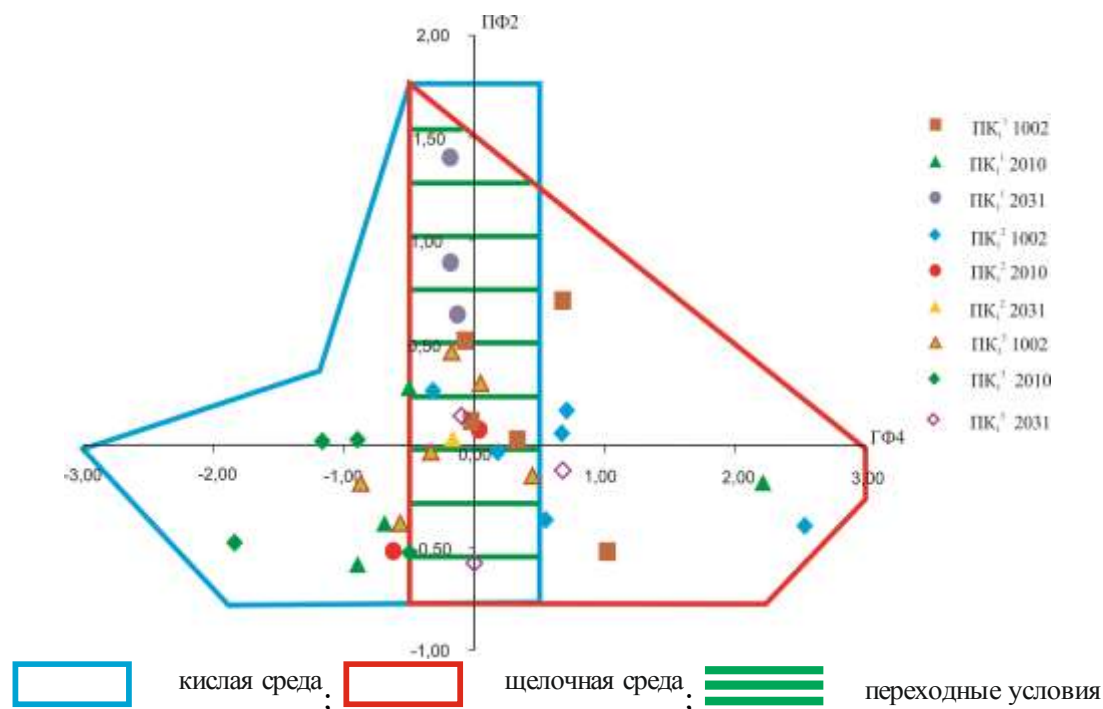


Рисунок 59 – Ранжирование осадков соленых бассейнов по показателю рН

Примечание: фигуративными точками обозначены образцы, отобранные из определенной пачки и скважины

Второй тип установлен для пачки $ПК_1$ в скважинах № 2031, 3618 и 2010, а также для пласта $ПК_2^1$ (скв. № 2010) и отличается преимущественно щелочным составом вод бассейна осадконакопления (ГФ4 от 1 до -2), что фиксирует формирование данных пород в морских условиях. Переменные значения окислительно-восстановительного потенциала, с учетом повышенной песчаности осадков можно интерпретировать как следствие высокой гидродинамики, предполагающей локальное восстановление привнесенных континентальных осадков при взаимодействии с морской водой в области терригенной разгрузки. Активная гидродинамика подчеркивается отсутствием карбонатизации и дискретным распределением абсолютных значений факторов отражающих состав терригенных компонентов [Шварцев, 2007; Кирюхин, 1993]. При этом значения фактора ПФ3 (от -1 до 1) фиксируют динамическое чередование в разрезе кварцевых и глинистых пород, а показатель ПФ4 (от -1 до 1) указывает на наличие как не перемытых аркозовых песчаников, так и их гидролизатных аналогов, предполагающих процессы рециклинга осадка, либо

частичного намыва осадков со стороны моря. Таким образом, данные отложения можно отнести к прибрежно-морским фациям.

В пресноводных фациях изменения окислительно-восстановительных условий среды осадконакопления, установленные по вариациям значений ГФЗ и ПФ2 (рисунок 60), позволяют разделить их на два типа. Первый выявлен в верхних фрагментах разреза пачки ПК₂¹, скв. № 2031 и 3618.

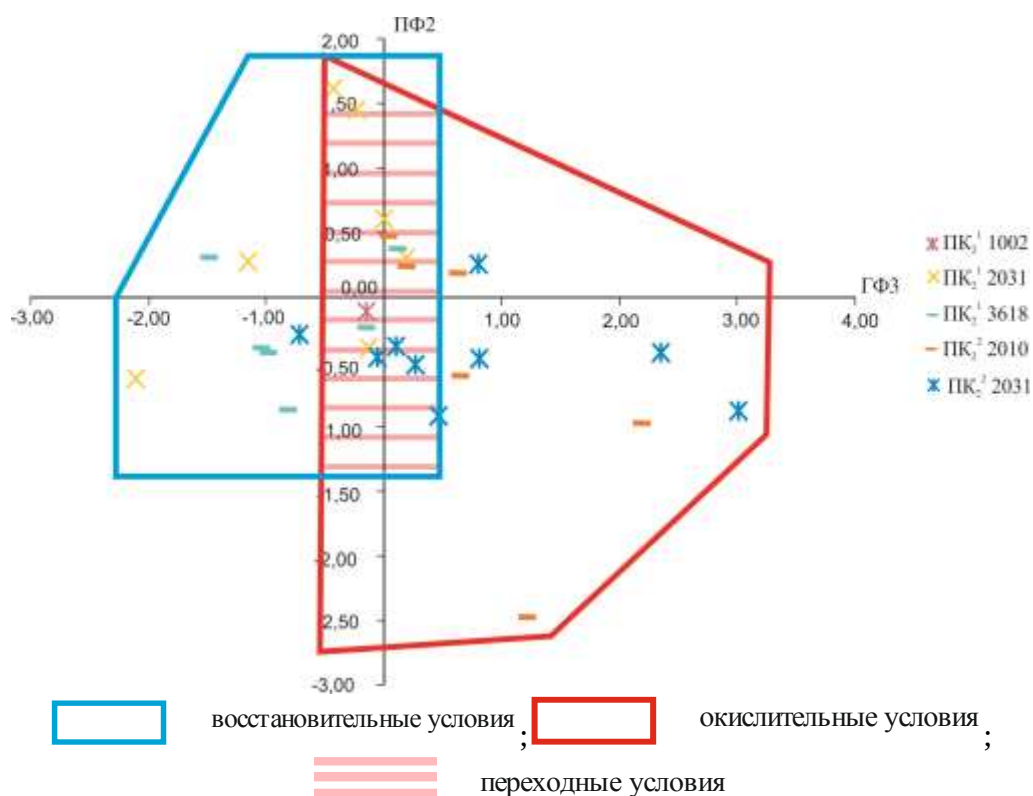


Рисунок 60 – Разделение осадков пресноводных фаций по показателю рН
Примечание: фигуративными точками обозначены образцы, отобранные из определенной пачки и скважины

Данные осадки характеризуется восстановительным режимом формирования (ГФЗ от -0,5 до -2), который в континентальных обстановках может быть реализован в старичных (озерных или маршевых) зонах. В таких условиях переменные показатели кислотности-щелочности среды (ГФ4 от -2 до 2), предполагают изменение состава вод путем их подкисления за счет разложения органического вещества, характерного для застойных фаций, предположительно маршево-болотных. Это также подчеркивается низкой гидродинамикой в зоне накопления данных осадков – повышенные значения ПФЗ до 2,1, которые фиксируют значительную роль глинистой компоненты

осадков, а аркозный профиль ПФ4 (до 1,5) терригенной составляющей, указывает на отсутствие процессов рециклинга.

Второй тип установлен в основании разрезов скв. №2031 и № 2010 и ПК₂¹ (скв. № 1002) и характеризуется положительными значениями Ен (ГФ3 = 0,5–4), что может быть интерпретировано как речные фациальные зоны. Ритмичные изменения показателя рН (ГФ4 от –2 до 4) предполагают изменения среды за счет локального воздействия морской воды (рисунок 61). Состав осадков определяется чередованием приблизительно равных объемов глинистой и кварцевой компонент, что на фоне преимущественно аркозового профиля (ПФ4 до 1,5) и развитием сингенетичной карбонатизации, свидетельствует о повышенном гидродинамическом режиме и выдержанности состава петрофонда. По совокупности перечисленных признаков данный ряд отложений можно отнести к русловому и дельтовому комплексам.

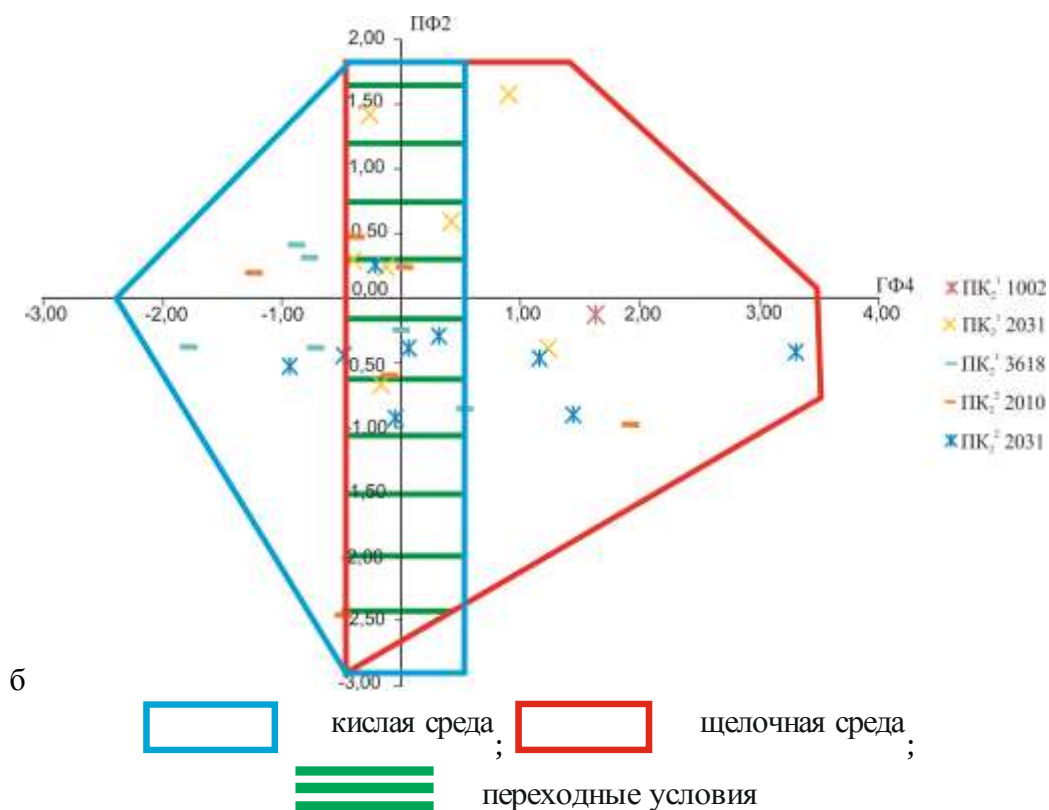


Рисунок 61 – Разделение осадков пресноводных фаций по показателю Ен

Примечание: фигуративными точками обозначены образцы, отобранные из определенной пачки и скважины

Для переходных фаций устанавливаются минимальные вариации количественных значений факторов ГФ3 и ПФ2, которые подчеркивают

окислительные условия осадконакопления (рисунок 62 а), что отражает континентальный характер вод. Особенности изменения геохимических индикаторов рН (рисунок 62 б) показывают дискретное распределение в разрезах осадков, образованных в щелочных и кислотных условиях, что позволяет склоняться к модели смешения соленых и пресных вод в прибрежной зоне.

Дополнительным подтверждением данного сценария является слабая степень карбонатизации (медиана ПФ1=0,44) и средняя зрелость осадков, способствующая осаждению кварца и глинистых минералов, что указывает на высокую гидродинамическую активность бассейна.

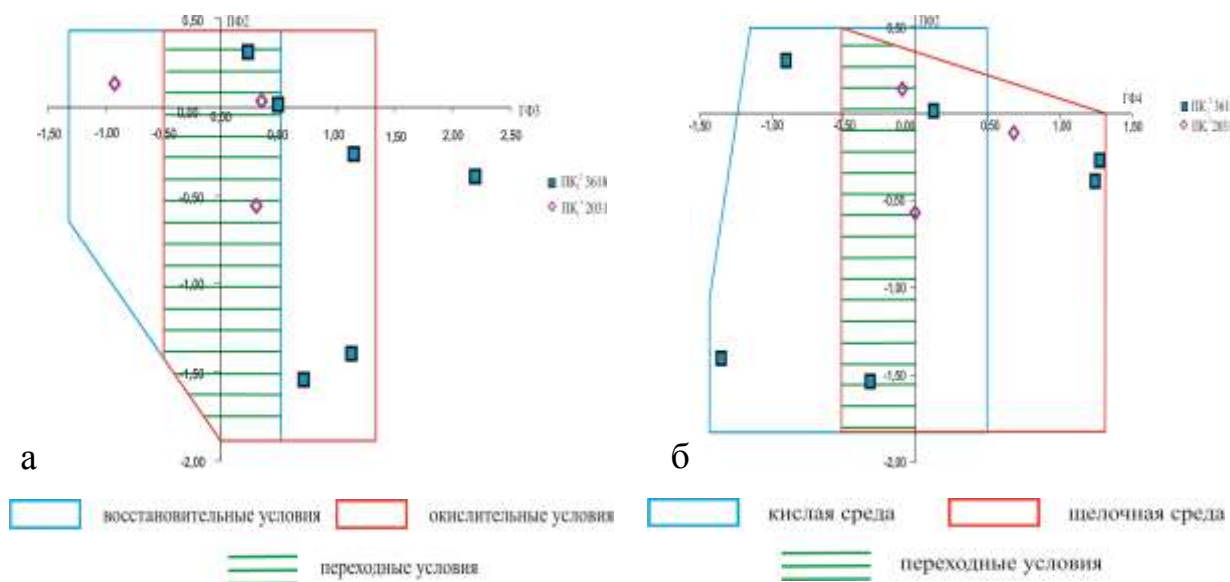


Рисунок 62 – Разделение осадков бассейнов переменной по показателям рН (а) и Eh (б)

Примечание: фигуративными точками обозначены образцы, отобранные из определенной пачки и скважины

Установленный при этом аркозово-гидролизатный профиль терригенной составляющей (ПФ4) подчеркивает переувлажнение и дифференциацию обломков на месте их формирования. Совокупность полученных данных позволяет предполагать, что все осадки переменной солености, в пределах верхнего сеномана Ваньеганской структуры, были сформированы в условиях контактной зоны морских и континентальных вод (погруженная часть дельты).

Глинистая перемычка вскрыта в 5-ти скважинах на различных гипсометрических уровнях. Сопоставляя значения факторов ПФ1 и ГФ2 (рисунок 63), видно, что формирование глинистой перемычки происходило в морских и прибрежно-морских условиях седиментации.

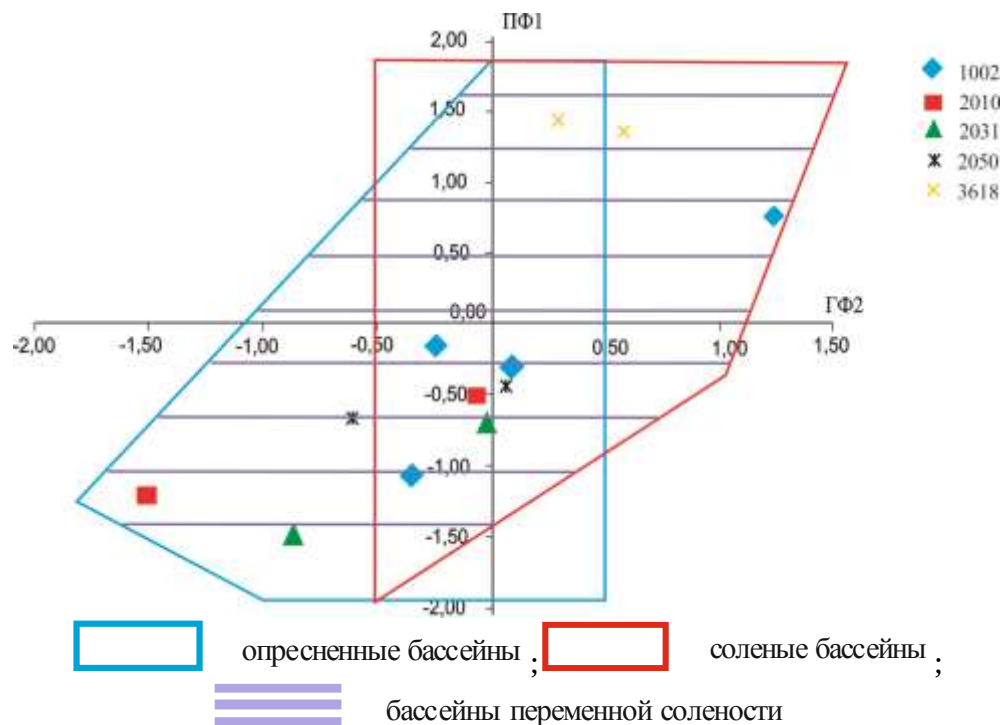


Рисунок 63 – Ранжирование образцов из перемычки (ПМ) по показателю солёности бассейна седиментации

Примечание: фигуративными точками обозначены образцы, отобранные из определенной пачки и скважины

При этом для осадков отмечается гидролизатный профиль (ПФ4), на фоне преобладающего глинистого состава осадка (ПФ3), что может свидетельствовать о низкой гидродинамике вод. Фигуративные точки на диаграммах рН и Eh (рисунок 64) характеризуются широкими вариациями значений факторов. Так для центральной и северной частей структуры (скважины №№ 2031, 2010 и 2050) устанавливаются преимущественно морские и прибрежно-морские условия седиментации и развитие процессов хемотропной карбонатизации (ГФ4), что подтверждается отрицательными значениями факторов. Для восточной и южной частей (скважины №№ 3618 и 1002) характерны маршево-болотные и лагунные фациальные зоны.

Повышение гидродинамического потенциала способствует увеличению доли тонкодисперсных осадков в приливно-отливных и шельфовых зонах, где

преобладает переотложенный терригенных материал, что подчеркивается кварцевым составом и гидролизатным профилем осадков. Низкая гидродинамика среды в лагунах и маршево-болотных фациях способствует более интенсивному развитию карбонатизации.

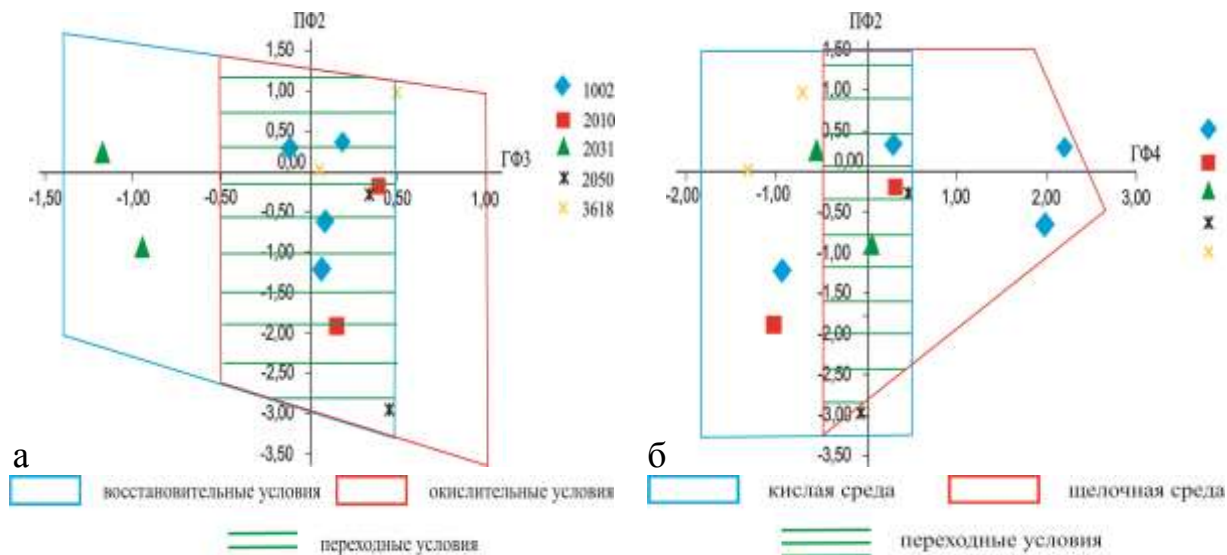


Рисунок 64 – Разделение осадков перемычки по показателям pH (а) и Eh (б)

Примечание: фигуративными точками обозначены образцы, отобранные из определенной пачки и скважины

Состав вод определяется положением петрогеохимических фаций по отношению к береговой линии. Максимальное влияние этого фактора на состав осадков обнаруживается в областях смешения пресных и соленых вод, что выражается в вариациях ГФ4 от -2 до 2 и ПФ2 от -2 до 2.

На основании проведенных исследований можно заключить:

1. Вариации распределения геохимических индикаторов обусловлены изменениями физико-химических условий осадконакопления по латерали и отражают pH и Eh и степень минерализации бассейна седиментации.

2. Значения многомерных статистических характеристик, отражающих петро- и геохимическую неоднородность осадков, позволяют уверенно диагностировать шельфовые, лагунные, речные, болотно-маршевые, прибрежно-морские фации (приливно-отливные зоны, приливные каналы) и области суспензионных потоков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Ваньеганская структура относится к Березово-Тюменской фациальной зоне, палеогеографически приурочена к переходной области взаимодействия системы «река-море». Резкая литофациальная изменчивость и циклическое строение отложений, обнаруженное при исследованиях Г.Н. Александровой и др. (2010) и В.Б. Белозерова (2012), на фоне превалирующего морского режима седиментации (В.М. Подобина, 2012), позволяют предположить существование на исследуемой территории в верхнесеноманское время эстуарного бассейна.

2. Тектурно-структурные реконструкции фациального режима осадконакопления верхнесеноманских осадков в пределах Ваньеганской структуры, позволило выделить три группы фаций, отвечающих континентальным (русловые, дельтовые), переходным (приливно-отливные зоны, приливные каналы, маршево-болотные зоны) и морским (подвижное мелководье, заливы и лагуны, аккумулятивные формы) условиям. Пространственное распределение осадков данных фаций, отражает палеогеографическую неоднородность эстуария, а изменение их положения в разрезе фиксирует гидродинамическую эволюцию системы залива.

3. На основании анализа морфологии и распределения песчаных образований установлена временная геоморфологическая и гидродинамическая эволюция эстуарного бассейна: формирование пачек $ПК_2^2$, $ПК_2^1$ происходило в головной части бассейна приливного типа; $ПК_1^3$ фиксируется в средней части бассейна, характеризующегося двойственной (приливно-волновой) природой, $ПК_1^2 + ПК_1^1$ – устьевая часть эстуария волнового типа.

4. Литологические особенности и минеральный состав изученных осадков, подчеркивают значительную вариативность терригенной составляющей и сортированности песчаников, что отражает латеральную и вертикальную изменчивость гидродинамической активности бассейна седиментации. Контрастный состав аутигенных парагенезисов, выраженный в развитии каолинит-монтмориллонитового, хлорит-каолинит-гидрослюдистого,

карбонатно-глинистого цемента, а также рассеянных проявлений сидеритовой, сульфидной и фосфатной минерализации, указывает на конвергентность признаков континентальной и морской седиментации, подчеркивая переменную ее активность в системе река-море.

5. Исследования химического состава показали, что основная неоднородность выборки определяется характером распределения CaO , SiO_2 , Fe_2O_3 и Al_2O_3 , что отражает литологические особенности пород, обусловленные их минералогическим составом. При этом соотношение оксидов кремния и алюминия рассматривается, как показатели зрелости осадков, а концентрации железа и кальция отражают и син-, эпигенетическую минерализацию на фоне изменения окислительно-восстановительных условий среды седиментации.

6. Взаимные вариации петрогенных оксидов, установленные при факторном анализе, отражают минералогическую неоднородность осадков, выраженные в составе соотношения карбонатной, терригенной и глинистой составляющих. Выявленные противопоставления петрогенных оксидов, соответствующих конкретным минеральным комплексам (кварц-карбонаты, монтмориллонит-каолинит+карбонаты, кварц-каолинит+гидрослюда, полевые шпаты+гидрослюда), могут являться следствием изменений физико-химических и фациальных условий седиментации.

7. Петрогеохимическая вертикальная неоднородность подчеркивается распределением следующих показателей: Fe_2O_3 , Al_2O_3 , ΣTR , Mn/U и модуля нормативной щелочности (НКМ). Вариации этих параметров отвечают различным палеофациальным уровням и фиксируют цикличность условий седиментации, которая наиболее четко выражается в изменении Mn/U и НКМ. Полученное расчленение разреза (рисунок 56) практически идентично ранее выделенным геологическим единицам (Г.Н. Александрова и др, 2010; В.Б. Белозеров, 2012)

8. Геохимическая аттестация позволила выявить, что уровень и характер накопления микроэлементов обусловлен вариативностью окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий

формирования осадка. При этом концентрирование Mn и U фиксирует процессы карбонатизации и фосфатизации; общий уровень накопления лантаноидов (ΣTR) подчеркивает механическую дифференциацию осадков и уменьшается в ряду от континентальных к морским отложениям. Отношения U/Th, Ce/Ce*, Sr/Ba и Fe/Mn, позволяют на качественном уровне определить pH-Eh режим седиментации и более четко разграничивать морские и речные образования, а значения SiO_2/Fe_2O_3 , Ti/Zr отражают степень гидролиза (выветривания) исходных пород.

9. Взаимные изменения статистических значений геохимических модулей в большей степени определяются физико-химическими условиями осадконакопления и отражают степень минерализации бассейна седиментации, а также pH и Eh режимы бассейна седиментации. Их учет в соотношении с особенностями валового химического и минерального состава осадков позволяет провести петрогеохимическую диагностику фаций русел, маршей и болот, лагун, ближнего шельфа, прибрежно-морских областей и суспензионных потоков.

10. Установленные в пределах Ваньеганской структуры петрогеохимические параметры позволяют проводить диагностику фаций на основании исследования шлама. Предложенный алгоритм может быть использован для ряда других объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная

1. Александрова Г.Н. Стратиграфия и условия седиментации меловых отложений южной части Варьеганского мегавала (Западная Сибирь) / Г.Н. Александрова В.А. Космынин, А.В. Постников // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – Т. 18. – № 4. –2010. – С. 65–91
2. Алексеев В.П. Литолого-фациальный анализ: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Литология» / В.П. Алексеев – Екатеринбург: УГГГА, 2002. – 147 с.
3. Арбузов С.И. Геохимия радиоактивных элементов учебное пособие / С.И. Арбузов, Л.П. Рихванов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - 2-е издание. – Томск: ТПУ, 2010. – 300 с.
4. Атлас текстур и структур осадочных пород / ред. А.В. Хабаков. М.: Недра, 1962. – 578 с.
5. Атлас литолого-палеогеографических карт СССР / под. ред. А.П. Виноградов. – М. – Т.3 –1968. – 74 с.
6. Ахияров А.В. Электрометрические образы фаций / А.В. Ахияров // Геофизика. – 2005 – № 6. – С. 30-34
7. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов / Ю.А. Балашов. – М.: Наука, 1976. – 278 с.
8. Батурин Г.Н. Уран в современном морском осадкообразовании / Г.Н. Батурин – М.: Атомиздат, 1975. – 152 с.
9. Батурин Г.Н. Фосфатонакопление в океане / Г.Н. Батурин. – М.: Наука, 2004. – 464 с.
10. Бахтин А.И. Факторный анализ в геологии: Учебное пособие / А.И. Бахтин, Н.М. Низамутдинов, Н.М. Хасанова. – Казань: Казанский государственный университет, 2007. – 32 с.
11. Бергер М.Г. Терригенная минералогия / М.Г. Бергер. – М.: Недра, 1986. – 227 с.

12. Бижу-Дюваль Б. Седиментационная геология / Б. Бижу-Дюваль. – М.: ИКИ. –2012. – 702 с.
13. Викулова М.Ф. Фациальные типы глинистых пород (и их первичные литологические особенности) / М.Ф. Викулова, Ю.К. Бурков, А.В. Македонов. – Л.: Недра, 1973. – 288 с.
14. Бурлин Ю.К. Литология нефтегазоносных толщ / Ю.К. Бурлин, А.И. Конюхов, Е.Е. Карнюшкина. – М.: Недра, 1991.–286 с.
15. Валиев А.А. Изучение солености меловых водоемов Устюрта / А.А. Валиев, Х. Усманов // Узб. геол. журнал – Т. 15. – № 4.– 1971. – С. 13-15
16. Вассоевич Н.Б. Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза / Н.Б. Вассоевич. – М.: Наука, 1977. – 264 с.
17. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах горных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555-571
18. Вылцан И.А. Фации и формации осадочных пород: Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. / И.А. Вылцан. – Томск: Томский гос. ун-т, 2002. – 484 с.
19. Габдуллин Р.Р. Секвентная стратиграфия: Учебное пособие / Р.Р. Габдуллин, Л.Ф. Копаевич, А.В. Иванов – М.: МАКС Пресс, 2008. – 113 с.
20. Гаррелс Р. Эволюция осадочных пород / Р. Гаррелс, Ф. Маккензи. – М.: Мир, 1974. – 270 с.
21. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах, Т. 2: Система вода-порода в условиях зоны гипергенеза / С.Л. Шварцев [и др.]; отв. ред. Б.Н. Рыженко. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2007. – 389 с.
22. Геология и геохимия нефти и газа: Учебник / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин, Б.А. Соколов, В.Е. Хаин; под. Ред. Б.А. Соколова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 384 с.

23. Глаголева М.А. К вопросу о влиянии солености бассейна на накопление элементов в его осадках / М.А. Глаголева // Доклады АН СССР, 1961. – Т. 136. – № 2. – С. 441-443
24. Градзиньский Р. Седиментология / Р. Градзиньский, А. Костецкая, А. Радомский, Р. Упруг. – М.: Недра, 1980. – 640 с.
25. Грим Р.Э. Минералогия и практическое использование глин / Р.Э. Грим. – М.: Мир, 1967. – 511 с.
26. Гринев О.М. Рифтовые системы Сибири: методология изучения, морфотектоника, минерагения / О.М. Гринев. – Томск: СТТ, 2007. – 434 с.
27. Гриффит Э. Фосфор в окружающей среде / Э. Гриффит, А. Битон, Дж. Спенсер, Д. Митчелл. – М.: Мир, 1977. – 760 с.
28. Дафф П. Цикличность осадконакопления / П. Дафф, А. Халлам, Э. Уолтон. – М.: Недра, 1985. – 284 с.
29. Дахнов В.Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин / В.Н. Дахнов. – М., Недра, 1980. – 310 с.
30. Драйвер Дж. Геохимия природных вод: Пер. с англ. / Дж. Драйвер. – М.: Мир, 1985. – 440 с.
31. Дриц В.А. Геокристаллохимия породообразующих диоктаэдрических смектитов / В.А. Дриц, А.Г. Коссовская // Литология и полезные ископаемые. – № 1. – 1980. – С. 84-114
32. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане / А.В. Дубинин. – М.: Наука, 2006. – 360 с.
33. Дэвис Дж.С. Статистический анализ данных в геологии (в 2-х книгах) / Дж. С. Дэвис. – М.: Недра, 1990. – 745 с.
34. Ежова А.В. Литология: учебное пособие / А.В. Ежова. – Томск: ТПУ, 2005. – 353 с.
35. Елькин Ю.А. Применение многомерного кластерного анализа для выявления геохимических особенностей некоторых типов пород Рифея Башкирского мегаантиклинория / Ю.А. Елькин // Геохимия осадочных формаций Урала. – Свердловск: УНЦ, 1987. – С. 115-121

36. Енгальчев С.Ю. Геохимия и генезис песчаников восточной части главного девонского поля на северо-западе русской плиты / С.Ю. Енгальчев, Е.Г. Панова // Литосфера. – № 5. – 2011. – С. 16–29
37. Ефремова С.В. Петрохимические исследования горных пород. Справочное пособие / С.В. Ефремова, К.Г. Стафеев. – М.: Недра, 1985. – 512 с.
38. Западная Сибирь // Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Т. 2 / Отв.ред.: А.Э. Конторович, В.С. Сурков. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. – 477 с.
39. Захаров В.А. Открытие морского сеномана на севере Сибири / В.А. Захаров, А.Л. Бейзель, В.П. Похиалайнен // Геология и геофизика. – № 6 – 1989. – С. 10-13
40. Иванов Г.А. Методы изучения ритмичности (цикличности) осадочных толщ / Г.А. Иванов, А.В. Македонов, Н.В. Иванов // Цикличность отложений нефтегазоносных и угленосных бассейнов. – М.: Недра, 1977 – С. 17-35
41. Ильин А.В. Древние фосфатоносные бассейны / А.В. Ильин – М.: Наука, 1990. – 174 с.
42. Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие / Е.В. Складов и др.; Под. ред. Е.В. Складова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001 – 288 с.
43. Карогодин Ю.Н. Понятийно-терминологическая база седиментационной цикличности / Ю.Н. Карогодин – Новосибирск, 1978. – 42 с.
44. Карогодин Ю.Н. Седиментационная цикличность / Ю.Н. Карогодин – М.: Недра, 1980 – 242 с.
45. Катченков С.М. Малые химические элементы в осадочных породах и нефтях / С.М. Катченков – Л.: Гостоптехиздат, 1959. – 271 с.
46. Каширцев В.А. Малые химические элементы в породах и карбонатных конкрециях перми Лено-Оленекского района / В.А. Каширцев // Геология и геофизика. – № 5. – 1972. – С. 120-124

47. Кейт М. Геохимические индикаторы морских и пресноводных осадков / М. Кейт, Э. Дегенс // Геохимические исследования – М.: Иностранная литература, 1961. – С. 56-84
48. Кирюхин В.А. Гидрогеохимия: учебник для вузов / В.А. Кирюхин, А.И. Коротков, С.Л. Шварцев. – М.: Недра, 1993. – 384 с.
49. Конторович А.Э. Геохимия юрских и нижнемеловых отложений Западно-Сибирской низменности / А.Э. Конторович, Е.Л. Берман, Л.И. Богородская и др. // Труды СНИИГГиМС. – Вып. 36. – 1971. – 251 с.
50. Космыгин В.А. Циклостратиграфический анализ и литофациальное моделирование нефтегазоносных отложений покурской свиты южной части Варьеганского мегавала: автореф. дисс... на соискание степ. канд. г.-м. наук / В.А. Космыгин. – М., 2011. – 25 с.
51. Котельников Д.Д. Глинистые минералы осадочных пород / Д.Д. Котельников, А.И. Конюхов – М.: Недра, 1986. – 247 с.
52. Кринари Г.А. К методике определения количественного соотношения глинистых минералов в полиминеральных смесях // Физика минералов. - Казань. – 1971. – С. 67-86.
53. Кринари Г.А. Рентгенографическая типизация дефектов кристаллической структуры каолинита с различной генетической природой / Г.А. Кринари, Н.И. Архипова, Н.Ю. Сабирова // Проблемы генетической информации в минералогии. – Сыктывкар. – 1980. – С. 119-120
54. Лебедев Б.А. Использование закономерностей распределения малых химических элементов в осадочных породах для решения палеогеографических задач // Труды ВНИГРИ Сб. 2., Литолого-петрограф. исслед. в нефтяной геологии. – Л. – Вып. 274. – 1970. – С. 78-89
55. Лебедев Б.А. Распределение малых химических элементов в юрских и нижнемеловых отложениях северо-запада Западно-Сибирской низменности // Геохим. Сб.: Тр. ВНИГРИ. – Л. – Вып. 279. – 1969. – № 10. – С. 195-202

56. Лебедев Б.А. Сопоставление морских и пресноводных глин по содержанию малых химических элементов // Геохимия. – № 8. – 1967. – С. 1004-1007
57. Лебедева Н.К. Палиностратиграфия и строение разреза верхнего мела по скв. 113 Южно - Русской площади (Пур - Тазовское междуречье, Западная Сибирь / Н.К. Лебедева, С.Е. Агалаков, А.Л. Бейзель // Новости палеонтологии и стратиграфии: Приложение к журналу Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – Вып. 6-7. – С. 191-207.
58. Летникова Е.Ф. Хемостратиграфия и корреляция карбонатных толщ южного складчатого обрамления Сибирской платформы: автореф. дис... на соискание степ. канд. г.-м. наук / Е.Ф. Летникова. – Иркутск. – 1999. – 17 с.
59. Летникова Е.Ф. Применение кластерного анализа при корреляции карбонатных толщ / Е.Ф. Летникова, Б.С. Данилов // Структурная и вещественная эволюция Центрально-Азиатского складчатого пояса. - Иркутск: ИЗК СО РАН. - 1995. – С. 34-35.
60. Лидер М.Р. Седиментология / М.Р. Лидер – М.: Мир, 1986 – 439 с.
61. Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы осадконакопления в морях и океанах / А.П. Лисицын. – М.: Наука, 1988. – 309 с.
62. Литология: учеб. пособие / А.М. Сазонов, Л.Н. Болдушевская, Т.В. Полева – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 20 с.
63. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород с основами методики исследования / Н.В. Логвиненко. – М.: Высшая школа, 1984. – 414 с.
64. Лукашев В.К. К проблеме использования геохимических индикаторов в палеогеографических и поисковых целях / В.К. Лукашев, К.И. Лукашев // Геохимические показатели при изучении геологических процессов и поисках полезных ископаемых. – Минск: Наука и техника. - 1980. – С. 5-14
65. Мансуров А.Н. Расчленение и корреляция карбонатных толщ позднего докембрия-раннего докембрия с помощью кластерного анализа /

- А.Н. Мансуров // Вестник Чит. Политехнич. Ин-та. – 1995. – № 2. – С. 81-84
66. Маслов А.В. Литологические, литохимические и геохимические индикаторы палеоклимата (на примере рифея Южного Урала) / А.В. Маслов, М.Т. Крупенин, Э.З. Гареев // Литология и полезные ископаемые. – №5. – 2003. – С. 502-525
67. Маслов А.В. Осадочные породы и методы изучения и интерпретации полученных данных /А.В. Маслов. – Екатеринбург: УГГУ, 2005а. – 289 с.
68. Маслов А.В. Терригенные осадочные последовательности типового разреза рифея: соотношение процессов рециклинга и привноса «first cycle» материала / А.В. Маслов, Э.З. Гареев, М.Т. Крупенин // Геохимия. – № 2. – 2005б. – С. 158-181
69. Маслов А.В. Систематика редкоземельных элементов и элементов платиновой группы в тонкозернистых терригенных породах средней и верхней юры шаймского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) / А.В. Маслов [и др.] // Литосфера. – №2. – 2010. – С. 3-24
70. Маслов А.В. Редокс-обстановки придонных вод неопротерозойских бассейнов востока и северо-востока Восточно-Европейской платформы / А.В. Маслов, В.Н. Подковыров // Литосфера. – №5. – 2015. – С. 30-42
71. Мейнард Дж. Геохимия осадочных рудных месторождений: Пер. с англ. / Дж. Мейнард – М., Мир, 1985. – 360 с.
72. Мигдисов А.А. О соотношении титана и алюминия в осадочных породах / А.А. Мигдисов // Геохимия. – № 2. – 1960. – С. 149-163
73. Милло Ж. Геология глин (выветривание, седиментология, геохимия) / Ж. Милло – Л.: Недра, 1968. – 357 с.
74. Минералогия и геохимия редких и радиоактивных металлов: Учебное пособие для вузов / В.Я. Терехов, Н.И. Егоров, И.М. Баюшкин, Д.А. Михеев. – М.: Энергоатомиздат, 1987. –360 с.
75. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов / В.И. Михеев – М., Госгеолтехиздат, 1957. – 868 с.

76. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа / В.С. Муромцев – Л.: Недра, 1984. – 260 с.
77. Недоливко Н.М. Исследования керна нефтегазовых скважин: практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология» / Н.М. Недоливко. – Томск: ТПУ, 2008. – 156 с.
78. Неелов А.Н. Петрохимическая классификация метаморфизованных осадочных и вулканических пород / А.Н. Неелов – Л.: Наука, 1980. – 100 с.
79. Нежданов А.А. Некоторые теоретические вопросы циклической седиментации. // Цитологические закономерности размещения резервуаров и залежей углеводородов. – Новосибирск. - 1990. - С. 60-79.
80. Обстановки осадконакопления и фации / Ред. Х.Г. Рединг – М.: Мир. – Т.1. – 1990. – 352 с.
81. Объяснительная записка к атласу литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины в масштабе 1:5 000 000 под. ред. И.И. Нестерова / О.В. Корепанова. – Тюмень. – ЗапСибНИГНИ. – вып. 93. – 1976. –85 с.
82. Осипов В.И. Глинистые покрышки нефтяных и газовых месторождений / В.И. Осипов, В.Н. Соколов, В.В. Ефремов – М: Наука, 2001. – 238 с.
83. Осипов Ю.Б. Текстуальный анализ глин / Ю.Б. Осипов, В.В. Пономарев, Б.А Соколов – М.: Недра, 1989. – 120 с.
84. Петтиджон Ф. Осадочные породы / Ф. Петтиджон – М.: Недра, 1981. – 751 с.
85. Петтиджон Ф. Пески и песчаники / Ф. Петтиджон, П. Поттер, Р. Сивер – М.: Мир, 1976. – 536 с.
86. Подобина В.М. Новые сведения по биостратиграфии и фораминиферам турона Западной Сибири / В.М. Подобина // Вестн. Том. гос. ун-та. – № 364. –2012а. – С. 181-184

87. Подобина В.М. Фораминиферы и биостратиграфия верхнего сеномана северного района Западной Сибири / В.М. Подобина // Вестник Том. гос. ун-та. – № 362б. – 2012. – С. 189–193
88. Подобина В.М. Фораминиферы верхнего мела и палеогена Западно-Сибирской низменности, их значение для стратиграфии / В.М. Подобина – Томск: Томского университета. – 1975. – 163 с.
89. Подобина В.М. Фораминиферы и биостратиграфия верхнего мела Западной Сибири / В.М. Подобина – Томск: НТЛ, 2000. – 388 с.
90. Подобина В.М. Фораминиферы и зональная стратиграфия верхнего мела Западной Сибири / В.М. Подобина – Томск: Томского ун-та, 1989. – 232 с.
91. Подобина В.М. Фораминиферы, биостратиграфия верхнего мела и палеогена Западной Сибири / В.М. Подобина – Томск: Томского ун-та, 2009. – 432 с.
92. Подобина В.М. Стратиграфия газоносных верхнемеловых отложений северо-восточных районов Западно-Сибирской низменности / В.М. Подобина, М.И. Таначева // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. - Вып. 2. – Томск: ТГУ. - 1967. – С. 89-99
93. Рентгенография основных типов породообразующих минералов (слоистые и каркасные силикаты) / Под ред. В.А. Франк-Каменецкого. – Л.: Недра, 1983. – 360 с.
94. Родыгина В.Г. Курс геохимии: Учебник для вузов / В.Г. Родыгина. – Томск: НТЛ, 2006. – 288 с.
95. Ронов А.Б. Закономерности распределения редкоземельных элементов в осадочной оболочке и в земной коре / А.Б. Ронов, Ю.А. Балашов, Ю.П. Гирин и др. // Геохимия. – № 12. – 1972. – С. 1483-1513.
96. Ронов А.Б. Основные черты геохимии элементов-гидролизатов в процессах выветривания и осадконакопления / А.Б. Ронов, А.А. Мигдисов // Геохимия. – № 2 – 1965. – С. 131–157.
97. Ронов А.Б. Химический состав важнейших генетических типов глин / А.Б. Ронов, З.В. Хлебникова // Геохимия. – № 6. – 1961. – С. 449-469

98. Ронов А.Б. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов / А.Б. Ронов, А.А. Ярошевский, А.А. Мигдисов – М.: Наука, 1990. – 182 с.
99. Ронов А.Б. Атлас литолого-палеогеографических карт мира (мезозой и кайнозой континентов и океана) / А.Б. Ронов, В.Е. Хаин, А.Н. Балуховский. – Ленинград. – 1989. – 89 с.
100. Сахибгареев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей / Р.С. Сахибгареев – Л.: Недра, 1989. – С. 107-121
101. Семенов В.Н. Особенности геологического строения и проблемы разработки Ван-Еганского месторождения / В.Н. Семенов, И.П. Пуртова, А.В. Сорокин, С.И. Кириллов, С.Ф. Мулявин // Бурение и нефть. – №5. – С. 30-33
102. Скиба Н.С. Геохимические индикаторы осадконакопления // Геохимия и оруденение осадочных толщ Тянь-Шаня. – Фрунзе: Илим. - 1966. – С. 3-34
103. Смирнов А.И. Вещественный состав и условия формирования основных типов фосфоритов / А.И. Смирнов – М.: Недра, 1972. – 196 с.
104. Смирнов Е.В. Использование геолого-геофизических, неотектонических и геохимических критериев при прогнозе нефтегазоносности осадочных бассейнов Сибири / Е.В. Смирнов, А.П. Хилько, Л.В. Боровикова, И.В. Литвинова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – №3. – 2009. – С. 4-11
105. Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов / В.Н. Шванов, В.Т. Фролов, Э.И. Сергеева и др. – СПб.: Недра, 1998. – 352 с.
106. Сурков В.С. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты / В.С. Сурков, О.Г. Жеро. – М.: Недра, 1981. – 143 с.
107. Тейлор С.Р. Континентальная кора: ее состав и эволюция / С.Р. Тейлор, С.М. МакЛеннан – М.: Мир, 1988. – 384 с.

108. Текстуры и структуры осадочных пород горных пород: учебн. пособие / А.М. Сазонов, Т.В. Полева, Л.Н. Болдушевская. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2011. – 96 с.
109. Термический анализ минералов и горных пород / В.П. Иванова, Б.К. Касатов, Т.Н. Красавина, Е.Л. Розина. Л.: Недра, 1974. – 399 с.
110. Ткачев Ю.А. Статистическая обработка геохимических данных: Методы и проблемы / Ю.А. Ткачев, Я.Э. Юдович – Л.: Наука, 1975. – 233 с.
111. Фораминиферы меловых и палеогеновых отложений Западно-Сибирской низменности / под ред. Н.Н. Субботиной – Л.: Недра. – Вып. 234. – 1964. – 456 с.
112. Фролов В.Т. Генетическая типизация морских отложений / В.Т. Фролов – М.: Недра, 1984. – 222 с.
113. Холодов В.Н. Геохимия осадочного процесса / В.Н. Холодов. – М.: ГЕОС, 2006. – 608 с.
114. Чернова О.С. Седиментология резервуара. Учебное пособие по короткому курсу / О.С. Чернова – Томск, 2004. – 300 с.
115. Чернова О.С. Роль и место текстурного анализа в прогнозе обстановок седиментации. Актуальные вопросы литологии и седиментологии // Материал школы-семинара / О.С. Чернова – Томск: Дельтаплан, 2007. – 134 с.
116. Шатров В.А. Реконструкция обстановок осадкообразования отложения девона геохимическими методами (на примере опорных разрезов Воронежской антиклизы) / В.А. Шатров, В.И. Сиротин, Г.В. Войцеховский, А.Н. Зеленская // Геохимия. – № 8. – 2005. – С.856-864.
117. Шутов В.Д. Классификация песчаников / В.Д. Шутов – Литология и полезные ископаемые. – № 5. – 1967. – С. 86–102.
118. Эрнст В. Геохимический анализ фаций / В. Эрнст – Л.: Недра, 1976. – 127 с.

119. Юдович Э.Я. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия) / Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – 742 с.
120. Юдович Я.Э. Курс геохимии осадочных пород (избранные главы): Учебное пособие / Я.Э. Юдович – Сыктывкар: Сыктывкар. ун-та. 2001. – 284 с.
121. Юдович Я.Э. Проблемы геохимической диагностики фаций седиментогенеза // Материалы к школе-семинару (Томск, 20-27 ноября 2007) / Я.Э. Юдович. –Томск: Дельтаплан, 2007 – 188 с.
122. Юдович Я.Э. Геохимическая диагностика глубоководных осадочных пород / Я.Э. Юдович, В.Н. Пучков // Геохимия. – № 3. – 1980. – С. 430-449
123. Юдович Я.Э. Региональная геохимия осадочных толщ / Я.Э. Юдович – Л.: Наука, 1981. – 276 с.
124. Юдович Я.Э. М.П. Геохимия черных сланцев / Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис – Л.: Наука, 1988. – 272 с.
125. Юдович Я.Э. Основы литохимии / Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис. – СПб.: Наука, 2000. – 479 с.
126. Яночкина З.А. Статистические методы изучения пестроцветов / З.А. Яночкина. – М.: Недра, 1966. – 142 с.
127. Япаскурт О.В. Исследования осадочных горных пород / О.В. Япаскурт, Н.А. Соловьёва, Т.А. Шарданова, Ю.В. Ростовцева – М.: Московского университета, 2001. – 145 с.
128. Alvarez W. Anomalous iridium levels at the Cretaceous/Tertiary boundary at Gubbio / W Alvarez, L.W. Alvarez, F. Asaro, H.V. Michel // Italy. –University of Copenhagen. – V. 2. –1979. – 69 p.
129. Berger W.H. Oxygen and carbon isotopes in foraminifera / W.H. Berger, A.W.H. Be, E. Vicent // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – V. 33. – 1981. – P. 25-35

130. Billy J. Tidal and fluvial controls on the morphological evolution of a lobate estuarine tidal bar: The Plassac Tidal Bar in the Gironde Estuary (France) / J. Billy, E. Chaumillon, H. Fyniys, C. Poirier // *Geomorphology*. – V. 169–170. – 2012. – p. 86–97
131. Borrego J. Geochemistry of rare-earth elements in Holocene sediments of an acidic estuary: Environmental markers (Tinto River Estuary, South-Western Spain) / J. Borrego, N. Lopez-Gonzalez, B. Carro, O. Lozano-Soria // *Journal of Geochemical Exploration*. – 86. – 2005. – P. 119–129
132. Boyd R. Classification of clastic coastal depositional environments / R. Boyd, R. Dalrymple, B.A. Zaitlin // *Sedimentary Geology*. – 80. – 1992. – p. 139-150
133. Brunskill G.J. Geochemistry and particle size of surface sediments of Exmouth Gulf, Northwest Shelf, Australia / G.J. Brunskill, A.R. Orpin, I. Zagorskis, K.J. Woolfe¹, J. Ellison^c // *Continental Shelf Research*. – V. 21. – 2001. – p. 157-201
134. Calvert S.E. Composition of manganese nodules and manganese carbonates from Loch Fyne / S.E. Calvert, N.B. Price // *Scotland. – Contr. Mineral. Petrology*. - V. 29. – 1970. – P. 215-233
135. Charette M.A. Trace element cycling in a subterranean estuary: Part 1. Geochemistry of the permeable sediments / M.A. Charette, E.R. Sholkovitz, C.M. Hansel // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – V. 69. 2005. – P. 2095–2109
136. Charette M.A. Trace element cycling in a subterranean estuary: Part 2. Geochemistry of the pore water / M.A. Charette, E.R. Sholkovitz // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – V. 70. – 2006. – pp. 811–826
137. Dalrymple R.W. Tidal sedimentation in the macrotidal, Cobequid Bay-Salmon River estuary, Bay of Fundy. / R.W. Dalrymple, B.A. Zaitlin – *Can. Soc. Pet. Geol. Field Guide, 2nd Int. Symp. Clastic Tidal Deposits, Calgary, Alta.* – 1989. – 84 p.
138. Dalrymple R.W. Dynamics and facies model of a macrotidal sand-bar complex, Cobequid Bay-Salmon River estuary (Bay of Fundy) /

- R.W. Dalrymple, R.J. Knight, B.A. Zaitlin, G.V. Middleton // *Sedimentology*. – 37. -1990. – P. 577-612
139. Dalrymple R.W. Temporal and spatial patterns of rhythmite deposition on mud flats in the macrotidal Cobequid Bay –Salmon River estuary, Bay of Fundy, Canada. In: D.G Smith, G.E. Reinson, B.A. Zaitlin, R.A. Rahmani, (eds): *Clastic Tidal Sedimentology: Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir*. – 16. - 1991. – P. 137-160.
 140. Dalrymple R.W. Estuarine facies models: Conceptual basis and stratigraphic implications. / R.W. Dalrymple, B.A. Zaitlin, R. Boyd // *Journal of Sedimentary Petrology*. – 62. - 1992. – P.1130-1146.
 141. Dalrymple R.W. Sedimentology and stratigraphy of a tide-dominated, foreland-basin delta (Fly River, Papua New Guinea) // F.H. Sidi, D. Nummedal, P. Imbert, H. Darman, H.W. Posamentier, (eds): *Tropical Deltas of Southeast Asia – Sedimentology, Stratigraphy and Petroleum Geology* // *SEPM Special Publication*. -76. – 2003. – P. 147-173
 142. Dalrymple R.W. Incised valleys in time and space: an introduction to the volume and an examination of the controls on valley formation and filling / In: R.W. Dalrymple, D.A. Lechin, R.W. Tilman (eds): *Incised valleys in time and space* // *SEPM Special Publication*. - 85. - 2006. – P. 5-12
 143. Dalrymple R.W. Morphologic and facies trends through the fluvial-marine transition in tide-dominated systems: A schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation / R.W. Dalrymple, K. Choi // *Earth Science Reviews*. - 81. - 2007. – P. 135-174
 144. Davis R.A. *Principles of Tidal Sedimentology* / R.A. Davis, R.W. Dalrymple. – New York: Heidelberg, 2012. – 621 p.
 145. Elderfield H. The rare earth elements in seawater / H. Elderfield, M. Greaves // *Nature*. – V. 296. – 1982. – P. 214-219.
 146. Fačevicová K. Element chemostratigraphy of the Devonian/Carboniferous boundary / K. Fačevicová, O. Bábek, K. Hron, T. Kumpan // *Applied Geochemistry*. – V. 74. – 2016. – p. 9-16.

147. Gu Y.G. Identification of heavy metal sources in the reclaimed farmlandsoils of the pearl river estuary in China using a multivariate geostatistical approach / Y.G. Gu, Q.S. Li, J.H. Fang, B.Ya. He, H.B. Fu, Z.J. Tong // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – V. 105. – 2014. – p. 7–12
148. Hannigan R. The rare earth element chemistry of estuarine surface sediments in the Chesapeake Bay/ R. Hannigan, E. Dorval, C. Jones // *Chemical Geology*. – V. 272. – 2010. – p. 20–30
149. Haskin M.A. Rare earths in European shales: a redetermination / M.A. Haskin, L.A. Haskin // *Science*. –V. 154. – 1966. – P. 507-509
150. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data / M.M. Herron // *J. Sed. Petrol.* – V. 58. – 1988. – P. 820-829
151. Kim Y.H. Lateral circulation and suspended sediment transport in a curved estuarine channel: Winyah Bay, SC, USA / Y.H. Kim, G. Voulgaris // *Journal of geophysical research*. – V. 113. – 2008. – P. 1-15
152. Kontorovich A.E. Cretaceous paleogeography of the West Siberian sedimentary basin / A.E. Kontorovich, S.V. Ershov, V.A. Kazanenkov, Yu.N. Karogodin, V.A. Kontorovich, N.K. Lebedeva, B.L. Nikitenko, N.I. Popova, B.N. Shurygin // *Russian Geology and Geophysics*. – 55. – 2014. – P. 582–609
153. Langmuir D. Particle size effect on the reaction goethite=hematite+water / D. Langmuir // *American Journal of Science*. – V. 271. – 1971. – P. 147-156
154. Lanier W.P. Tidal sedimentation from a fluvial to estuarine transition, Douglas Group, Missourain – Virgillian, Kansas / W.P. Lanier, H.R. Feldman, A.W. Archer // *Journal of Sedimentary Petrology*. – 63. - 1993. – P. 860-873
155. Lopez-Gonzalez N. Geochemical variations in estuarine sediments: Provenance and environmental changes (Southern Spain) / N. Lopez-Gonzalez, J. Borrego, F. Ruiz, B. Carro, O. Lozano-Soria, M. Abad // *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67. – 2006 – p. 313-320
156. Martin H. Effect of steeper Archean geothermal gradient on geochemistry of subduction zone / H. Martin // *Geology*. – V. 14. – 1986. – p. 753-756.

157. McLennan S.M. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes / S.M. McLennan, B.R. Lipin, G.A. McKay (eds.) // *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. – V. 21. – 1989. – p. 169-200
158. McNeil D. New Foraminifera from the Upper Cretaceous and Cenozoic of the Beaufort-Mackenzie Basin of Arctic Canada / D. McNeil – *Geol. Surv. Canada*. – № 35. – 1997. – P. 95
159. Miall A.D. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology: Springer / A.D. Miall – Verlag Inc. Berlin, 1996. – 582 p.
160. Mil-Homens M. Major factors influencing the elemental composition of surface estuarine sediments: The case of 15 estuaries in Portugal / M. Mil-Homens, C. Vale, J. Raimundo, P. Pereira, P. Brito, M. Caetano // *Marine Pollution Bulletin*. – V. 84. – 2014. p. 135–146
161. Moore R.D. Morphological evolution of the Dee Estuary, Eastern Irish Sea, UK: A tidal asymmetry approach / R.D. Moore, J. Wolf, A.J. Souza, S.S. Flint // *Geomorphology*. – V. 103. – 2009. – p. 588–596
162. Murray R.W. Rare earths elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale / R.W. Murray, M.R. Buchholtz ten Brink, D.L. Jones et al. // *Geology*. – V. 18. – 1990. – P. 268-271
163. Murray R.W. Rare earth elements in Japan Sea sediments and diagenetic behaviour of Ce/Ce*: results from ODP Leg 127 / R.W. Murray, M.R. Buchholtz ten Brink, H.J. Brumsack et al. // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – V. 55. – 1991. – P. 2453-2466
164. Nance W.B. Rare earth elements and crustal evolutions: I. Australian post-Archean sedimentary rocks/ W.B. Nance, S.R. Taylor // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – V. 40. – 1976. – P. 1539-1551
165. Nouidar M. Facies and sequence stratigraphy of an estuarine incised-valley fill: Lower Aptian Bouzergoun Formation, Agadir Basin, Morocco / M. Nouidar, E.H. Chellaï // *Cretaceous Research*. – 22. – 2001. – P. 93-104

166. Nyman J.A. Roles and patterns of hurricane sedimentation in an estuarine marsh landscape / J.A. Nyman, C.R. Crozier, R.D. DeLaune // *Estuarine, coastal and Shelf Science*. – 40. – 1995. – P. 665-679
167. Ohta A. Theoretical study of tetrad effects observed in REE distribution coefficients between marine Fe-Mn deposit and deep seawater, and in REE(III)-carbonate complexation constants /A. Ohta, I. Kawabe // *Geochemical Journal*. – Vol. 34. – 2000. – p. 455-473
168. Pedersen T.F. The geochemistry of mangnese carbonate in Panama Basin sediment / T.F. Pedersen, B.N. Price // *Geochim and Cosmochim Acta*. - V. 46. – 1982. – P. 59-68.
169. Perillo G.M.E. Geomorphology and sedimentology of estuaries // *Developments in Sedimentology*. - 53. - Elsevier, 1995. – 472 p.
170. Plink-Björklund P. Stacked fluvial and tide-dominated estuarine deposits in high-frequency (fourth-order) sequences of the Eocene Central Basin, Spitsbergen / P. Plink-Björklund // *Sedimentology*. – 52. - 2005. – P. 391-428
171. Pritchard D.W. What is an estuary? Physical viewpoint // Lauff, G.H. (ed.): *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science. – 83. - 1967. – P. 3-5.
172. Reading H.G. *Sedimentary Environments: processes, facies and stratigraphy* / H.G. Reading. – Oxford: Blackwell, 1996. – 688 p.
173. Rahaman W. Dissolved Mo and U in rivers and estuaries of India: Implication to geochemistry of redox sensitive elements and their marine budgets / W. Rahaman, S.K. Singh, S. Raghav // *Chemical Geology*. – 278. – 2010. – P. 160–172
174. Rollinson H.R. Using geochemistry data: evolution, presentation, interpretation / H.R. Rollinson. – Essex: London Group UK Ltd., 1994. – 352p.
175. Roy M. Influence of sea level rise on iron diagenesis in an east Florida subterranean estuary / M. Roy, J.B. Martin, J. Cherrier, J.E. Cable, C.G. Smith // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 74. – 2010. – P. 5560–5573

176. Sanders C.J. Elevated concentrations of dissolved Ba, Fe and Mn in a mangrove subterranean estuary: Consequence of sea level rise? / C.J. Sanders, I.R. Santos, R. Barcellos, E.V. Silva Filho // *Continental Shelf Research*. – 43. – 2012. – P. 86–94
177. Sholkovitz E. The estuarine chemistry of rare earth elements: comparison of the Amazon, Fly, Sepik and the Gulf of Papua systems / E. Sholkovitz, R. Szymczak // *Earth and Planetary Science Letters*. – 179.– 2000. – P. 299-309
178. Shynu R. REE in suspended particulate matter and sediment of the Zuari estuary and adjacent shelf, western India: Influence of mining and estuarine turbidity / R. Shynu, V. Rao, G. Parthibana, S. Balakrishnan, T. Narvekar , P.M. Kessarkar // *Marine Geology*. – 346. – 2013. – P. 326–342
179. Smith N.D. *Fluvial Sedimentology* / N.D. Smith, J. Rogers – SEPM Special Publication. – 28. - 1999. – 478 p.
180. Spagnoli F. Geochemistry and particle size of surface sediments of Gulf of Manfredonia (Southern Adriatic sea) / F. Spagnoli, G. Bartholini, E. Dinelli, P. Giordano // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. – V.80. – 2008. – p. 21–30
181. Stanley K.O. Sedimentation on the front of Eocene Gilbert-type deltas, Washaki Basin, Wyoming / K.O. Stanley, R.C. Surdam // *Journal of Sedimentary Petrology*. - 48: - 1978. – P. 557-573.
182. Stelck C. Foraminifera of the Cenomanian Dunveganoceras Zone from Peace River Area of Western Canada / C. Stelck, J. Wall. – Res. Council Alberta, 1955. – P. 6-79
183. Sweere T. Definition of new trace-metal proxies for the controls on organic matter enrichment in marine sediments based on Mn, Co, Mo and Cd concentrations/ T Sweere, S. van den Boorn, A. J. Dickson, G. Reichart // *Chemical Geology*. – V.441. – 2016. – p. 235–245
184. Tappan H. Foraminifera from the Arctic slope of Alaska. / Pt. 3, Cretaceous Foraminifera. U.S. Geol. Survey Prof. Paper. -№ 236. – 1962. - P. 91–209
185. Terwindt. J.H.J. Litho-facies of inshore estuarine and tidal-inlet deposits. *Geologie en Mijnbouw*. – 50. -1971. - P. 515-526

186. Terwindt J.H. Palaeo-tidal reconstructions of inshore tidal depositional environments. // Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies. P.L. De Boer, A. Van Gelder, S.D. Nio (eds). –Boston: Reidel, 1988. – P. 233-263
187. Tyutyunnik O.A. Microelement composition of boundary Cenomanian-Turonian sediments of Crimea mountains and North-Western Caucasus / O.A. Tyutyunnik, D.N. Chkhetija, M.L. Getsina, N.V. Badulina, A. Kh. Galusinskaya, M.A. Levitan, I.V. Kubrakova // Eurasian J. Analyt. Chem. - V. 3. - № 1. -2008. - P. 91–112
188. Urien C.M. Rio de la Plata estuary environments / C.M. Urien // Geological Society of America Memoir. – 133. - 1972. – P. 213-234
189. Van Rijn L.C. Sediment transport, Part III: Bed forms and alluvial roughness / L.C. Van Rijn // Journal of Hydraulic Engineering, 110: 1984. – P. 1733-1754
190. Wall J. Cretaceous Foraminifera of the Rocky Mountain Foothills, Alberta / J. Wall // Res. Council Alberta – Bull. 20. – 1967. – 185 p.
191. Wang Z.B., Jeuken, M.C.J.L., Gerritsen, H. De Vriend, H.J. & Kornman, B.A., Morphology and asymmetry of the vertical tide in the Westerschelde estuary / Z.B Wang, M.C.J.L Jeuken, H. Gerritsen, H.J. De Vriend, B.A. Kornman // Continental Shelf Research. - 22. - 2002. – P. 2599-2609
192. Wells J.T., Tide-dominated estuaries and tidal rivers // Geomorphology and sedimentology of estuaries. Developments in Sedimentology. G.M.E. Perillo (ed.). - 53. - 1995. – P. 179-205

Фондовая

193. Постников А.В., Карпов С.Н. и др. Информационный отчет. Построение лито-фациальной модели пластов ПК1-2 Ван-Еганского месторождения. Москва, 2007. – 70 с.
194. Рудаковская С.Ю. Детальные петрофизические исследования керна пластов ПК1-2 с использованием низкотемпературной технологии. Отчет по договору № 155/03. Тверь, 2004. – Том 2. – 335 с.

195. Технологическая схема опытно-промышленной разработки пластов Ван-Еганского месторождения», протокол ЦКР Роснедра №3520 от 27.12.2008 г.
196. Полномасштабная разработка месторождения Ван-Еганское. Геологическое моделирование пластов ПК1-ПК2 покурской свиты Ван-Еганского месторождения. Тюмень, 2008. – 48с. 41042-VNY-TN-U-00002
197. Информационный отчет. Обобщение состояния изученности, геологического строения залежей и ресурсной базы пластов ПК1-2, АВ3, БВ16-21 Ван-Еганского месторождения. Тюмень, 2010. – 94 с. № ТНМ-0244/10

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Литолого-стратиграфический разрез и карта фактического материала для пластов ПК₁ и ПК₂ (покурская свита) скв. №1002

Система	Отдел	Ярус	Пласт	Пачка *	Фораминиферы * (f - зоны и слои)	Глубина, м	Литологическая колонка	№ образца	Шлифы	ИСП-МС	РФА	PCA, термический анализ	Описание пород	Фотоснимки керна с текстурами					
МЕЛОВАЯ, К	ВЕРХНИЙ, К ₂	сеноманский, см	ПК ₁	ПК ₁	Trochammina wetteri tumida, Verneuilinoides kansasensis	928													
						932													
						ПК ₂	ПК ₂	Trochammina wetteri tumida, Verneuilinoides kansasensis	936										
									940										
									944										
									948										
									952										
									956										
									960										
									964										
			968																
			972																
			976																
			980																
			984																
			988																
			992																
			996																

* f-зоны и слои выделены В.М. Подобиной (2012 г.); пачки выделены В.Б. Белозеровым (2012 г.)

Условные обозначения:

... - песчаники

--- - алевролиты

--- - глины

□ - нет керн

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Литолого-стратиграфический разрез и карта фактического материала для пластов ПК₁ и ПК₂ (покурская свита) скв. №2031

Система	Отдел	Ярус	Плост	Пачка *	Формационная (Г - глина и сугил)	Литологическая колонка	№ образца	Шлифы	ИСП-МС	РФА	РСА	Описание пород	Фотографии керна с текстурами
МЕЛОВАЯ, К	ВЕРХНИЙ, К ₂	сеноманский, см	ПК ₁	ПК ₁ ¹	Trochammina wetter tumida, Vermetulimoides kansasensis	Lithothamnium L. pseudoclavata	925						
							930		++	++	++	Пачка сложена массивными черными глинами, иногда отмечаются небольшие песчаные линзы.	
							935		++	++	++	Пачка сложена крупным переслаиванием песчанок, алевролитов и глин. Песчанок серые, массивные, от мелко-двусреднезернистого алевролита темно-серые, массивные, мелкозернистые. Глины темно-серые, черные, массивные. От подошвы к кровле наблюдается уменьшение мощности песчаных прослоев до полного их исчезновения. Текстуры: ориентально-слоистые, тонкослоистые.	
							940		+	+	+	Пачка преимущественно сложена светло-серыми песчанками от мелко- до среднезернистых, массивными. На глубине 950,9 м. прослой карбонатизированного песчанка около 40 см. Отмечаются прослои темно-серого алевролитового материала до 0,5 м. В основании разреза в песчанках присутствуют интракlastы глины до 0,5 см в поперечнике. Текстуры: штриховатая, косая, линзовидная, тонкослоистая, горизонтально-слоистая, срединная, выходящаяся, наклонная.	
							945						
							950						
							955						
							960	+	+	+	+	Интервал сложен переслаиванием алевролитов, глин и песчанок. От подошвы к кровле отмечается уменьшение мощности песчаных слоев от 1 м до первых сантиметров и обратная тенденция для алевролитовых пород. Песчанки желтовато-серых оттенков, мелкозернистый, массивный. В песчанках отмечаются интракlastы глин. Алевролиты и глины от светло-серых до черных, массивные. Текстуры: тонкая горизонтально-слоистая, линзовидная, штриховатая, косая, срединная, наклонная.	
							975		++	++	++	В основании пачки отмечается карбонатизация.	
							980		++	++	++	Алевролитов-глинистые массивные породы различных оттенков серого с следами карбонатизации.	
							985		+	++	++	Алевролиты и глины от бело-серого до черного цвета, массивные, с небольшими прослоями песчаного материала (10-20 см). Текстуры: горизонтально-слоистая, волнистая, измучивания, проседания.	
							990		+	+	+	Песчанки от мелко- до среднезернистого желтовато-серого цвета, массивный. Отмечаются прослои алевролитов-глинистых пород до 0,3 м. Алевролиты и глины серо-черного цвета, массивные. Текстуры: тонкослоистая, горизонтально-слоистая, косая, выположивающаяся, штриховатая, измучивания, проседания.	
							1000	++	++	++	++	Частые переслаивания алевролитов и глин с пластами переслаивания различных оттенков серого до черного. Породы массивные, отмечаются гальки песчаного материала. Широко развита карбонатизация (выбеленные участки керна).	
							1005	+	+	+	+	Интервал представлен переслаиванием песчанок, алевролитов, глин. Песчанки мелкозернистый от светло-желтого до буроватого цвета. Глины и алевролиты различных оттенков серого. Отмечаются интракlastы глин и песчанки. Текстуры: массивная, горизонтально-слоистая, волнистая, оползневая, косая, пересрединная, участками отмечаются элементы линзовидной и прямой традиционной слоистости. Локально наблюдаются участки складчатости и карбонатизации.	
							1010	+	+	+	+	Алевролитов-глинистые породы с небольшими прослоями песчанка до 5 см. Алевролиты и глины от серо-серого до черного цвета, массивные. Отмечаются небольшие включения в виде гальчек песчаного материала и локальные участки карбонатизации. Текстуры: позолотистые, измучивания.	
							1015	+	+	+	+		
							1020					Песчанки светло-серый мелко-, среднезернистый, однородный, массивный. Текстура: горизонтально-слоистая, штриховатая, неясно горизонтально- и косослоистая, срединная. Отмечается включение мелких гальчек. Текстуры обусловлены наличием углесто-глинистого материала.	
							1025						
							1030						

* Г - глина и сугил, выделены В.М. Поробиней (2012 г.); глины выделены В.Б. Белозеровым (2012 г.)

Условные обозначения:

• • - песчанники

— • — - алевролиты

— — - глины

□ - нет керна

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Литолого-стратиграфический разрез и карта фактического материала для пластов ПК₁ и ПК₂ (покурская свита) скв. № 2010

Система	Отдел	Ярус	Пласт	Пачка*	Формационный (f - зона и слои)*	Глубина, м	Литологическая колонка	№ образца	Шлифы	ИСП-МС	РФА	РСА, термический анализ	Описание пород	Фотоснимки керн с текстурами
МЕЛОВАЯ, К	ВЕРХНИЙ, К ₂	сеноманский, см	ПК ₁	ПК ₁ ¹	<i>Trochammina westerlunckia</i> , <i>Vermulinoidea kansaensis</i>	928								
						932						++	Пачка сложена переслаиванием песчаника, алевролита и глин. При этом в верхней части распределение пород равномерное, в средней части преобладают песчаники, а нижняя сложена преимущественно алевроито-глинистыми породами. Песчаник светло-серый, серо-желтый, мелкозернистый. Алевролит светло-серый, темно-серый, мелкозернистый. Глины темно-серые, массовые.	  
						936		-28018 -28020	++	+	++	+		
						940		-28021			+		Текстура однородная, массивная, волнистая, горизонтально-слоистая, тонко-слоистая, линзовидная, измучивания, полого-слоистая.	  
						944		-28022	+					
						948		-28023 -28024 -28025	++		++	++	Интервал сложен переслаиванием алевроито-глинистого материала и песчаника. Алевролиты и глины темно-серые. Песчаник светло-серый мелкозернистый. Текстура горизонтально-слоистая, волнистая.	
						952		-28026	+			+		
						956		-28027 -28028 -28029		+	++	++	Верхняя часть сложена переслаиванием алевроито-глинистого материала и песчаника. Алевролиты и глины темно-серые. Песчаник светло-серый мелкозернистый. Текстура горизонтально-слоистая, волнистая.	 
						960		-28030 -28031 -28032 -28033		++	++	++	Средняя часть сложена алевролитами и глинами темно-серыми, ленточными, однородными, массивными.	 
						964				++	++	++	Нижняя часть разреза представляла крупным переслаиванием песчаника и алевролита, аналогичных верхней части фрагмента. Песчаник характеризуется штриховатой и полого-слоистой текстурой.	
						968							Разрез завершается массивными карбонатизированными алевролитами мощностью около 2 метров.	
			ПК ₂	R-2	<i>Saccammina micra</i> , <i>Ammatagutina sibirica</i>	972		-28034 -28036 -28037	+	+	+	+	Частое переслаивание песчаника, алевролита и глин. Текстура массивная, однородная, горизонтально-слоистая. Отмечаются участки локальной карбонатизации.	
						976		-28038 -28039 -28040		++	++	++	Крупное переслаивание песчаника и алевроито-глинистых пород. Песчаник серо-желтого, коричнево-серых тонов, мелко-среднезернистый. Алевролиты и глины серо-серые, голубоватые.	 
						980		-28041		+		+	Некоторые интервалы пород поддерживают различной степени карбонатизации, от слабо измененных до полностью переработанных осадков. Текстура однородная, массивная, пологая, тонко-слоистая, горизонтально-слоистая, волнистая, линзовидная, прерывистая.	 
						984		-28042		+	+		Частое переслаивание песчаника, алевролита и глин. В основании пласта залегают песчанки мощностью около метра. Песчаники серо-желтого цвета, мелко-, среднезернистый. Алевролиты и глины различных оттенков серого. Текстура массивная, однородная, горизонтально-слоистая, пологая, тонко-слоистая, прерывистая, волнистая, линзовидная. Отмечаются участки локальной карбонатизации.	
						988		-28043 -28044 -28045	++	+	+	+	Верхняя часть сложена крупным переслаиванием песчаника, алевролита и глин. Алевролит темно-серый, желтый, мелкозернистый. Песчаник желто-серый, мелко-, среднезернистый, слабоцементированный. Глины зеленовато-серые, однородные. Текстура однородная, массивная, пологая, мелко-горизонтально-слоистая, волнистая. Отмечаются участки измучивания или просадки. В алевролитах отмечается интракласовая глины.	 
						996		-28046		+	+	+	Нижняя часть сложена преимущественно алевроито-глинистыми породами с редкими прослоями песчанника. Частично породы карбонатизированы с включением слерита.	
						1000		-28047 -28048 -28049	+	+	+	+	Текстура однородная, массивная, измучивания, хаотичная, ленточная.	 
						1004			+			+	Частое переслаивание песчаника, алевролита и глин. Текстура тонко-слоистая, горизонтально-слоистая, волнистая, прерывистая.	
						1008		-28050 -28051		+	+	+	Пачка сложена преимущественно глинами в подчиненном количестве отмечается присутствие алевролита. Глины темно-серые массивные. Алевролит различных оттенков серого мелкозернистый. Показателями участками алевролита карбонатизированы. Текстура однородная, массивная, горизонтально-слоистая, ленточная, полимономная, волнистая.	 
						1012		-28052		+	+	+	Песчаник голубовато-серого цвета, мелко-среднезернистый, однородный, массивный, некарбонатизированный. Алевролит темно-серый, массивный, однородный.	

* f - зоны и слои выделены В.М. Подобиной (2012 г.); штрихи выделены В.В. Белоцерковным (2012 г.)

Условные обозначения:

 - песчанники  - алевролиты  - глины  - нет керна

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Литолого-стратиграфический разрез и карта фактического материала для пластов ПК₁ и ПК₂ (покурская свита) скв. № 3618

Система	Отдел	Ярус	Плост	Пачка*	Фораминиферы (f - зоны и слои)*	Глубина, м	Литологическая колонка	№ образца	Шлиф	ИСП-МС	РФА	РСА, термический анализ	Описание пород	Фотоснимки керна с текстурами		
МЕЛОВАЯ, К	ВЕРХНИЙ, К ₂	сеноманский, см	ПК ₁	ПК ₁		976		-28056					Песчаник серо-желтого цвета среднезернистый. По всему интервалу отмечаются небольшие слои алевроито-глинистого материала. Текстура массивная, волнистая, штриховатая, неясно косослоистая, волнистая, отмечаются интракласты глины.	  		
						980		-28057								
						984		-28058 -28059		++	++	++				
						988		-28060 -28061		++	++	++				
						992		-28062								
						996		-28063 -28064	+							
			R-2				Trochammina wetheri tumida, Vermulinoides kansasensis			-28065	+	+	+	+	Пачка представлена частым чередованием песчаников, алевролитов и глины. Иногда песчаник представлен в виде небольших окатышей и алевролитах. Текстура горизонтально, косослоистая, линзовидная, волнистая, часто встречаются участки с текстурами взмучивания. Основание пачки представлено карбонатизированными массивными алевролитами.	 
								1000		-28066 -28067		++	++	++		
										-28068		+		+		
								1004		-28069		+		+		
								1008		-28070 -28071		++	++	++		
								1012		-28072 -28073		++	++	++		
			ПК ₂				Saccammina micra, Ammotarguina sibirica	1016				++	++	++	Пачка сложена алевролитами различных оттенков серого цвета. Отмечаются слои песчаника буро-серого цвета до 1,5 метров, иногда насыщенного растительным углефицированным детритом. По разрезу встречаются глинистые слои с небольшими включениями алевро-песчаного материала. Текстура массивная, неясно горизонтально и косослоистая, волнистая, линзовидная. Часть интервала сильно карбонатизирована и сидеритизирована	   
								1020		-28074	+	+	+	+		
								1024		-28075 -28076 -28077	+	+	+	+		
								1028		-28078 -28079 -28080	+	+	+	+		
								1032		-28081 -28082	+	+	+	+		
* f-зоны и слои выделены В.М. Подобиной (2012 г.); пачки выделены В.Б. Белозеровым (2012 г.)																

Условные обозначения:

... - песчаники --- - алевролиты --- - глины - - - нет керна

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Литолого-стратиграфический разрез и карта фактического материала для пластов ПК₁ и ПК₂ (покурская свита) скв. №2050

Система	Отдел	Ярус	Пласт	Пачка*	Формационная (Г-зона и слои)*	Глубина, м	Литологическая колонка	№ образца	Шлифы	ИСП-МС	РФА	РСА, термический анализ	Описание пород	Фотоснимки керна с текстурами
МЕЛОВАЯ, К	ВЕРХНИЙ, К ₂	сеноманский, см	ПК ₁	ПК _{1α}	<i>Trochammina wetteri tumida</i> , <i>Verneulinoides kansasensis</i>	1012		28084	+				Верхняя часть пачки сложена переслаиванием песчаников, алевролитов и глин. Текстура массивная, горизонтально-слоистая. Средняя часть - глины массивные. Нижняя часть - переслаивание алевролитов и глин. Текстура неясно-слоистая, массивная, взмучивания. По всему разрезу пачки отмечаются сидериты и карбонаты.	
						1016		28085 28086 28087	+	+	+	+		
								28088						
						1020		28089 28090		+	+	+		
						1024		28091	+	+	+	+		
								28092						
			ПК ₂	ПК _{2β}	<i>Saccammina mista</i> , <i>Ammonia angulata sibirica</i>	1028		28093 28094	+				Пачка сложена преимущественно глинами, в подчиненном количестве отмечаются алевроиты, часты переслаивания. Текстура массивная, хаотичная, неясно-слоистая, горизонтально-слоистая, иногда отмечаются линзовидные алевролиты. Редко встречается растительный детрит. Небольшие интервалы подвержены карбонатизации.	
			ПК ₂	ПК _{2γ}	<i>Saccammina mista</i> , <i>Ammonia angulata sibirica</i>	1032		28095 28096		+	+	+	Верхняя часть пачки сложена алевролитами светло-серыми до темно-серых. Текстура неясно-слоистая, близка к массивной. Средняя часть представлена переслаиванием глин и алевролитов с песчаным материалом. Текстура горизонтально-слоистая, подогволистая, линзовидная, взмучивания. Нижняя часть - представлена песчано-алевритно-глинистым материалом со следами карбонатизации.	
						1036								
								28097		+	+	+		
						1040		28098		+	+	+		
						1044		28099 28100 28101		+	+	+		
										+	+	+		

* Г-зона и слои выделены В.М. Подобной (2012 г.); пачки выделены В.Б. Белозеровым (2012 г.)

Условные обозначения:

 - песчаники

 - алевролиты

 - глины

 - нет керна

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Химический состав пород Ваньеганской структуры по результатам рентгенофлуоресцентного анализа

№ пробы	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	ППП	Сумма
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Скважина № 2050												
28085	2,79	0,80	18,71	56,39	0,12	3,06	0,83	0,92	0,11	7,57	8,20	99,51
28087	1,04	0,53	20,78	58,68	0,05	2,40	0,52	0,92	0,07	5,90	8,83	99,72
28089	1,65	0,82	18,61	60,52	0,09	2,56	0,72	0,80	0,06	6,15	7,33	99,31
28091	0,20	3,33	4,62	22,16	0,72	1,72	36,59	0,19	0,16	4,22	24,64	98,56
28092	1,42	0,10	6,84	1,00	11,11	0,22	15,63	17,43	17,58	1,00	28,70	98,92
28093	0,87	0,10	20,82	61,29	0,03	1,36	0,28	1,95	0,17	4,86	8,3	100,04
28095	2,08	0,20	22,26	60,09	0,03	2,13	0,39	0,83	0,04	4,18	7,55	99,79
28096	1,73	0,43	19,56	53,81	0,24	3,04	1,29	1,27	0,18	9,70	8,30	99,55
28097	0,48	0,32	22,63	56,95	0,04	2,57	0,85	0,91	0,05	5,47	9,80	100,07
28098	1,37	0,38	19,16	64,64	0,04	2,22	0,40	0,76	0,05	4,65	5,40	99,08
28099	1,55	0,37	20,49	59,97	0,06	2,18	0,56	0,91	0,07	6,43	7,28	99,87
28100	1,77	0,92	19,99	57,64	0,08	2,77	0,54	0,80	0,06	6,97	7,69	99,24
28101	1,05	0,48	20,04	63,87	0,03	2,15	0,46	0,68	0,02	4,50	6,32	99,60
Скважина № 1002												
27977	1,17	0,49	19,76	57,99	0,05	3,79	0,85	0,84	0,10	6,86	7,21	99,11
27978	2,66	0,65	17,09	61,37	0,04	2,43	0,69	0,58	0,03	5,88	7,26	98,68
27979	2,36	0,64	21,99	50,24	0,13	3,66	2,52	2,94	0,64	5,98	8,27	99,36
27980	1,55	0,74	16,65	61,04	0,05	2,68	0,74	0,58	0,03	6,42	8,44	98,93
27981	1,29	1,02	17,43	58,71	0,05	2,54	0,76	0,55	0,03	6,55	10,10	99,03
27982	0,34	0,49	19,75	57,96	0,05	2,24	0,55	0,97	0,13	8,71	8,60	99,79
27983	2,27	0,96	18,93	57,20	0,07	2,86	0,67	0,90	0,07	7,13	8,20	99,24
27989	1,34	0,80	19,56	57,13	0,12	3,02	0,93	0,96	0,10	7,46	8,11	99,52
27991	2,25	0,54	20,69	58,32	0,05	2,50	0,51	0,90	0,06	5,81	8,10	99,73
27992	1,22	0,46	20,99	58,32	0,05	2,55	0,52	0,88	0,05	6,37	8,28	99,69
27994	2,75	0,36	20,06	53,80	0,13	3,86	0,96	1,21	0,14	8,06	8,58	99,90
27995	0,72	0,12	20,25	67,37	0,02	1,66	0,13	0,85	0,01	3,09	5,31	99,52

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Скважина № 1002												
27997	1,89	0,23	22,80	59,26	0,04	2,08	0,49	0,89	0,04	4,96	7,40	100,08
27999	1,32	0,43	19,65	59,39	0,07	2,85	0,48	0,96	0,07	6,76	7,11	99,09
28000	1,41	0,72	19,43	53,99	0,17	3,02	0,84	1,01	0,12	9,57	9,00	99,29
28001	1,09	0,20	18,56	48,98	0,02	1,62	0,21	0,69	0,04	4,11	24,50	100,04
28002	1,45	0,71	19,35	55,36	0,13	2,66	0,84	1,03	0,13	9,29	8,72	99,66
28004	1,27	0,33	19,33	60,23	0,07	2,30	0,51	0,93	0,12	7,73	6,65	99,48
28005	1,54	0,22	20,07	61,47	0,04	2,75	0,44	0,99	0,06	5,72	6,41	99,73
28006	1,71	0,46	19,80	63,15	0,03	2,64	0,41	0,78	0,03	4,70	5,90	99,62
28007	1,93	0,49	17,94	57,14	0,13	2,70	0,92	1,07	0,17	9,18	7,67	99,34
28008	1,84	0,45	20,11	59,55	0,06	2,51	0,51	0,82	0,04	5,95	7,72	99,57
28009	0,60	0,17	20,24	61,96	0,03	1,30	0,29	0,90	0,05	5,55	9,16	100,26
28010	1,70	0,46	20,08	60,53	0,05	2,49	0,55	0,74	0,05	6,49	6,00	99,14
28011	0,81	0,11	15,65	46,24	0,17	1,60	0,63	1,32	0,27	20,74	13,76	101,28
28012	1,91	0,46	20,52	59,57	0,05	2,35	0,30	0,72	0,03	6,17	7,43	99,50
28013	1,94	0,16	20,63	56,76	0,06	2,13	0,59	1,15	0,17	8,47	8,44	100,51
28015	1,03	0,30	21,41	61,76	0,03	2,28	0,25	0,84	0,02	4,73	7,16	99,83
Скважина № 2010												
28018	1,22	0,48	20,72	55,39	0,12	2,42	1,00	1,15	0,15	8,63	8,65	99,93
28019	1,89	0,82	19,98	54,72	0,12	2,63	0,94	1,19	0,17	9,48	8,50	100,44
28020	1,12	1,16	20,73	57,37	0,09	2,35	0,89	0,94	0,11	7,18	8,12	100,05
28021	1,63	0,59	25,05	59,19	0,03	1,96	0,24	0,71	0,02	4,21	6,50	100,13
28023	1,35	0,55	19,94	57,15	0,10	2,37	0,73	1,05	0,15	8,59	7,90	99,89
28024	1,43	0,64	21,77	59,62	0,03	2,46	0,25	0,80	0,04	5,67	6,76	99,46
28026	0,36	3,22	5,20	31,80	0,37	1,58	33,11	0,63	0,13	5,81	17,05	99,25
28027	1,52	0,30	19,84	58,36	0,07	1,99	0,19	0,82	0,10	8,83	8,16	100,18
28028	0,60	0,49	22,12	63,62	0,03	2,13	0,14	0,68	0,03	4,28	5,48	99,60
28029	1,35	0,40	21,95	58,10	0,05	2,01	0,28	0,83	0,08	6,69	8,25	99,98
28030	0,71	1,68	11,79	41,30	0,07	2,11	27,12	0,76	0,17	4,66	9,50	99,87

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Скважина № 2010												
28031	2,60	0,07	23,00	53,47	0,06	2,40	0,33	2,27	0,42	8,16	7,88	100,68
28032	1,51	0,36	19,94	54,23	0,11	1,58	1,09	1,01	0,20	8,84	10,26	99,14
28033	1,73	0,57	21,53	59,94	0,05	2,44	0,18	0,78	0,04	6,22	6,08	99,57
28034	1,48	0,33	20,23	62,09	0,02	1,91	0,19	0,97	0,02	2,93	9,83	99,99
28036	1,11	0,20	22,56	58,05	0,04	0,93	0,18	1,12	0,13	7,13	8,90	100,36
28038	1,94	0,63	20,58	59,34	0,07	2,33	0,47	1,13	0,12	5,72	7,83	100,16
28039	1,16	0,38	15,72	71,80	0,01	1,48	0,10	0,92	0,01	1,96	6,04	99,58
28040	1,33	0,60	21,65	59,43	0,06	2,32	0,46	0,90	0,08	6,40	6,39	99,63
28041	2,63	0,54	19,50	57,26	0,11	2,46	0,43	1,02	0,11	7,49	8,15	99,71
28042	2,61	0,86	18,32	54,56	0,16	2,33	0,84	1,14	0,18	9,99	9,40	100,39
28043	0,46	4,06	6,38	14,42	4,40	1,45	34,14	0,33	0,17	12,57	21,05	99,43
28045	1,19	0,17	15,11	64,23	0,09	1,24	0,36	1,82	0,24	7,96	8,03	100,45
28046	2,08	0,34	23,12	56,29	0,06	2,28	0,53	0,97	0,14	8,22	5,70	99,73
28047	0,80	0,37	21,56	61,82	0,03	2,15	0,11	0,98	0,05	5,47	6,76	100,09
28049	0,26	2,42	10,70	27,91	0,14	1,95	32,63	0,83	0,11	4,74	18,42	100,11
28050	2,18	0,68	20,07	60,98	0,06	2,24	0,28	0,77	0,06	6,61	5,43	99,36
28051	1,80	0,76	19,08	59,42	0,10	2,57	0,42	0,80	0,06	7,18	7,08	99,27
28052	1,16	0,94	20,98	60,97	0,06	2,17	0,29	0,79	0,05	5,76	6,70	99,86
Скважина № 2031												
27921	1,04	2,55	17,22	59,98	0,05	2,51	0,96	0,51	0,03	6,32	8,80	99,98
27922	1,66	0,88	18,76	55,09	0,04	2,56	1,16	0,49	0,02	6,90	11,56	99,10
27923	1,56	0,64	18,13	56,03	0,04	2,52	0,60	0,53	0,03	7,21	11,34	98,64
27924	1,28	2,61	17,02	59,53	0,05	2,47	0,64	0,49	0,02	5,96	9,83	99,90
27925	1,23	2,53	17,69	59,43	0,04	2,35	0,61	0,53	0,03	5,63	9,78	99,85
27926	1,15	0,71	17,94	59,11	0,04	2,64	0,73	0,56	0,03	6,23	9,97	99,10
27927	1,18	2,68	16,89	59,82	0,05	2,39	0,57	0,49	0,03	5,85	9,90	99,85
27928	2,06	1,97	19,56	55,87	0,12	3,21	0,83	0,85	0,12	6,39	9,20	100,17
27929	1,55	0,33	15,39	69,38	0,02	2,48	0,25	0,91	0,02	2,56	6,40	99,29

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Скважина № 2031												
27930	2,03	1,71	20,24	56,51	0,08	2,58	0,57	0,85	0,09	6,72	8,68	100,06
27935	1,43	0,59	19,93	56,18	0,10	2,82	0,83	0,98	0,13	8,01	8,64	99,62
27938	2,24	0,62	19,76	55,91	0,11	3,27	1,31	1,06	0,14	7,89	7,52	99,82
27941	1,89	0,36	19,87	56,81	0,10	2,66	0,62	1,12	0,14	7,40	8,41	99,39
27943	0,88	0,57	21,23	58,81	0,04	2,54	0,30	0,78	0,05	5,77	8,30	99,28
27944	1,14	0,80	22,99	58,85	0,03	1,63	0,30	0,83	0,02	3,96	8,91	99,46
27946	1,87	2,77	17,24	48,45	1,65	2,28	2,12	0,88	0,12	10,11	11,51	99,01
27947	1,80	1,07	21,55	58,91	0,04	1,94	0,12	0,80	0,03	4,89	8,47	99,62
27948	0,99	0,22	23,82	60,71	0,03	1,17	0,13	0,83	0,03	4,28	7,10	99,30
27949	1,04	0,16	24,62	61,41	0,01	1,78	0,08	0,77	0,01	2,93	7,13	99,95
27950	0,36	2,14	10,65	31,33	0,18	0,86	29,34	0,25	0,14	5,15	19,14	99,54
27951	2,12	2,08	20,21	56,92	0,09	3,17	0,54	0,81	0,06	5,59	8,43	100,03
27953	1,07	0,16	22,48	61,49	0,02	1,90	0,15	0,81	0,01	3,62	8,20	99,94
27954	1,50	1,18	22,06	60,59	0,04	2,40	0,29	0,75	0,02	4,43	6,31	99,56
27955	2,00	1,79	19,34	59,69	0,06	2,84	0,35	0,76	0,04	5,00	7,93	99,80
27958	1,63	0,28	18,79	64,82	0,03	2,63	0,20	0,82	0,04	3,25	6,64	99,12
27959	2,25	1,21	20,51	55,56	0,08	3,13	0,85	1,11	0,14	6,73	8,62	100,20
27960	1,19	0,28	20,15	61,05	0,05	2,07	0,21	0,90	0,07	4,97	8,30	99,24
27961	1,32	0,17	18,37	66,34	0,02	1,65	0,06	0,97	0,03	3,45	6,95	99,34
27963	1,80	0,35	20,41	55,04	0,09	2,68	0,46	1,01	0,12	7,71	9,73	99,39
27965	1,56	0,35	21,29	57,95	0,07	2,32	0,32	0,96	0,09	6,36	7,95	99,23
27966	2,59	0,60	20,14	57,46	0,07	2,71	0,51	0,88	0,08	5,81	8,65	99,50
27967	1,74	0,20	22,49	60,53	0,03	2,19	0,44	1,02	0,11	4,32	7,06	100,13
27968	1,50	0,51	23,13	56,07	0,02	1,70	0,21	0,71	0,03	5,96	9,74	99,57
27970	1,69	0,28	22,52	55,28	0,04	2,46	0,25	1,01	0,12	6,29	10,16	100,10
27971	1,22	0,29	21,89	59,41	0,03	2,03	0,14	0,85	0,05	5,19	8,13	99,22

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Скважина № 3618												
28058	2,30	0,51	20,12	56,01	0,09	2,30	0,72	0,98	0,14	8,22	7,92	99,31
28059	0,77	0,52	20,34	56,91	0,11	2,45	0,75	1,09	0,14	8,68	8,20	99,94
28060	1,82	0,64	20,52	56,19	0,09	2,31	0,72	1,02	0,13	8,40	7,92	99,77
28065	1,85	1,28	20,42	55,62	0,10	2,44	0,96	1,12	0,15	7,73	8,28	99,96
28066	2,21	2,04	20,07	55,73	0,12	2,29	0,99	0,91	0,13	7,54	8,28	100,31
28067	1,78	1,75	19,36	54,54	0,15	2,33	1,22	1,08	0,17	9,11	8,82	100,31
28068	1,94	1,03	21,96	61,40	0,02	1,72	0,23	0,72	0,02	3,74	7,29	100,09
28069	2,32	0,73	20,48	62,36	0,04	2,33	0,36	0,72	0,05	5,18	4,76	99,34
28070	0,53	0,16	23,28	61,86	0,02	1,01	0,37	0,87	0,02	3,58	8,56	100,25
28071	0,74	0,25	22,58	61,19	0,03	1,98	0,25	0,81	0,02	4,83	7,23	99,91
28072	1,03	0,14	15,44	74,87	0,02	0,41	0,08	0,86	0,02	2,64	4,37	99,88
28073	0,22	0,80	25,57	58,04	0,03	2,03	0,19	0,74	0,02	3,96	8,53	100,12
28074	1,21	1,14	19,87	61,91	0,05	1,99	0,44	0,83	0,08	5,64	6,71	99,88
28075	2,45	0,64	16,84	54,10	0,29	2,01	1,61	1,07	0,18	11,66	9,33	100,17
28076	2,05	0,65	19,34	56,47	0,11	2,53	0,83	1,12	0,15	9,42	7,20	99,87
28078	1,57	0,30	18,88	60,69	0,06	1,92	0,38	0,92	0,07	6,28	8,28	99,34
28079	2,11	0,25	19,72	54,63	0,11	2,17	0,69	1,36	0,21	9,76	9,47	100,48
28080	1,28	0,07	21,23	60,82	0,01	1,28	0,36	1,27	0,08	3,07	10,72	100,20
28081	2,01	0,69	19,13	55,77	0,11	2,54	0,66	1,01	0,11	8,61	9,07	99,71

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Значения литохимических модулей для пластов ПК₁ и ПК₂ покурской свиты Ваньеганской структуры

Гидролизатный модуль	$ГМ = (Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + MnO) / SiO_2$
Алюмокремниевый модуль	$АМ = Al_2O_3 / SiO_2$
Фемический модуль	$ФМ = (Fe_2O_3 + MgO) / SiO_2$
Титановый модуль	$ТМ = TiO_2 / SiO_2$
Модуль нормативной щелочности	$НКМ = (Na_2O + K_2O) / Al_2O_3$
Железный модуль	$ЖМ = (Fe_2O_3 + MnO) / (Al_2O_3 + TiO_2)$
Сумма щелочей	$СЩО = (Na_2O + K_2O)$

№ образца	ГМ	ТМ	ЖМ	ФМ	АМ	НКМ	ЩМ	СЩО
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Скважина № 1002								
27977	0,48	0,04	0,34	0,13	0,34	0,25	0,31	4,96
27978	0,38	0,03	0,33	0,11	0,28	0,30	1,10	5,09
27979	0,63	0,13	0,27	0,14	0,44	0,27	0,65	6,03
27980	0,39	0,03	0,37	0,12	0,27	0,25	0,58	4,23
27981	0,42	0,03	0,37	0,13	0,30	0,22	0,51	3,83
27982	0,51	0,05	0,43	0,16	0,34	0,13	0,15	2,58
27983	0,47	0,05	0,36	0,14	0,33	0,27	0,79	5,12
27989	0,49	0,05	0,37	0,15	0,34	0,22	0,44	4,36
27991	0,47	0,04	0,27	0,11	0,35	0,23	0,90	4,75
27992	0,49	0,04	0,29	0,12	0,36	0,18	0,48	3,76
27994	0,55	0,06	0,39	0,16	0,37	0,33	0,71	6,61
27995	0,36	0,04	0,15	0,05	0,30	0,12	0,43	2,38
27997	0,48	0,04	0,21	0,09	0,38	0,17	0,91	3,97
27999	0,46	0,05	0,33	0,12	0,33	0,21	0,46	4,17
28000	0,56	0,05	0,47	0,19	0,36	0,23	0,47	4,44
28001	0,48	0,04	0,22	0,09	0,38	0,15	0,67	2,72
28002	0,54	0,05	0,46	0,18	0,35	0,21	0,55	4,11
28004	0,47	0,05	0,39	0,14	0,32	0,18	0,55	3,57
28005	0,44	0,05	0,27	0,10	0,33	0,21	0,56	4,30
28006	0,40	0,04	0,23	0,08	0,31	0,22	0,65	4,35
28007	0,50	0,06	0,49	0,17	0,31	0,26	0,71	4,63
28008	0,45	0,04	0,29	0,11	0,34	0,22	0,73	4,35
28009	0,43	0,04	0,26	0,09	0,33	0,09	0,46	1,90
28010	0,45	0,04	0,31	0,12	0,33	0,21	0,68	4,19
28011	0,82	0,08	1,24	0,46	0,34	0,15	0,51	2,40
28012	0,46	0,04	0,29	0,11	0,34	0,21	0,81	4,26
28013	0,54	0,06	0,40	0,16	0,36	0,20	0,91	4,08
28015	0,44	0,04	0,21	0,08	0,35	0,15	0,45	3,31
Скважина № 2010								
28018	0,55	0,06	0,40	0,17	0,37	0,18	0,50	3,64
28019	0,56	0,06	0,46	0,19	0,37	0,23	0,72	4,52
28020	0,50	0,05	0,34	0,15	0,36	0,17	0,48	3,47

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Ж

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Скважина № 2010								
28021	0,51	0,03	0,16	0,08	0,42	0,14	0,83	3,60
28023	0,52	0,05	0,42	0,16	0,35	0,19	0,57	3,73
28024	0,47	0,04	0,25	0,11	0,37	0,18	0,58	3,89
28026	0,37	0,12	1,02	0,29	0,16	0,37	0,23	1,94
28027	0,51	0,04	0,43	0,16	0,34	0,18	0,76	3,51
28028	0,43	0,03	0,19	0,08	0,35	0,12	0,28	2,73
28029	0,51	0,04	0,30	0,12	0,38	0,15	0,68	3,36
28030	0,42	0,06	0,39	0,16	0,29	0,24	0,34	2,81
28031	0,63	0,10	0,34	0,16	0,43	0,22	1,08	5,01
28032	0,55	0,05	0,43	0,17	0,37	0,16	0,95	3,09
28033	0,48	0,04	0,28	0,11	0,36	0,19	0,71	4,17
28034	0,39	0,05	0,14	0,05	0,33	0,17	0,78	3,39
28036	0,53	0,05	0,31	0,13	0,39	0,09	1,19	2,05
28038	0,46	0,05	0,27	0,11	0,35	0,21	0,83	4,27
28039	0,26	0,06	0,12	0,03	0,22	0,17	0,78	2,64
28040	0,49	0,04	0,29	0,12	0,36	0,17	0,57	3,65
28041	0,49	0,05	0,37	0,14	0,34	0,26	1,07	5,10
28042	0,54	0,06	0,52	0,20	0,34	0,27	1,12	4,94
28043	1,35	0,05	1,90	1,17	0,44	0,30	0,32	1,91
28045	0,39	0,12	0,48	0,13	0,24	0,16	0,95	2,43
28046	0,58	0,04	0,35	0,15	0,41	0,19	0,91	4,36
28047	0,45	0,05	0,24	0,10	0,35	0,14	0,37	2,94
28049	0,59	0,08	0,42	0,26	0,38	0,21	0,13	2,21
28050	0,45	0,04	0,32	0,12	0,33	0,22	0,97	4,43
28051	0,46	0,04	0,36	0,13	0,32	0,23	0,70	4,37
28052	0,45	0,04	0,27	0,11	0,34	0,16	0,53	3,33
Скважина № 2031								
27921	0,40	0,03	0,36	0,15	0,21	0,29	0,41	3,56
27922	0,47	0,03	0,36	0,14	0,22	0,34	0,65	4,22
27923	0,46	0,03	0,39	0,14	0,22	0,32	0,62	4,08
27924	0,39	0,03	0,34	0,14	0,22	0,29	0,52	3,76
27925	0,40	0,03	0,31	0,14	0,20	0,30	0,52	3,59
27926	0,42	0,03	0,34	0,12	0,21	0,30	0,44	3,79
27927	0,39	0,03	0,34	0,14	0,21	0,28	0,49	3,57
27928	0,48	0,04	0,32	0,15	0,27	0,35	0,64	5,27
27929	0,27	0,06	0,16	0,04	0,26	0,22	0,63	4,03
27930	0,49	0,04	0,32	0,15	0,23	0,36	0,79	4,62
27935	0,52	0,05	0,39	0,16	0,21	0,35	0,51	4,25
27938	0,52	0,05	0,39	0,15	0,28	0,35	0,68	5,50
27941	0,50	0,06	0,36	0,14	0,23	0,35	0,71	4,55
27943	0,47	0,04	0,26	0,11	0,16	0,36	0,35	3,42

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Ж

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Скважина № 2031								
27944	0,47	0,04	0,17	0,08	0,12	0,39	0,70	2,78
27946	0,59	0,05	0,56	0,27	0,24	0,36	0,82	4,15
27947	0,46	0,04	0,22	0,10	0,17	0,37	0,93	3,73
27948	0,48	0,03	0,17	0,07	0,09	0,39	0,84	2,16
27949	0,46	0,03	0,12	0,05	0,11	0,40	0,59	2,83
27950	0,52	0,02	0,49	0,24	0,11	0,34	0,42	1,22
27951	0,47	0,04	0,27	0,14	0,26	0,36	0,67	5,29
27953	0,44	0,04	0,16	0,06	0,13	0,37	0,56	2,98
27954	0,45	0,03	0,20	0,09	0,18	0,36	0,63	3,89
27955	0,42	0,04	0,25	0,11	0,25	0,32	0,70	4,84
27958	0,35	0,04	0,17	0,05	0,23	0,29	0,62	4,26
27959	0,51	0,05	0,32	0,15	0,26	0,37	0,72	5,38
27960	0,43	0,04	0,24	0,09	0,16	0,33	0,58	3,26
27961	0,34	0,05	0,18	0,06	0,16	0,28	0,80	2,98
27963	0,53	0,05	0,37	0,15	0,22	0,37	0,67	4,49
27965	0,50	0,05	0,29	0,12	0,18	0,37	0,67	3,88
27966	0,47	0,04	0,28	0,11	0,26	0,35	0,95	5,30
27967	0,46	0,05	0,19	0,08	0,17	0,37	0,79	3,93
27968	0,53	0,03	0,25	0,12	0,14	0,41	0,88	3,19
27970	0,54	0,04	0,27	0,12	0,18	0,41	0,69	4,14
27971	0,47	0,04	0,23	0,09	0,15	0,37	0,60	3,25
Скважина № 2050								
28085	0,48	0,05	0,39	0,15	0,33	0,31	0,91	5,85
28087	0,47	0,04	0,28	0,11	0,35	0,17	0,43	3,45
28089	0,42	0,04	0,32	0,12	0,31	0,23	0,64	4,21
28091	0,41	0,04	0,91	0,35	0,21	0,42	0,11	1,92
28092	0,00	0,00	0,77	18,68	6,84	0,24	6,39	1,64
28093	0,45	0,09	0,22	0,08	0,34	0,11	0,64	2,23
28095	0,45	0,04	0,18	0,07	0,37	0,19	0,98	4,20
28096	0,57	0,06	0,47	0,19	0,36	0,24	0,57	4,77
28097	0,51	0,04	0,23	0,10	0,40	0,13	0,19	3,05
28098	0,38	0,04	0,24	0,08	0,30	0,19	0,62	3,59
28099	0,47	0,04	0,30	0,11	0,34	0,18	0,71	3,73
28100	0,48	0,04	0,34	0,14	0,35	0,23	0,64	4,54
28101	0,39	0,03	0,22	0,08	0,31	0,16	0,49	3,20

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ Ж

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Скважина № 3618								
28058	0,53	0,05	0,40	0,16	0,36	0,23	1,00	4,61
28059	0,53	0,05	0,41	0,16	0,36	0,16	0,31	3,22
28060	0,54	0,05	0,40	0,16	0,37	0,20	0,79	4,13
28065	0,53	0,05	0,37	0,16	0,37	0,21	0,76	4,30
28066	0,51	0,05	0,37	0,17	0,36	0,22	0,96	4,50
28067	0,54	0,06	0,45	0,20	0,35	0,21	0,77	4,11
28068	0,43	0,03	0,17	0,08	0,36	0,17	1,13	3,66
28069	0,42	0,04	0,25	0,10	0,33	0,23	0,99	4,65
28070	0,45	0,04	0,15	0,06	0,38	0,07	0,52	1,55
28071	0,46	0,04	0,21	0,08	0,37	0,12	0,37	2,72
28072	0,25	0,06	0,16	0,04	0,21	0,09	2,51	1,44
28073	0,52	0,03	0,15	0,08	0,44	0,09	0,11	2,25
28074	0,43	0,04	0,28	0,11	0,32	0,16	0,61	3,20
28075	0,55	0,06	0,66	0,23	0,31	0,27	1,22	4,46
28076	0,53	0,06	0,47	0,18	0,34	0,24	0,81	4,57
28078	0,43	0,05	0,32	0,11	0,31	0,18	0,82	3,49
28079	0,57	0,07	0,47	0,19	0,36	0,22	0,97	4,28
28080	0,42	0,06	0,14	0,05	0,35	0,12	1,00	2,56
28081	0,52	0,05	0,43	0,17	0,34	0,24	0,79	4,55

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Концентрации элементов-примесей в породах Ваньеганской структуры по данным масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС)

	Скважина № 1002								
	27977	27978	27979	27980	27981	27982	27983	27989	27991
Li	44,49	33,15	31,03	36,83	45,22	52,35	62,88	75,92	106,63
Be	2,54	2,45	2,63	2,64	2,92	2,73	3,19	3,11	2,70
Sc	13,15	10,26	13,89	12,88	15,46	9,07	12,98	14,04	16,81
Ti	4438,88	4247,55	4230,57	4581,45	4641,92	5228,40	5344,74	5565,34	6357,31
V	126,85	113,15	115,08	129,44	139,97	117,05	125,77	121,29	125,40
Cr	109,27	107,01	120,52	124,17	132,60	115,03	119,94	128,57	134,09
Mn	737,80	215,15	4236,71	149,12	145,91	1226,25	323,11	527,04	349,79
Co	13,84	11,09	9,84	11,54	11,48	10,33	36,52	19,61	24,94
Ni	46,16	36,92	37,84	44,38	50,83	42,68	119,92	76,91	80,81
Cu	26,02	22,22	21,95	25,14	28,67	31,58	46,36	45,83	32,94
Zn	65,79	55,47	64,07	69,44	72,93	55,17	106,36	93,22	77,88
Ga	29,83	25,86	29,59	28,51	30,69	26,68	32,74	42,24	17,32
Rb	90,49	74,71	85,99	87,71	104,94	41,32	45,61	79,35	68,66
Sr	129,75	140,90	179,34	167,41	173,30	81,42	121,18	153,77	147,58
Y	17,38	13,87	19,56	15,03	18,40	13,39	17,56	24,34	23,25
Zr	136,54	128,93	116,73	121,56	130,56	125,05	131,19	137,20	141,07
Nb	11,54	11,59	11,44	12,02	11,57	11,93	12,64	13,36	16,35
Mo	<0.01	<0.01	<0.01	0,13	0,19	<0.01	1,03	0,13	0,51
Cs	5,97	5,28	6,69	6,45	7,80	4,59	4,96	4,95	5,48
Ba	257,05	218,51	281,24	237,40	261,32	191,23	287,98	435,49	442,85
La	21,89	18,97	24,03	19,33	24,13	16,15	21,54	35,91	35,27
Ce	54,04	49,26	55,92	48,61	55,62	44,70	55,14	78,98	77,23
Pr	5,50	4,72	6,11	4,95	5,98	3,94	5,36	8,02	7,68
Nd	21,28	18,32	23,52	19,25	23,15	15,18	20,73	32,71	32,14
Sm	4,28	3,59	4,78	3,89	4,62	3,11	4,34	6,36	6,19
Eu	0,91	0,78	1,02	0,83	0,98	0,70	0,89	1,34	1,39
Gd	3,72	3,07	4,22	3,37	4,06	2,70	3,82	5,44	5,40
Tb	0,59	0,48	0,65	0,54	0,64	0,42	0,61	0,83	0,82
Dy	3,45	2,79	3,85	3,12	3,73	2,48	3,60	4,64	4,75
Ho	0,70	0,57	0,77	0,64	0,77	0,52	0,73	0,93	0,97
Er	1,99	1,60	2,15	1,82	2,12	1,50	2,14	2,58	2,72
Tm	0,31	0,25	0,34	0,28	0,33	0,23	0,33	0,39	0,41
Yb	1,99	1,62	2,14	1,82	2,13	1,55	2,11	2,47	2,55
Lu	0,31	0,25	0,32	0,28	0,33	0,24	0,32	0,37	0,39
Hf	3,67	3,43	3,18	3,31	3,44	3,36	3,57	3,74	3,99
Ta	0,85	0,87	0,81	0,88	0,84	0,92	0,95	0,98	1,20
W	1,58	1,56	1,45	1,64	1,64	1,55	1,50	1,50	1,68
Tl	0,45	0,78	0,42	0,39	0,44	0,52	0,33	0,55	0,59
Pb	17,52	15,74	16,45	18,90	24,74	14,82	21,39	21,64	20,79
Th	7,82	6,55	8,41	7,11	8,87	4,42	5,95	9,53	10,48
U	1,99	1,81	1,91	1,96	2,21	2,08	2,58	3,47	3,48

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 1002								
	27992	27994	27995	27997	27999	28000	28001	28002	28004
Li	122,27	82,26	52,72	142,59	89,07	82,71	75,68	64,30	61,76
Be	3,01	3,37	2,31	3,42	3,17	3,14	2,55	2,89	2,40
Sc	16,57	16,84	2,10	10,74	16,29	18,40	14,06	17,28	14,50
Ti	6192,31	5790,15	6125,20	8434,98	6378,95	6533,72	5731,10	5341,12	5138,77
V	118,24	143,41	100,22	135,39	126,52	151,10	121,67	123,02	94,58
Cr	131,81	139,29	96,22	134,21	120,82	155,69	126,54	120,60	103,67
Mn	277,12	627,40	32,00	166,71	361,53	667,84	238,24	737,70	648,89
Co	19,63	18,88	3,50	15,65	22,89	21,04	12,09	18,38	20,55
Ni	76,54	82,31	31,93	66,66	69,83	99,13	52,07	74,76	59,39
Cu	34,18	47,12	17,43	29,36	33,09	50,05	41,05	41,50	20,27
Zn	95,46	82,37	28,29	80,80	100,85	107,12	58,77	87,87	69,47
Ga	16,83	42,66	22,57	13,87	41,27	17,69	33,58	42,26	42,57
Rb	72,08	88,82	28,84	48,72	71,00	87,59	54,71	96,85	74,65
Sr	139,76	156,53	24,86	91,72	120,16	165,08	100,23	148,26	136,79
Y	21,91	27,90	4,63	17,07	25,96	27,97	16,69	26,36	18,92
Zr	141,21	143,98	176,76	163,83	142,75	165,70	149,13	135,43	122,09
Nb	15,19	13,52	15,16	16,37	14,69	16,14	13,25	12,72	12,78
Mo	0,01	<0,01	0,15	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,25	0,16
Cs	5,88	5,57	4,12	5,15	4,64	6,05	6,16	5,27	4,09
Ba	412,72	410,23	202,47	246,68	428,38	432,83	291,33	459,77	484,24
La	34,81	34,53	8,97	30,84	34,04	39,95	17,55	35,42	26,90
Ce	78,09	77,38	16,31	96,26	70,78	93,96	42,44	76,95	58,34
Pr	7,64	8,44	2,12	7,51	8,26	8,77	4,63	8,70	6,20
Nd	31,96	32,46	7,81	27,40	31,85	33,19	17,89	33,72	23,79
Sm	6,17	6,48	1,49	5,07	6,32	7,10	3,69	6,67	4,42
Eu	1,41	1,50	0,24	1,25	1,36	1,65	0,73	1,47	1,02
Gd	5,20	5,90	1,16	4,24	5,58	6,32	3,08	5,96	4,00
Tb	0,80	0,91	0,18	0,63	0,88	0,95	0,48	0,90	0,61
Dy	4,58	5,23	1,00	3,46	5,10	5,54	2,94	5,18	3,53
Ho	0,92	1,07	0,20	0,68	1,03	1,10	0,62	1,05	0,73
Er	2,52	2,94	0,58	1,79	2,85	3,09	1,82	2,91	2,03
Tm	0,38	0,47	0,09	0,27	0,44	0,46	0,28	0,43	0,31
Yb	2,46	2,75	0,64	1,68	2,76	2,96	1,87	2,79	2,07
Lu	0,36	0,42	0,09	0,24	0,41	0,44	0,30	0,41	0,32
Hf	3,81	3,88	4,77	4,34	3,81	4,70	3,97	3,80	3,23
Ta	1,11	1,04	1,11	1,14	1,09	1,16	0,97	0,97	0,97
W	1,53	1,47	1,72	2,03	1,64	1,64	1,62	1,51	1,33
Tl	0,57	0,56	0,20	0,98	0,72	0,71	0,63	1,75	0,67
Pb	20,17	18,10	14,12	17,60	26,14	23,51	22,64	20,45	15,70
Th	9,77	9,46	2,39	5,87	8,51	10,23	7,75	10,08	7,38
U	3,47	3,48	1,89	3,36	2,87	4,22	2,21	3,37	2,34

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 1002									
	28005	28006	28007	28008	28009	28010	28011	28012	28013	28015
Li	77,34	100,03	66,30	111,09	153,81	58,45	100,00	80,30	53,65	74,63
Be	2,53	2,85	2,95	3,66	2,97	2,95	3,76	3,68	2,89	3,13
Sc	11,12	12,66	14,08	18,88	12,63	11,14	7,56	14,72	13,01	7,29
Ti	5506,9	5764,2	5258,9	6482,3	7329,1	5411,1	5141,9	6060,4	5182,4	6322,7
V	96,60	98,41	105,53	142,57	142,03	110,91	111,37	145,76	107,18	133,18
Cr	112,97	109,32	117,10	142,88	133,61	114,96	105,51	134,95	102,27	118,69
Mn	265,43	182,42	946,37	218,85	394,81	245,96	2565,6	173,72	1238,0	114,91
Co	14,13	15,97	21,58	15,58	9,36	21,05	24,64	27,28	15,91	7,81
Ni	48,29	57,68	69,11	65,86	48,31	78,15	56,79	78,41	47,02	45,43
Cu	22,52	30,26	34,77	38,93	31,64	34,00	32,33	43,38	28,54	28,16
Zn	62,57	100,47	88,12	93,34	42,50	88,12	74,18	130,62	56,82	61,04
Ga	36,95	45,53	43,42	47,59	32,29	39,23	25,18	40,65	34,86	30,24
Rb	66,38	68,54	78,63	84,64	36,94	59,78	28,91	71,48	54,94	30,26
Sr	113,80	138,14	145,98	163,50	118,03	126,12	65,72	143,83	110,92	63,55
Y	15,21	15,61	23,39	26,31	15,70	23,90	11,29	25,63	16,51	8,73
Zr	135,96	143,01	122,12	162,35	173,98	136,48	129,81	162,59	127,89	158,01
Nb	13,55	14,49	13,38	16,17	18,79	13,77	13,07	15,23	12,94	15,58
Mo	<0,01	<0,01	0,26	<0,01	0,15	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cs	4,12	4,57	4,32	6,66	6,79	4,73	3,75	7,31	4,48	5,01
Ba	387,44	511,88	500,00	473,88	211,93	393,29	153,36	356,09	335,79	203,03
La	20,29	24,10	31,98	36,01	18,84	33,85	10,44	38,49	15,07	11,10
Ce	42,46	56,57	69,14	82,34	50,98	85,07	31,28	108,44	34,81	30,00
Pr	4,83	5,47	7,66	8,65	4,41	7,69	2,52	9,11	3,83	2,79
Nd	17,99	20,50	29,16	32,26	16,50	28,98	9,53	37,57	15,00	10,63
Sm	3,47	3,89	5,69	6,33	3,15	5,54	1,93	7,38	3,26	2,06
Eu	0,81	0,82	1,18	1,35	0,72	1,08	0,40	1,59	0,67	0,44
Gd	3,03	3,25	4,98	5,49	2,79	4,83	1,81	6,02	3,03	1,80
Tb	0,49	0,51	0,76	0,86	0,45	0,74	0,30	0,94	0,51	0,29
Dy	2,89	2,96	4,37	4,96	2,73	4,22	1,91	5,19	3,19	1,73
Ho	0,60	0,60	0,90	1,01	0,58	0,86	0,42	1,02	0,69	0,37
Er	1,74	1,68	2,51	2,85	1,73	2,41	1,27	2,80	2,06	1,07
Tm	0,27	0,27	0,37	0,44	0,27	0,36	0,20	0,42	0,33	0,16
Yb	1,77	1,72	2,48	2,78	1,80	2,30	1,37	2,72	2,13	1,13
Lu	0,26	0,26	0,37	0,42	0,32	0,34	0,22	0,39	0,34	0,17
Hf	3,60	3,82	3,29	4,35	4,43	3,71	3,39	4,28	3,46	4,19
Ta	1,05	0,99	0,96	1,12	1,33	0,92	0,90	1,09	0,96	1,16
W	1,45	1,50	1,33	1,93	2,14	1,37	1,50	1,74	2,08	1,98
Tl	1,10	0,56	0,50	0,62	0,72	0,57	0,84	0,64	0,51	0,27
Pb	14,56	15,99	17,36	21,16	22,28	17,15	16,84	21,58	16,04	16,78
Th	6,37	8,11	9,30	10,42	7,82	6,43	3,82	8,34	6,67	3,20
U	2,08	2,43	3,10	3,29	4,38	2,62	2,67	4,24	2,08	2,16

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 2010								
	28018	28019	28020	28021	28023	28024	28026	28027	28028
Li	76,96	79,09	104,52	61,59	71,17	87,88	13,95	50,89	72,52
Be	2,80	3,02	3,75	3,40	2,66	2,76	1,19	2,48	2,56
Sc	12,93	19,21	19,48	11,44	18,02	14,47	6,30	7,58	14,94
Ti	5528,93	5371,30	6007,23	5616,56	7332,74	7911,51	2097,47	7083,92	7212,53
V	108,67	123,67	136,88	128,34	119,79	144,21	39,20	109,94	114,11
Cr	122,72	121,76	138,58	135,26	119,02	142,63	57,52	109,31	111,80
Mn	713,96	865,38	703,27	58,18	858,88	259,34	792,52	801,86	123,68
Co	17,02	18,24	20,13	4,67	21,05	16,81	6,68	7,34	21,30
Ni	64,25	73,17	78,31	31,10	75,97	78,56	21,55	36,19	104,87
Cu	44,66	44,60	44,81	19,44	34,31	36,84	7,73	24,19	28,52
Zn	87,29	92,85	99,25	37,59	91,51	67,97	25,82	37,25	87,76
Ga	53,23	44,05	46,05	35,95	17,51	18,43	31,19	15,02	16,89
Rb	91,51	98,15	87,74	51,27	92,07	81,93	42,49	44,89	96,67
Sr	129,95	137,16	138,14	88,44	143,37	132,26	433,50	87,48	117,55
Y	24,63	29,49	29,27	33,81	28,98	21,74	9,78	9,17	25,15
Zr	149,65	141,05	151,94	141,81	142,33	163,32	57,83	129,23	153,52
Nb	12,88	12,34	14,70	13,10	14,42	15,95	5,48	14,51	14,80
Mo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,14	<0.01	<0.01
Cs	4,71	5,29	5,97	5,90	4,94	6,15	1,26	4,21	6,26
Ba	648,01	474,76	462,40	255,37	491,06	506,23	501,48	389,06	457,71
La	32,32	35,12	37,34	53,85	39,44	32,64	12,89	13,69	33,74
Ce	70,32	73,37	80,67	140,97	84,86	74,84	22,51	37,85	69,47
Pr	7,89	8,47	8,99	9,62	8,74	7,47	2,74	3,78	7,05
Nd	30,03	32,60	34,18	42,23	34,48	30,82	10,41	14,36	28,92
Sm	5,81	6,44	6,64	7,68	7,05	5,97	2,06	2,77	5,59
Eu	1,23	1,44	1,46	1,77	1,60	1,37	0,44	0,57	1,22
Gd	5,19	5,93	5,98	7,49	6,30	5,12	1,82	2,21	5,06
Tb	0,78	0,91	0,93	1,12	0,98	0,80	0,28	0,34	0,80
Dy	4,47	5,46	5,49	6,27	5,82	4,55	1,66	2,06	4,78
Ho	0,91	1,13	1,10	1,24	1,20	0,91	0,34	0,43	0,98
Er	2,54	3,16	3,13	3,29	3,34	2,57	1,02	1,22	2,90
Tm	0,37	0,47	0,47	0,46	0,50	0,39	0,16	0,19	0,43
Yb	2,39	3,02	3,02	2,84	3,21	2,48	0,99	1,38	3,07
Lu	0,36	0,44	0,45	0,39	0,49	0,38	0,15	0,21	0,43
Hf	3,95	3,72	4,21	3,79	4,01	4,93	1,41	3,78	4,46
Ta	0,97	0,94	1,02	0,91	1,13	1,22	0,39	1,12	1,17
W	1,51	1,46	1,59	1,53	1,60	1,78	0,46	1,56	1,59
Tl	0,50	0,58	0,86	1,02	0,59	0,62	0,19	0,39	4,86
Pb	18,02	19,75	20,60	14,57	20,40	23,63	6,39	18,16	22,55
Th	9,08	10,10	10,40	5,83	10,99	10,17	3,66	5,06	10,39
U	3,04	3,27	3,67	2,70	3,78	3,56	0,85	1,83	2,25

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 2010									
	28029	28030	28031	28032	28033	28034	28036	28038	28039	28040
Li	52,86	20,63	55,44	40,18	49,81	95,74	149,95	55,07	111,44	58,93
Be	3,29	1,41	2,72	2,76	3,14	3,04	2,57	2,83	2,78	3,03
Sc	9,74	7,03	15,96	15,61	16,57	15,32	12,40	14,25	15,41	14,67
Ti	5553,4	3513,8	7595,6	4413,5	5666,28	9249,21	8692,68	5557,32	9256,42	5235,31
V	118,99	43,85	130,59	91,71	118,38	121,90	122,90	111,44	87,75	111,48
Cr	94,65	53,72	126,68	86,47	107,66	117,56	120,18	112,87	95,54	114,08
Mn	710,67	1415,8	3355,1	2016,2	186,12	106,80	1146,0	632,51	105,68	369,12
Co	42,83	9,15	23,37	15,90	28,53	16,38	15,56	23,75	22,12	18,72
Ni	110,45	24,92	71,07	40,76	108,75	55,90	57,71	69,35	49,74	63,42
Cu	34,36	7,29	40,06	21,25	45,68	30,57	17,03	33,34	13,72	38,73
Zn	110,75	23,73	88,41	58,73	116,65	78,70	53,88	85,90	71,43	85,77
Ga	36,98	13,21	16,24	34,06	51,29	30,03	11,99	41,30	15,67	41,34
Rb	35,46	55,34	89,56	40,86	74,01	68,84	39,84	79,02	45,64	82,94
Sr	84,64	230,92	126,13	97,18	122,08	133,05	93,78	125,81	125,45	128,75
Y	20,67	12,48	28,03	19,01	32,79	22,32	15,98	22,12	24,63	21,42
Zr	142,41	72,10	170,10	118,91	149,60	182,02	170,25	135,72	164,61	126,79
Nb	13,09	7,25	15,30	11,73	13,39	19,05	17,77	13,38	19,29	12,45
Mo	<0.01	0,08	<0.01	<0.01	<0.01	0,06	<0.01	0,33	<0.01	<0.01
Cs	4,09	1,71	6,08	3,93	5,68	7,20	3,66	4,86	4,33	5,01
Ba	385,88	447,22	416,13	388,09	644,76	1041,3	223,36	446,04	463,52	434,25
La	21,09	17,18	32,76	20,85	47,69	38,37	18,02	32,41	33,36	29,28
Ce	37,49	33,97	72,95	41,24	89,70	104,45	37,58	72,31	65,55	66,88
Pr	5,24	3,99	7,57	4,55	9,74	8,48	4,11	7,75	6,74	7,20
Nd	19,75	15,12	31,79	17,45	43,72	31,98	15,39	29,69	27,30	27,53
Sm	3,93	2,82	6,44	3,33	8,51	6,70	2,97	5,59	5,18	5,27
Eu	0,81	0,68	1,46	0,66	1,76	1,45	0,61	1,18	1,13	1,10
Gd	3,64	2,43	5,86	3,19	7,53	5,64	2,69	4,85	4,72	4,61
Tb	0,59	0,37	0,93	0,55	1,19	0,86	0,44	0,73	0,74	0,71
Dy	3,83	2,20	5,66	3,19	6,46	4,75	2,80	4,23	4,68	4,07
Ho	0,83	0,45	1,16	0,70	1,27	0,93	0,62	0,86	0,98	0,83
Er	2,46	1,29	3,26	2,09	3,54	2,56	1,89	2,32	2,96	2,30
Tm	0,37	0,20	0,51	0,33	0,52	0,38	0,31	0,34	0,45	0,34
Yb	2,39	1,29	3,28	2,13	3,21	2,52	2,06	2,29	2,99	2,22
Lu	0,37	0,19	0,50	0,34	0,49	0,38	0,32	0,34	0,46	0,33
Hf	3,70	1,83	4,77	3,22	4,03	4,86	4,77	3,51	4,50	3,40
Ta	0,95	0,57	1,15	0,84	1,03	1,96	1,37	1,05	1,47	0,97
W	1,51	0,72	1,67	1,28	1,65	2,08	1,81	1,47	2,12	1,41
Tl	0,55	0,31	0,67	0,47	0,73	1,08	0,49	0,53	0,78	0,59
Pb	17,93	8,39	23,03	16,46	23,84	24,75	21,01	19,02	22,40	20,40
Th	5,25	4,79	10,28	6,86	10,26	10,79	8,07	8,81	10,35	8,69
U	1,76	1,25	2,65	1,88	2,13	4,05	2,85	3,28	3,62	2,76

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 2010									
	28041	28042	28043	28045	28046	28047	28049	28050	28051	28052
Li	52,17	60,90	20,53	49,89	33,66	95,41	33,70	44,96	66,22	60,69
Be	3,20	3,25	3,66	2,34	2,55	2,75	1,69	2,35	2,91	2,75
Sc	15,61	21,44	7,71	6,70	8,50	12,82	11,57	18,00	20,20	16,77
Ti	5345,6	7091,0	2076,3	6044,1	4389,1	9315,2	4273,0	7573,8	7443,2	5488,6
V	119,92	122,98	48,62	86,13	90,32	128,86	73,42	127,38	137,72	126,25
Cr	121,30	119,20	48,17	87,91	95,31	133,19	74,36	121,49	136,88	124,28
Mn	542,08	1112,44	1990,59	1189,08	1023,21	244,54	1086,17	329,17	385,92	248,57
Co	17,93	20,79	55,78	14,13	16,62	18,11	12,80	33,10	21,44	17,62
Ni	67,26	84,02	462,34	37,38	59,94	69,06	47,29	180,55	90,06	68,17
Cu	40,85	37,66	16,93	19,76	27,21	23,67	20,71	34,14	39,93	35,00
Zn	87,23	89,27	35,45	62,79	58,00	96,04	63,55	83,96	106,10	100,26
Ga	41,64	19,31	34,62	24,26	33,46	17,01	12,68	32,65	20,39	51,68
Rb	88,46	109,98	25,33	32,43	49,26	70,64	47,50	98,38	110,51	83,34
Sr	123,01	153,21	924,80	53,47	101,50	98,73	356,84	155,40	158,30	141,43
Y	25,92	37,07	11,81	11,04	21,59	19,01	14,57	26,87	26,50	22,53
Zr	154,34	144,97	78,80	142,14	117,14	169,21	85,46	138,17	162,45	145,22
Nb	13,05	14,28	5,52	15,08	11,16	18,01	8,33	14,66	14,18	13,38
Mo	<0.01	<0.01	2,90	0,40	0,25	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cs	4,90	5,61	2,46	3,15	3,82	6,29	3,12	5,78	6,49	5,90
Ba	452,85	537,60	580,73	186,98	355,80	401,42	392,82	1070,78	523,33	591,03
La	36,28	39,89	15,38	11,90	31,70	29,16	17,35	38,65	41,25	39,15
Ce	80,51	82,32	31,98	30,03	92,45	69,25	34,30	80,57	88,47	88,31
Pr	8,89	8,81	3,62	2,49	7,75	6,85	4,54	9,28	9,84	8,08
Nd	34,23	33,23	14,21	9,29	30,05	24,88	16,05	33,03	35,54	35,56
Sm	6,64	7,29	2,78	1,83	5,56	4,70	3,21	6,86	7,40	6,75
Eu	1,48	1,65	0,54	0,36	1,34	1,17	0,75	1,41	1,62	1,44
Gd	5,78	6,85	2,51	1,69	4,81	4,00	2,83	5,97	6,40	5,72
Tb	0,89	1,09	0,38	0,28	0,72	0,63	0,44	0,89	0,96	0,86
Dy	5,00	6,56	2,26	1,82	4,00	3,70	2,56	5,05	5,52	4,61
Ho	1,01	1,39	0,46	0,40	0,82	0,74	0,53	1,03	1,11	0,89
Er	2,75	3,92	1,33	1,23	2,26	2,07	1,48	2,84	2,99	2,45
Tm	0,42	0,57	0,19	0,21	0,33	0,32	0,22	0,43	0,46	0,37
Yb	2,65	3,78	1,25	1,40	2,10	2,02	1,42	2,73	3,00	2,41
Lu	0,40	0,55	0,19	0,22	0,30	0,31	0,21	0,41	0,45	0,37
Hf	4,06	3,91	1,63	3,69	3,15	4,58	2,24	3,64	4,36	3,84
Ta	1,01	1,03	0,40	1,19	0,81	1,43	0,63	6,21	1,10	0,99
W	1,54	1,54	0,80	1,78	2,35	1,95	0,88	1,44	1,60	1,66
Tl	0,79	0,79	0,15	0,36	0,60	2,32	0,31	0,62	1,48	0,90
Pb	20,03	21,95	10,32	14,73	17,84	20,52	13,84	18,74	23,83	21,57
Th	9,81	11,30	4,50	4,26	4,71	7,76	5,48	9,76	11,52	8,89
U	3,46	3,86	1,53	2,12	3,28	2,42	1,47	3,60	3,74	3,09

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 2031									
	27921	27922	27923	27924	27925	27926	27927	27928	27929	27930
Li	37,98	64,62	48,50	30,97	33,01	48,83	29,08	58,84	97,39	63,02
Be	2,62	2,51	2,59	2,41	2,23	2,44	2,17	2,38	2,24	2,27
Sc	15,49	18,35	16,78	12,69	12,20	16,80	11,27	12,68	6,95	12,18
Ti	4686,0	6038,0	4584,6	3935,3	3786,16	6077,04	3535,95	3805,66	8773,56	4107,70
V	140,32	148,96	140,77	111,40	101,37	136,91	94,73	95,01	95,87	87,79
Cr	127,27	132,71	114,96	101,06	96,05	134,09	99,41	96,14	100,75	85,73
Mn	137,78	163,82	151,14	120,73	156,56	210,84	102,96	569,72	114,81	388,39
Co	14,21	18,12	15,64	10,24	9,26	11,58	8,47	17,48	10,94	23,80
Ni	43,55	57,04	54,53	34,48	32,78	42,91	36,37	67,62	35,64	63,57
Cu	24,03	32,03	29,09	17,19	23,90	26,77	17,16	29,99	16,63	26,31
Zn	72,03	82,47	80,69	52,94	51,99	72,30	52,29	73,57	39,95	58,84
Ga	13,89	13,81	13,33	11,18	10,58	13,03	9,45	12,67	12,81	12,38
Rb	129,81	97,54	119,13	101,89	92,48	98,52	86,70	74,52	35,09	60,79
Sr	175,59	141,11	156,26	138,23	119,25	143,06	102,49	99,88	56,05	82,79
Y	22,61	23,26	21,80	17,04	15,67	21,37	14,70	19,90	11,00	18,87
Zr	147,83	153,06	144,33	115,16	102,25	136,74	99,92	112,31	167,77	100,37
Nb	13,59	12,32	12,49	10,82	10,19	11,79	9,16	9,34	13,53	10,16
Mo	0,65	0,49	0,53	0,47	0,33	<0.01	0,42	0,57	<0.01	0,61
Cs	8,09	8,03	7,81	6,46	5,96	8,07	5,81	5,13	4,17	3,96
Ba	325,05	319,15	285,90	260,51	238,97	307,17	214,09	313,97	312,20	315,01
La	29,04	30,90	27,73	24,19	22,42	28,46	20,18	27,28	21,19	26,40
Ce	65,99	69,13	64,25	56,85	53,09	64,22	48,45	63,04	48,64	60,20
Pr	7,24	7,63	7,03	6,07	5,70	7,13	5,25	6,49	4,71	6,42
Nd	28,37	29,89	26,67	23,33	21,66	28,50	20,21	24,95	17,25	24,17
Sm	5,78	6,02	5,44	4,74	4,30	5,72	4,09	4,92	3,15	4,86
Eu	1,29	1,36	1,24	1,02	0,99	1,34	0,92	1,07	0,74	1,11
Gd	5,07	5,47	4,83	3,99	3,81	5,03	3,60	4,41	2,45	4,30
Tb	0,77	0,86	0,75	0,62	0,57	0,79	0,55	0,68	0,38	0,65
Dy	4,60	5,14	4,39	3,71	3,40	4,57	3,11	3,99	2,07	3,88
Ho	0,96	1,07	0,90	0,75	0,68	0,94	0,64	0,83	0,42	0,79
Er	2,76	3,02	2,63	2,03	1,98	2,65	1,79	2,43	1,21	2,16
Tm	0,39	0,47	0,39	0,30	0,27	0,41	0,26	0,34	0,19	0,31
Yb	2,59	3,11	2,59	1,95	1,87	2,66	1,78	2,15	1,29	1,95
Lu	0,38	0,47	0,36	0,29	0,27	0,41	0,24	0,32	0,19	0,29
Hf	3,92	4,71	3,70	2,95	2,71	3,89	2,65	3,02	4,40	2,66
Ta	0,88	0,80	0,78	0,69	0,65	0,71	0,57	0,55	0,62	0,62
W	1,86	1,80	1,77	1,60	1,36	1,67	1,30	1,10	1,32	1,10
Tl	0,53	0,78	0,46	0,42	0,40	0,53	0,32	0,38	0,71	0,42
Pb	20,99	27,66	22,07	16,66	16,02	22,12	13,34	14,15	15,21	20,60
Th	10,85	13,03	10,13	8,56	8,39	11,51	7,17	7,98	4,58	7,28
U	2,42	2,78	2,42	1,87	1,83	2,66	1,77	2,61	2,28	2,57

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 2031									
	27935	27938	27941	27943	27944	27946	27947	27948	27949	27950
Li	89,32	90,19	61,54	123,73	142,48	77,76	87,46	162,46	61,70	32,10
Be	2,64	2,68	2,53	3,22	2,81	3,46	2,47	2,97	2,54	2,30
Sc	15,82	15,64	11,72	18,94	14,39	22,10	12,45	14,15	14,05	9,82
Ti	6784,5	7053,3	4185,7	8255,1	4872,67	7380,97	5306,60	9586,69	8194,72	4208,16
V	120,82	124,43	90,48	151,50	86,91	122,19	105,59	156,49	125,17	62,39
Cr	126,20	126,60	92,87	145,50	92,81	130,02	108,03	136,40	124,56	67,78
Mn	670,56	731,58	569,24	298,13	80,47	1022,78	237,22	136,58	69,27	1185,00
Co	21,00	22,76	17,97	27,57	13,10	17,39	6,78	6,73	2,84	14,70
Ni	78,82	83,52	69,52	99,98	47,96	74,56	37,60	48,53	19,94	49,93
Cu	39,60	39,45	27,01	44,98	22,48	44,93	23,27	27,81	12,17	14,20
Zn	84,15	242,40	65,07	111,61	48,82	91,64	45,52	42,06	19,60	36,86
Ga	16,75	19,44	12,35	19,07	13,55	18,90	12,80	15,06	14,94	13,40
Rb	75,87	68,86	58,82	73,31	43,18	68,72	64,11	30,90	51,36	52,22
Sr	143,51	143,68	99,06	128,05	107,79	236,53	79,24	99,00	97,77	340,70
Y	25,44	24,31	18,30	26,53	16,33	80,80	15,74	15,07	11,80	17,26
Zr	145,22	133,10	115,47	166,98	114,21	156,74	139,30	194,66	157,05	83,46
Nb	13,09	12,93	10,08	14,14	12,05	14,19	12,95	17,69	15,59	8,52
Mo	<0.01	0,03	0,70	0,09	0,63	<0.01	0,39	<0.01	<0.01	<0.01
Cs	5,10	4,61	3,94	5,73	3,78	4,88	6,28	6,48	5,85	2,52
Ba	468,71	537,11	318,16	453,51	285,94	464,08	258,30	243,27	299,40	438,21
La	34,70	32,38	25,48	39,11	21,71	57,67	17,96	15,53	11,65	19,98
Ce	74,46	68,66	60,37	86,55	46,34	121,16	39,36	32,86	25,50	38,81
Pr	8,18	7,53	6,22	9,19	4,95	13,61	4,15	3,74	2,59	4,65
Nd	32,67	29,99	23,65	34,34	18,83	54,57	15,70	13,66	9,43	17,85
Sm	6,42	5,84	4,71	6,90	3,63	11,60	3,12	2,66	1,86	3,39
Eu	1,60	1,35	1,05	1,62	0,90	3,05	0,67	0,58	0,41	0,81
Gd	5,77	5,12	4,14	6,12	3,30	12,24	2,82	2,43	1,63	3,09
Tb	0,89	0,80	0,63	0,93	0,52	1,90	0,45	0,40	0,28	0,49
Dy	5,23	4,60	3,81	5,30	3,14	11,86	2,79	2,62	1,91	2,80
Ho	1,08	0,94	0,76	1,08	0,64	2,49	0,61	0,57	0,43	0,59
Er	3,06	2,60	2,19	2,97	1,86	6,53	1,70	1,74	1,32	1,69
Tm	0,46	0,39	0,32	0,44	0,27	0,87	0,29	0,29	0,22	0,26
Yb	3,02	2,57	2,06	2,82	1,76	4,99	1,80	1,90	1,57	1,66
Lu	0,45	0,38	0,30	0,42	0,26	0,72	0,28	0,30	0,24	0,25
Hf	4,01	3,48	2,97	4,45	3,06	4,03	3,65	4,90	3,99	2,20
Ta	0,76	0,65	0,58	0,68	0,81	0,76	0,82	0,90	0,83	0,59
W	1,70	3,13	1,09	1,50	1,44	1,39	1,98	1,78	1,45	0,77
Tl	0,66	0,70	0,46	0,98	0,51	0,54	0,53	0,52	0,46	0,43
Pb	21,32	27,91	14,25	22,52	15,69	20,92	16,82	22,65	10,25	10,32
Th	10,60	8,51	6,96	10,78	6,99	10,32	7,23	7,61	7,11	5,14
U	3,74	2,98	2,56	3,83	2,73	5,68	1,69	3,51	2,06	1,64

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 2031									
	27951	27953	27954	27955	27958	27959	27960	27961	27963	27965
Li	38,62	88,23	47,09	49,68	39,20	49,15	63,97	52,84	68,35	61,63
Be	2,23	3,05	2,12	2,82	1,66	2,57	2,54	1,98	3,36	2,79
Sc	7,39	3,58	9,93	13,32	9,73	9,15	11,57	10,08	5,83	11,27
Ti	4055,4	8395,1	4071,6	4452,2	4186,84	4264,47	4622,32	5493,31	7168,75	7593,86
V	83,69	165,00	81,83	98,23	71,72	90,52	88,85	79,13	141,45	121,43
Cr	84,02	130,93	88,86	99,57	77,07	95,54	93,11	87,60	123,10	114,73
Mn	243,02	50,56	91,27	204,03	147,54	582,28	288,08	241,73	576,49	494,69
Co	11,74	10,05	10,91	14,73	16,82	17,58	11,45	5,72	26,72	18,29
Ni	41,09	40,52	42,62	55,55	43,12	56,57	47,25	26,42	98,27	70,18
Cu	27,39	27,62	21,44	28,19	15,41	26,14	26,65	14,06	40,86	31,44
Zn	58,78	21,64	40,60	67,63	49,47	67,89	58,75	54,07	77,35	69,85
Ga	10,45	11,30	13,38	14,90	11,40	18,33	12,64	10,78	13,29	15,76
Rb	49,47	50,55	54,77	74,77	49,48	51,47	57,94	43,38	29,93	72,39
Sr	87,20	28,27	79,67	99,41	70,89	97,87	88,47	64,10	105,29	113,74
Y	11,11	4,75	26,87	18,29	14,85	14,17	17,07	13,50	8,03	21,68
Zr	92,50	187,07	96,38	106,50	88,99	100,66	121,64	120,96	154,08	158,62
Nb	10,06	16,93	10,07	11,46	10,62	9,66	11,81	14,49	14,34	15,62
Mo	0,51	<0,01	0,32	0,55	0,74	0,69	0,64	0,54	0,38	<0,01
Cs	3,15	9,34	4,33	4,35	2,71	3,73	4,28	4,54	3,61	5,43
Ba	219,22	122,41	345,87	363,11	301,93	568,67	288,25	250,05	258,07	396,61
La	17,75	6,52	47,99	29,54	24,79	19,83	24,77	19,49	10,13	35,50
Ce	48,25	16,40	102,83	60,52	56,11	49,42	56,02	45,01	41,68	63,92
Pr	4,24	1,61	10,17	6,94	5,99	4,79	5,76	4,29	2,51	7,86
Nd	15,98	5,61	38,98	26,64	22,28	18,29	21,63	15,85	9,85	31,01
Sm	3,09	1,03	6,72	5,09	4,41	3,61	4,21	2,92	1,93	5,99
Eu	0,67	0,22	1,56	1,18	0,99	0,88	0,96	0,65	0,41	1,37
Gd	2,59	0,85	6,78	4,39	3,65	3,13	3,81	2,61	1,77	5,23
Tb	0,38	0,14	0,99	0,65	0,52	0,49	0,58	0,41	0,29	0,79
Dy	2,16	0,82	5,50	3,69	2,96	2,76	3,32	2,39	1,76	4,51
Ho	0,45	0,17	1,06	0,75	0,61	0,57	0,70	0,51	0,37	0,93
Er	1,19	0,52	2,67	2,14	1,64	1,62	1,84	1,54	1,16	2,62
Tm	0,19	0,08	0,39	0,31	0,24	0,24	0,28	0,24	0,19	0,40
Yb	1,32	0,58	2,34	1,97	1,62	1,61	1,87	1,56	1,27	2,52
Lu	0,18	0,09	0,32	0,29	0,24	0,25	0,28	0,23	0,20	0,39
Hf	2,48	5,39	2,57	2,83	2,44	2,68	3,20	3,16	4,21	4,69
Ta	0,74	1,23	0,63	0,76	0,70	0,58	0,79	0,99	1,08	6,74
W	1,04	2,00	1,14	1,14	1,02	1,35	1,27	1,51	1,48	1,59
Tl	0,39	1,16	0,41	0,57	0,43	0,43	0,49	0,40	0,18	0,65
Pb	14,39	24,45	13,29	15,48	11,58	14,07	16,61	14,56	20,27	30,14
Th	4,73	2,71	6,09	7,70	6,41	5,53	7,50	7,58	3,07	8,62
U	1,87	2,03	2,48	2,58	2,26	2,16	3,01	2,72	2,08	3,14

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 2031					Скважина № 2050				
	27966	27967	27968	27970	27971	28085	28087	28089	28091	28092
Li	52,35	72,52	154,09	92,21	133,09	80,04	91,11	82,40	26,93	17,93
Be	2,83	2,69	3,30	3,01	2,92	3,43	3,19	3,21	1,52	4,93
Sc	11,99	5,31	17,08	11,94	9,24	17,85	16,76	16,46	7,01	12,41
Ti	6949,8	7026,9	8284,9	7349,3	8702,5	5259,5	6347,6	5603,92	2106,60	895,73
V	113,30	114,83	150,26	147,31	126,86	135,00	140,26	117,75	46,32	77,65
Cr	112,41	108,98	138,25	122,12	128,21	132,49	134,87	118,60	54,40	26,21
Mn	446,90	1216,20	159,03	1167,53	268,06	685,65	371,87	391,74	1262,63	>3705,65
Co	21,73	12,26	18,65	20,86	26,79	18,80	36,88	31,59	7,97	4,73
Ni	82,41	46,79	83,30	71,51	96,93	75,85	90,64	88,57	29,15	15,14
Cu	33,84	27,32	32,79	44,59	25,11	47,99	33,57	37,25	12,11	5,85
Zn	82,80	50,00	100,04	75,00	85,96	101,49	125,09	95,27	36,80	77,92
Ga	17,00	13,49	16,00	15,24	13,10	46,27	44,47	46,84	28,57	10,94
Rb	91,69	41,23	68,98	73,69	53,76	103,61	86,43	79,93	48,52	21,93
Sr	146,62	57,18	123,43	116,80	84,82	163,81	132,50	161,08	437,61	290,40
Y	23,18	8,96	18,41	18,13	12,21	27,13	22,56	25,31	10,91	93,72
Zr	134,89	144,39	192,72	183,04	207,90	146,26	170,08	138,37	52,96	44,92
Nb	14,49	14,35	16,49	14,73	17,08	13,00	16,37	14,08	5,98	2,51
Mo	0,42	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	0,34	1,16	0,92	0,16	0,51
Cs	4,81	5,39	6,91	6,81	5,85	5,73	6,01	4,76	2,08	2,07
Ba	490,00	307,57	318,08	315,15	238,45	465,68	409,52	504,18	419,31	131,53
La	37,84	15,13	26,85	24,02	20,46	36,13	34,39	32,23	13,43	58,37
Ce	85,49	54,30	58,31	61,02	52,94	77,33	78,78	69,99	27,10	105,78
Pr	8,66	3,61	5,90	5,58	4,69	8,84	7,59	7,84	3,22	10,73
Nd	32,63	13,53	23,18	22,45	17,02	33,76	31,09	29,87	12,15	50,62
Sm	6,69	2,51	4,38	4,37	3,10	6,78	5,96	5,84	2,39	10,98
Eu	1,48	0,53	0,96	0,98	0,68	1,41	1,25	1,18	0,56	2,94
Gd	5,83	2,04	3,80	3,83	2,61	6,01	5,17	5,19	2,19	15,38
Tb	0,88	0,31	0,60	0,59	0,41	0,92	0,78	0,80	0,34	2,31
Dy	4,90	1,75	3,68	3,57	2,40	5,25	4,49	4,69	2,00	14,85
Ho	0,97	0,37	0,78	0,74	0,49	1,06	0,90	0,96	0,42	3,34
Er	2,63	1,04	2,26	2,14	1,41	2,93	2,50	2,70	1,19	9,19
Tm	0,38	0,15	0,35	0,32	0,21	0,45	0,39	0,41	0,18	1,28
Yb	2,49	1,08	2,26	2,14	1,43	2,76	2,46	2,57	1,17	7,73
Lu	0,38	0,16	0,35	0,32	0,22	0,42	0,37	0,39	0,18	1,24
Hf	3,96	4,18	5,49	5,13	5,68	3,96	4,43	3,65	1,40	0,84
Ta	1,12	1,01	1,21	1,03	1,19	0,96	1,22	1,04	0,45	0,21
W	1,48	1,48	1,89	1,64	1,77	1,54	1,84	1,45	0,59	0,67
Tl	1,06	0,74	2,29	0,78	0,77	0,70	0,62	0,66	0,20	0,12
Pb	22,75	18,14	27,65	24,99	18,37	21,32	20,09	20,74	7,92	6,11
Th	9,73	4,06	9,97	7,98	5,53	9,91	10,00	9,23	3,22	2,21
U	3,55	2,54	3,76	2,16	3,35	3,44	3,63	3,27	1,33	0,75

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 2050								Скважина №3618	
	28093	28095	28096	28097	28098	28099	28100	28101	28058	28059
Li	139,39	152,70	76,24	162,57	64,48	100,87	77,20	52,17	38,08	69,63
Be	2,97	2,93	3,25	2,93	2,08	2,69	3,25	2,39	1,81	3,34
Sc	14,26	14,67	16,00	16,66	11,76	12,83	16,66	15,70	14,13	18,21
Ti	8375,6	5903,1	5711,7	6526,0	5430,6	6166,2	5736,41	5341,75	3657,48	5555,24
V	128,97	115,64	122,90	131,73	84,64	109,98	128,85	104,88	88,99	131,91
Cr	124,96	113,42	135,75	131,59	97,38	118,83	135,31	117,72	71,54	126,40
Mn	1107,02	207,64	1016,80	261,35	303,41	359,63	323,52	138,63	489,51	794,50
Co	7,98	49,58	26,83	32,27	12,92	14,38	23,96	5,28	12,94	18,07
Ni	45,25	140,52	94,60	94,79	41,22	53,28	97,76	28,44	38,73	65,33
Cu	29,00	24,74	43,63	28,08	17,70	23,21	44,43	20,11	19,88	38,90
Zn	48,24	80,22	102,59	87,40	67,97	84,08	115,27	45,93	54,20	92,49
Ga	33,37	45,08	45,46	41,95	43,05	40,51	47,50	44,17	53,13	71,81
Rb	45,86	58,84	86,36	73,24	75,30	72,26	99,80	72,30	67,65	85,28
Sr	107,07	153,86	158,14	123,55	145,70	133,47	152,88	169,61	96,44	132,75
Y	20,29	19,95	31,48	21,14	17,57	16,82	26,28	19,08	18,05	24,21
Zr	183,35	140,29	142,93	168,95	138,45	146,67	172,60	139,26	78,31	149,21
Nb	21,90	15,72	14,80	16,75	14,44	14,90	15,00	13,45	10,05	13,90
Mo	0,39	3,24	0,81	1,48	0,38	0,39	0,59	0,20	0,22	0,29
Cs	5,40	4,99	4,75	6,32	3,94	5,16	5,79	5,65	2,56	4,99
Ba	251,83	466,58	472,56	384,85	501,71	399,49	493,23	454,71	725,49	935,32
La	23,25	32,28	35,35	27,54	26,78	22,25	39,03	23,96	23,47	30,19
Ce	57,71	75,96	72,51	62,41	56,12	50,84	84,89	53,00	43,76	66,94
Pr	6,10	7,65	8,90	6,90	6,75	5,54	8,69	6,31	5,71	7,44
Nd	21,16	28,49	34,65	23,63	22,73	18,98	35,50	22,03	21,68	28,20
Sm	4,17	5,48	7,05	4,59	4,26	3,68	6,89	4,41	4,26	5,50
Eu	0,88	1,17	1,55	0,90	0,87	0,78	1,40	0,88	0,92	1,19
Gd	3,78	4,66	6,49	4,15	3,57	3,18	5,97	3,82	3,91	5,04
Tb	0,61	0,71	1,00	0,65	0,55	0,51	0,91	0,60	0,61	0,79
Dy	3,72	3,98	5,78	3,89	3,24	2,99	5,27	3,57	3,48	4,61
Ho	0,77	0,78	1,19	0,81	0,65	0,63	1,04	0,74	0,72	0,95
Er	2,24	2,18	3,20	2,44	1,89	1,81	2,88	2,12	1,99	2,67
Tm	0,36	0,31	0,46	0,37	0,30	0,28	0,43	0,33	0,30	0,41
Yb	2,28	2,01	2,87	2,35	1,89	1,81	2,77	2,15	1,91	2,60
Lu	0,35	0,30	0,43	0,35	0,29	0,28	0,41	0,32	0,28	0,39
Hf	4,80	3,57	3,92	4,34	3,78	3,92	4,75	3,88	2,26	4,01
Ta	1,62	1,16	1,10	1,26	1,08	1,11	1,16	0,97	0,75	1,05
W	2,33	1,72	1,59	2,09	1,40	1,56	1,60	1,33	1,64	1,77
Tl	0,54	0,58	0,56	0,73	0,49	0,62	0,67	0,47	0,34	0,88
Pb	24,77	22,74	21,52	21,73	15,08	16,68	21,81	17,59	12,22	19,62
Th	9,51	8,58	10,06	9,43	7,53	6,97	11,57	8,39	7,26	9,56
U	4,10	4,07	3,64	3,17	2,20	2,18	3,85	2,32	2,03	3,00

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 3618									
	28060	28065	28066	28067	28068	28069	28070	28071	28072	28073
Li	68,08	59,27	74,42	68,38	91,04	43,18	85,67	63,55	56,12	59,78
Be	3,23	2,63	3,08	2,95	2,48	2,16	3,76	3,17	0,98	3,29
Sc	15,39	13,86	15,49	19,26	15,65	13,19	12,93	10,08	8,19	16,39
Ti	5565,8	4657,9	5280,0	5272,3	6384,36	4475,76	6895,40	6617,89	6190,59	6161,89
V	130,91	98,39	117,36	129,60	125,67	87,23	121,41	138,83	75,12	135,32
Cr	125,92	102,88	117,76	119,14	114,49	96,38	118,35	133,17	93,62	122,12
Mn	807,78	666,99	758,46	968,49	102,67	258,58	71,42	145,81	185,66	134,73
Co	28,06	16,28	18,23	18,84	9,60	15,10	8,86	5,08	2,61	16,00
Ni	77,19	55,30	64,83	66,21	48,33	51,52	35,89	31,94	38,51	56,12
Cu	36,38	29,26	36,64	37,65	28,45	24,29	28,36	20,08	15,19	31,72
Zn	96,91	79,24	88,35	98,11	53,92	59,85	29,11	107,94	21,69	108,45
Ga	46,17	45,53	47,45	54,94	46,70	56,83	39,18	41,40	26,91	50,28
Rb	81,69	87,96	85,22	109,39	72,27	81,18	43,09	65,38	14,47	74,81
Sr	130,28	132,35	135,52	148,17	112,77	139,80	107,07	92,83	52,78	100,16
Y	23,54	22,55	22,63	30,38	19,80	19,35	15,67	6,21	9,95	38,23
Zr	137,82	135,18	136,53	148,45	184,54	99,47	188,85	148,86	122,75	166,26
Nb	13,96	12,63	12,71	13,93	15,06	11,61	16,05	17,15	16,85	14,32
Mo	0,56	<0.01	<0.01	0,11	0,05	0,23	0,18	0,26	1,05	<0.01
Cs	4,62	4,07	4,97	5,42	6,48	4,27	5,12	4,31	2,05	5,97
Ba	486,04	582,35	578,54	708,91	529,27	751,67	360,96	339,61	271,27	585,70
La	31,18	30,95	33,02	38,42	30,43	28,56	23,78	8,93	8,62	65,26
Ce	68,71	63,02	73,12	78,68	61,66	61,84	57,76	20,44	16,67	143,28
Pr	6,96	7,19	7,79	9,34	6,96	6,89	5,88	2,09	1,77	14,51
Nd	28,93	28,68	29,80	35,86	25,90	26,17	21,50	7,27	5,94	57,48
Sm	5,62	5,60	5,68	7,17	4,87	5,01	4,39	1,44	1,07	12,07
Eu	1,24	1,09	1,22	1,49	0,98	1,07	0,90	0,24	0,23	2,61
Gd	5,09	4,84	4,95	6,40	4,11	4,31	3,61	1,22	1,14	10,00
Tb	0,78	0,74	0,74	1,00	0,64	0,66	0,55	0,20	0,20	1,53
Dy	4,49	4,30	4,30	5,71	3,69	3,71	3,20	1,20	1,44	8,33
Ho	0,91	0,90	0,86	1,19	0,76	0,75	0,68	0,27	0,34	1,60
Er	2,56	2,49	2,43	3,29	2,18	2,10	1,70	0,85	1,08	4,23
Tm	0,39	0,39	0,37	0,49	0,35	0,31	0,27	0,14	0,19	0,62
Yb	2,52	2,42	2,49	3,20	2,18	2,04	1,72	0,94	1,22	3,84
Lu	0,38	0,36	0,35	0,48	0,34	0,30	0,26	0,15	0,20	0,55
Hf	3,71	3,65	3,66	4,14	4,77	2,84	4,99	3,87	3,19	4,31
Ta	1,05	0,91	0,98	0,98	1,13	0,87	1,23	1,26	1,24	1,07
W	1,51	1,39	1,56	1,89	1,92	1,32	1,91	1,95	1,86	1,73
Tl	0,68	0,51	0,62	0,55	0,62	0,54	0,49	0,28	0,18	0,55
Pb	18,45	16,73	17,99	19,40	19,11	17,13	20,91	18,10	10,04	21,70
Th	8,79	8,84	8,90	11,17	9,03	8,49	9,81	5,69	6,21	8,55
U	2,90	2,78	3,14	3,57	2,47	2,71	4,08	2,40	2,56	3,00

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ 3

	Скважина № 3618						
	28074	28075	28076	28078	28079	28080	28081
Li	66,24	69,90	61,59	78,89	83,59	110,99	78,55
Be	2,49	3,13	3,08	3,06	3,15	2,78	3,56
Sc	11,14	17,65	10,78	6,97	15,00	6,73	17,39
Ti	5341,67	5321,97	5516,11	6479,19	5646,12	7119,57	6056,40
V	94,49	104,15	130,85	125,40	125,13	95,95	139,46
Cr	105,40	108,63	119,98	123,86	124,17	113,44	140,39
Mn	412,79	1091,19	816,91	367,39	1321,59	267,92	594,37
Co	16,10	21,19	16,89	22,59	21,52	7,01	20,21
Ni	46,26	65,53	63,33	71,49	77,19	33,38	79,40
Cu	19,45	27,45	36,64	32,05	36,68	22,89	52,46
Zn	80,48	98,70	83,22	71,84	83,55	42,05	115,06
Ga	43,77	43,30	59,30	38,01	42,77	36,33	53,82
Rb	80,97	95,98	70,73	38,53	86,79	33,43	105,56
Sr	119,12	160,70	134,35	93,13	131,69	70,33	156,65
Y	16,07	32,33	10,12	6,45	22,40	8,30	27,63
Zr	128,30	132,96	127,09	159,06	150,10	156,04	167,44
Nb	14,28	13,84	14,11	16,94	14,67	18,79	15,69
Mo	0,55	0,62	0,47	0,62	0,77	0,49	0,49
Cs	4,56	4,80	3,79	3,74	5,79	4,22	6,19
Ba	505,78	467,30	717,40	305,75	414,54	345,50	570,89
La	24,56	33,96	14,25	9,00	29,07	18,32	37,69
Ce	57,90	72,66	49,21	29,81	70,80	34,98	91,71
Pr	5,82	8,41	3,76	2,50	7,08	3,26	8,78
Nd	21,41	33,71	13,73	9,08	26,08	11,23	34,65
Sm	4,05	6,86	2,76	1,84	5,12	2,05	6,86
Eu	0,83	1,46	0,55	0,32	1,05	0,42	1,42
Gd	3,50	6,43	2,47	1,58	4,59	1,73	6,16
Tb	0,53	1,00	0,38	0,25	0,72	0,27	0,94
Dy	3,03	5,82	2,20	1,51	4,19	1,57	5,29
Ho	0,62	1,22	0,46	0,32	0,87	0,34	1,07
Er	1,76	3,33	1,37	0,93	2,45	0,97	2,98
Tm	0,28	0,49	0,21	0,15	0,37	0,15	0,44
Yb	1,85	3,02	1,42	1,01	2,45	1,03	2,84
Lu	0,27	0,46	0,22	0,15	0,37	0,16	0,43
Hf	3,59	3,62	3,53	4,03	4,10	4,14	4,29
Ta	1,09	1,03	1,02	1,23	1,08	1,39	1,17
W	1,85	1,52	2,29	2,74	2,83	2,20	1,83
Tl	0,62	0,71	0,20	0,10	0,62	0,47	0,78
Pb	16,59	19,43	18,42	21,42	19,02	18,84	24,68
Th	8,40	9,18	4,21	3,36	8,18	5,15	10,20
U	2,41	2,82	2,68	2,29	3,19	2,94	4,23

ПРИЛОЖЕНИЕ И. Индикаторные отношения для пластов ПК₁ и ПК₂ покурской свиты Ваньеганской структуры

№ скважины	№ пробы	ΣTR	Ce/Ce*	Eu/Eu*	La/Yb	Sr/Ba	U/Th	Fe/Mn	SiO₂/Fe₂O₃	Mn/U	Ti/Zr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1002	27977	120,98	1,17	0,68	10,98	0,50	0,25	35,46	8,46	371,24	32,51
1002	27978	106,27	1,24	0,70	11,69	0,64	0,28	97,87	10,44	118,98	32,94
1002	27979	129,83	1,10	0,68	11,24	0,64	0,23	5,08	8,40	2216,70	36,24
1002	27980	108,73	1,19	0,69	10,64	0,71	0,28	110,20	9,50	76,19	37,69
1002	27981	128,59	1,10	0,68	11,35	0,66	0,25	129,15	8,97	66,17	35,55
1002	27982	93,41	1,33	0,72	10,43	0,43	0,47	35,75	6,65	589,71	41,81
1002	27983	121,66	1,22	0,65	10,22	0,42	0,43	52,02	8,02	125,37	40,74
1002	27989	180,97	1,09	0,68	14,53	0,35	0,36	40,54	7,66	152,01	40,56
1002	27991	177,91	1,10	0,72	13,81	0,33	0,33	54,26	10,04	100,58	45,07
1002	27992	177,32	1,12	0,74	14,17	0,34	0,36	63,08	9,15	79,76	43,85
1002	27994	180,47	1,08	0,73	12,57	0,38	0,37	31,80	6,67	180,40	40,21
1002	27995	40,87	0,89	0,54	14,02	0,12	0,79	136,99	21,83	16,95	34,65
1002	27997	181,31	1,50	0,80	18,33	0,37	0,57	70,88	11,95	49,65	51,49
1002	27999	171,66	1,00	0,68	12,34	0,28	0,34	54,76	8,79	126,03	44,69
1002	28000	205,47	1,18	0,74	13,50	0,38	0,41	41,71	5,64	158,16	39,43
1002	28001	98,32	1,13	0,65	9,39	0,34	0,28	58,80	11,91	107,95	38,43
1002	28002	182,56	1,04	0,70	12,70	0,32	0,33	38,10	5,96	218,82	39,44
1002	28004	134,25	1,07	0,73	13,00	0,28	0,32	34,91	7,79	277,41	42,09
1002	28005	100,89	1,02	0,75	11,44	0,29	0,33	52,50	10,75	127,55	40,50
1002	28006	122,61	1,16	0,69	13,97	0,27	0,30	84,90	13,43	75,21	40,31
1002	28007	161,55	1,05	0,66	12,88	0,29	0,33	29,63	6,23	305,24	43,07
1002	28008	185,74	1,11	0,68	12,94	0,35	0,32	74,70	10,00	66,50	39,93
1002	28009	105,27	1,32	0,73	10,46	0,56	0,56	60,74	11,17	90,15	42,13
1002	28010	178,27	1,24	0,62	14,69	0,32	0,41	67,81	9,32	93,93	39,65
1002	28011	63,59	1,45	0,64	7,61	0,43	0,70	41,91	2,23	959,91	39,61

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ И

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1002	28012	222,08	1,37	0,70	14,15	0,40	0,51	113,42	9,65	40,97	37,27
1002	28013	84,93	1,09	0,64	7,09	0,33	0,31	27,42	6,70	595,41	40,52
1002	28015	63,75	1,29	0,68	9,78	0,31	0,67	111,42	13,05	53,29	40,01
2010	28018	164,61	1,05	0,67	13,53	0,20	0,33	32,19	6,42	234,95	36,95
2010	28019	177,96	1,01	0,70	11,64	0,29	0,32	30,92	5,77	264,79	38,08
2010	28020	189,84	1,05	0,69	12,37	0,30	0,35	34,40	7,99	191,76	39,54
2010	28021	279,24	1,40	0,70	18,99	0,35	0,46	142,52	14,06	21,51	39,61
2010	28023	198,02	1,07	0,72	12,29	0,29	0,34	30,44	6,65	227,46	51,52
2010	28024	170,30	1,13	0,74	13,18	0,26	0,35	72,98	10,52	72,91	48,44
2010	28026	57,48	0,88	0,68	12,98	0,86	0,23	23,48	5,48	930,25	36,27
2010	28027	81,05	1,27	0,69	9,94	0,22	0,36	46,16	6,61	438,61	54,82
2010	28028	164,43	1,05	0,69	10,99	0,26	0,22	90,39	14,87	55,07	46,98
2010	28029	102,81	0,85	0,64	8,81	0,22	0,34	46,47	8,69	403,55	39,00
2010	28030	82,18	0,97	0,77	13,30	0,52	0,26	14,63	8,86	1137,02	48,73
2010	28031	174,12	1,09	0,72	10,00	0,30	0,26	10,57	6,55	1266,30	44,65
2010	28032	100,60	0,99	0,61	9,77	0,25	0,27	23,58	6,14	1074,56	37,12
2010	28033	225,33	0,96	0,66	14,86	0,19	0,21	76,40	9,64	87,26	37,88
2010	28034	209,45	1,36	0,70	15,20	0,13	0,38	99,34	21,16	26,38	50,82
2010	28036	89,78	1,03	0,65	8,75	0,42	0,35	28,96	8,14	401,60	51,06
2010	28038	164,90	1,08	0,68	14,16	0,28	0,37	25,61	10,37	193,08	40,95
2010	28039	157,24	1,01	0,69	11,17	0,27	0,35	96,61	36,60	29,20	56,23
2010	28040	152,69	1,10	0,67	13,17	0,30	0,32	41,73	9,29	133,69	41,29
2010	28041	186,92	1,07	0,72	13,71	0,27	0,35	37,67	7,65	156,50	34,63
2010	28042	197,89	1,03	0,70	10,57	0,28	0,34	30,24	5,46	288,07	48,91
2010	28043	77,10	1,01	0,62	12,31	1,59	0,34	40,68	1,15	1301,41	26,35
2010	28045	63,15	1,28	0,62	8,52	0,29	0,50	17,90	8,07	560,61	42,52

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ И

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	28046	184,20	1,40	0,78	15,09	0,29	0,70	31,26	6,85	311,77	37,47
2010	28047	149,81	1,16	0,80	14,41	0,25	0,31	60,42	11,31	101,02	55,05
2010	28049	85,88	0,93	0,74	12,24	0,91	0,27	23,47	5,89	739,08	50,00
2010	28050	189,15	1,01	0,66	14,14	0,15	0,37	63,46	9,23	91,35	54,82
2010	28051	205,02	1,04	0,70	13,76	0,30	0,32	60,16	8,28	103,27	45,82
2010	28052	196,97	1,15	0,69	16,24	0,24	0,35	63,68	10,58	80,52	37,80
2031	27921	155,23	1,09	0,71	11,21	0,54	0,22	133,80	9,49	56,88	31,70
2031	27922	164,53	1,07	0,71	9,94	0,44	0,21	168,40	7,99	58,88	39,45
2031	27923	149,20	1,10	0,72	10,73	0,55	0,24	113,50	7,77	62,54	31,77
2031	27924	129,85	1,12	0,70	12,40	0,53	0,22	142,74	9,99	64,47	34,17
2031	27925	121,00	1,12	0,73	12,01	0,50	0,22	93,96	10,55	85,75	37,03
2031	27926	152,82	1,08	0,75	10,68	0,47	0,23	101,34	9,49	79,18	44,44
2031	27927	111,10	1,13	0,72	11,31	0,48	0,25	119,25	10,23	58,11	35,39
2031	27928	142,89	1,12	0,69	12,67	0,32	0,33	29,08	8,74	218,09	33,89
2031	27929	103,90	1,14	0,79	16,38	0,18	0,50	68,78	27,09	50,38	52,29
2031	27930	137,50	1,10	0,73	13,51	0,26	0,35	40,21	8,41	151,06	40,92
2031	27935	177,99	1,05	0,79	11,47	0,31	0,35	34,71	7,01	179,39	46,72
2031	27938	163,16	1,04	0,74	12,59	0,27	0,35	31,14	7,09	245,38	52,99
2031	27941	135,71	1,14	0,71	12,36	0,31	0,37	28,26	7,68	222,73	36,25
2031	27943	197,78	1,08	0,74	13,88	0,28	0,36	60,76	10,20	77,80	49,44
2031	27944	108,12	1,05	0,78	12,32	0,38	0,39	99,24	14,84	29,43	42,67
2031	27946	303,26	1,02	0,78	11,57	0,51	0,55	45,22	4,79	180,06	47,09
2031	27947	91,70	1,08	0,68	10,00	0,31	0,23	79,20	12,05	140,32	38,09
2031	27948	79,28	1,02	0,69	8,16	0,41	0,46	91,68	14,17	38,87	49,25
2031	27949	59,04	1,09	0,70	7,44	0,33	0,29	157,52	20,94	33,57	52,18
2031	27950	96,31	0,95	0,75	12,05	0,78	0,32	19,39	6,09	722,86	50,42

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ И

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2031	27951	98,43	1,32	0,70	13,47	0,40	0,40	51,33	10,18	129,79	43,84
2031	27953	34,65	1,20	0,69	11,18	0,23	0,75	138,93	16,98	24,86	44,88
2031	27954	228,30	1,09	0,70	20,51	0,23	0,41	110,88	13,68	36,79	42,25
2031	27955	144,11	1,00	0,75	15,03	0,27	0,34	65,57	11,94	78,97	41,81
2031	27958	126,05	1,09	0,73	15,35	0,23	0,35	49,59	19,97	65,40	47,05
2031	27959	107,50	1,20	0,78	12,35	0,17	0,39	25,58	8,25	269,29	42,36
2031	27960	126,03	1,11	0,72	13,22	0,31	0,40	39,67	12,29	95,58	38,00
2031	27961	97,71	1,15	0,70	12,52	0,26	0,36	54,28	19,23	88,92	45,42
2031	27963	73,51	1,97	0,67	7,98	0,41	0,68	35,54	7,14	277,41	46,53
2031	27965	163,04	0,90	0,73	14,06	0,29	0,36	40,51	9,11	157,70	47,88
2031	27966	191,26	1,11	0,71	15,19	0,30	0,36	40,50	9,90	125,97	51,52
2031	27967	96,50	1,74	0,69	14,00	0,19	0,63	21,08	14,02	479,65	48,67
2031	27968	133,67	1,09	0,70	11,89	0,39	0,38	94,08	9,42	42,27	42,99
2031	27970	132,09	1,25	0,71	11,23	0,37	0,27	27,47	8,79	541,15	40,15
2031	27971	108,08	1,27	0,71	14,35	0,36	0,61	59,10	11,44	80,10	41,86
2050	28085	184,05	1,03	0,66	13,10	0,35	0,35	36,95	7,45	199,10	35,96
2050	28087	176,11	1,14	0,67	14,01	0,32	0,36	48,37	9,94	102,51	37,32
2050	28089	164,67	1,05	0,64	12,52	0,32	0,35	51,99	9,84	119,81	40,50
2050	28091	66,51	0,98	0,73	11,48	1,04	0,41	14,04	5,25	952,26	39,78
2050	28092	294,74	0,96	0,69	7,55	2,21	0,34	0,03	1,00	5045,10	19,94
2050	28093	127,39	1,16	0,66	10,18	0,43	0,43	15,29	12,62	270,04	45,68
2050	28095	165,95	1,15	0,69	16,08	0,33	0,47	57,12	14,37	51,01	42,08
2050	28096	181,42	0,98	0,69	12,33	0,33	0,36	28,65	5,55	279,28	39,96
2050	28097	140,99	1,08	0,62	11,72	0,32	0,34	58,05	10,42	82,56	38,63
2050	28098	129,90	1,00	0,66	14,14	0,29	0,29	52,66	13,91	137,92	39,22
2050	28099	113,56	1,09	0,68	12,27	0,33	0,31	49,42	9,32	164,75	42,04

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ И

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2050	28100	196,08	1,08	0,65	14,08	0,31	0,33	60,82	8,28	84,11	33,24
2050	28101	124,26	1,03	0,64	11,12	0,37	0,28	140,84	14,21	59,65	38,36
3618	28058	112,99	0,90	0,68	12,31	0,13	0,28	32,66	6,82	240,57	46,71
3618	28059	156,92	1,06	0,68	11,63	0,14	0,31	33,74	6,56	264,66	37,23
3618	28060	159,76	1,10	0,70	12,40	0,27	0,33	34,21	6,69	278,75	40,39
3618	28065	152,96	1,00	0,62	12,79	0,23	0,31	27,90	7,19	239,60	34,46
3618	28066	167,12	1,08	0,69	13,26	0,23	0,35	32,03	7,39	241,67	38,67
3618	28067	192,72	0,99	0,66	12,02	0,21	0,32	29,80	5,99	271,32	35,51
3618	28068	145,04	1,00	0,65	13,98	0,21	0,27	114,59	16,42	41,55	34,60
3618	28069	143,72	1,05	0,69	13,97	0,19	0,32	59,93	12,05	95,26	45,00
3618	28070	126,20	1,16	0,67	13,79	0,30	0,42	102,38	17,27	17,50	36,51
3618	28071	45,37	1,12	0,54	9,53	0,27	0,42	109,07	12,66	60,73	44,46
3618	28072	40,10	0,99	0,62	7,08	0,19	0,41	71,46	28,38	72,61	50,43
3618	28073	325,91	1,09	0,71	16,98	0,17	0,35	92,19	14,66	44,94	37,06
3618	28074	126,41	1,15	0,65	13,28	0,24	0,29	36,47	10,98	171,08	41,64
3618	28075	178,83	1,02	0,66	11,24	0,34	0,31	35,09	4,64	387,07	40,03
3618	28076	92,98	1,61	0,63	10,04	0,19	0,64	33,00	6,00	304,63	43,40
3618	28078	58,45	1,51	0,56	8,94	0,30	0,68	47,95	9,67	160,54	40,73
3618	28079	155,18	1,17	0,65	11,88	0,32	0,39	24,75	5,60	413,95	37,62
3618	28080	76,48	1,02	0,66	17,72	0,20	0,57	21,31	19,82	91,20	45,63
3618	28081	201,26	1,19	0,66	13,30	0,27	0,41	43,25	6,48	140,53	36,17