

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (СПбГУ)
Институт наук о Земле

Феоктистов Владислав Дмитриевич

Выпускная квалификационная работа

**Строение и условия формирования верхней подсвиты тюменской свиты
Тайлаковского нефтегазового месторождения**

Основная образовательная программа бакалавриата 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Научный руководитель:
профессор, с возложенными
обязанностями зав. кафедрой
осадочной геологии, д.г.-м.н.,
Шишлов Сергей Борисович

Рецензент:
геолог,
Всероссийский геологический
институт им. А.П. Карпинского,
Дубкова Ксения Адиевна

Санкт-Петербург

2024

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе проведена палеогеографическая реконструкция процессов и обстановок формирования отложений верхней подсвиты тюменской свиты территории Тайлаковского нефтегазового месторождения с использованием структурно-генетического анализа терригенных осадочных образований на основе имеющегося фактического материала: керна 13 скважин с общей проходкой 677 м и результатов геофизических исследований скважин.

В результате для территории Тайлаковского месторождения было составлено 13 детальных палеогеографических схем, в которых подробно рассмотрена эволюция верхней подсвиты тюменской свиты, включая основные этапы формирования продуктивных пластов Ю₃ и Ю₂, представляющих немалый интерес с точки зрения поисков и разведки углеводородов.

Во время формирования отложений верхней подсвиты тюменской свиты территория месторождения представляла собой переходную зону континент-море с широким развитием лагунных, дельтовых и баровых отложений.

ANNOTATION

In this work, a paleogeographic reconstruction of the processes and conditions of upper subformation of the Tyumen formation sediments development of the Tailakovsky oil and gas field was carried out using structural and genetic analysis of terrigenous sedimentary formations based on the available factual material: the core of 13 wells with total length of 677 m and the results of geophysical studies of wells.

As a result, 13 detailed paleogeographic schemes were compiled for the territory of the Taylakovsky deposit, in which the evolution of the upper sub-formation of the Tyumen formation was considered in detail, including the main stages of accumulation of productive layers U₃ and U₂, which are of considerable interest from the point of hydrocarbon prospecting and exploration.

During the accumulation of the deposits of the upper sub-formation of the Tyumen formation, the territory was a continent-sea transition zone with a wide development of lagoon, delta and bar deposits.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ	6
2. СТРАТИГРАФИЯ	8
Доюрские образования	8
Юрская система	8
Юрская-Меловая системы	10
Меловая-Палеогеновая системы	10
3. ТЕКТОНИКА	11
4. НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ	12
5. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОБСТАНОВКАХ ФОРМИРОВАНИЯ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ ТАЙЛАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	13
6. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	19
7. СТРУКТУРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ СЛОЕВ	21
Континентальный комплекс осадконакопления	21
Тип КГ	21
Комплекс отложений лагуны	22
Тип ЗА	22
Тип ЗВ	24
Комплекс отложений эстуария	25
Тип ЗС-I	25
Комплекс отложений дельт изолированного побережья	26
Тип ЗС-II	26
Тип ЗС-III	27
Комплекс отложений открытого мелководного шельфа	28
Тип УС-II	28
Тип УС-III	30
Тип УВ-II	31
Тип УВ-III	32
Комплекс отложений открытого глубоководного шельфа	33
Тип ХА	33
8. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЦИКЛОТЕМ И СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ	34
Циклотемы эстуария и дельты изолированного побережья	34
Циклотемы лагуны	35
Циклотемы открытого шельфа	36
9. КОРРЕЛЯЦИЯ	37
10. ЛИТОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОФИЛИ	38
11. Эволюция палеогеографической ситуации на момент формирования пластов Ю ₃ и Ю ₂	38
Пласт Ю ₃	38
Пласт Ю ₂	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	42
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	44
ПРИЛОЖЕНИЯ	46

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время изучению низкопроницаемых сложно построенных отложений тюменской свиты Западно-Сибирской мегапровинции посвящено большое количество работ, что связано с региональной распространенностью данного горизонта и большим количеством содержащихся в нем запасов углеводородного сырья. Тюменская свита, как объект разработки, из-за сложности строения, низких значений фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллекторов и неоднозначности прогноза их насыщенности относится к категории объектов с трудноизвлекаемыми запасами (ТРИЗ), на которые распространяются льготы на разработку и добычу углеводородов. В связи с этим растет заинтересованность недропользователей в усовершенствовании методов получения и обработки информации. При этом создание и развитие принципиально новых подходов к изучению геологических объектов является актуальной задачей (Исакова, 2022).

На сегодняшний день юрские отложения являются одними из наиболее перспективных объектов на нефть и газ в Западно-Сибирской мегапровинции (ЗСМП). С ними в значительной степени связывается прирост ресурсной базы углеводородного сырья в Западной Сибири. Однако эти ресурсы углеводородов сконцентрированы в неструктурных ловушках, в связи с чем разведка и дальнейшая их разработка требует более детальных исследований. Выделение неструктурных ловушек по данным сейсморазведки затрудняется их сложным строением и резкой фациальной изменчивостью, поэтому при их прогнозе и поисках резко возрастает роль палеогеографических реконструкций, основанных на результатах комплексирования седиментологических, петрографических, литогенетических, ихнофациальных, промыслово-геофизических и сейсмических исследований (Шиманский, 2024).

Многими авторами были выполнены палеогеографические реконструкции формирования тюменской свиты как для территории всей Западной Сибири, так и более детализированные для конкретных площадей, в том числе для Тайлаковского месторождения. Если по поводу условий формирования отложений нижней и средней подсвиты тюменской свиты группы Тайлаковских месторождений большинство авторов имеют схожие мнения, то вопрос формирования отложений верхней подсвиты остается до сих пор дискуссионным.

Целью работы являлось выявление особенностей строения пластов Ю₃ и Ю₂ верхней подсвиты тюменской свиты Тайлаковского нефтегазового месторождения Западной Сибири и реконструкция условий их формирования.

Задачи:

1. Обобщение известных данных о строении и условиях формирования верхней подсвиты тюменской свиты.
2. Послойное изучение кернового материала и построение литологических колонок в масштабе 1:100.
3. Интерпретация материалов ГИС для реконструкции слоев и фациального строения интервалов, не представленных керном.
4. Реконструкция обстановок осадконакопления, в условиях которых происходило образование слоёв, с построением кривой колебаний уровня моря.
5. Детальная корреляция скважин по трансгрессивно-регрессивным циклам.
6. Построение серии литолого-генетических профилей и палеогеографических схем формирования пластов Ю₃ и Ю₂ Тайлаковского месторождения для выявления особенностей эволюции палеогеографической ситуации.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Тайлаковское нефтегазовое месторождение (НГМ) расположено в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области в 600 км от г. Мегиона (Рисунок 1) и относится к Демьянскому нефтегазоносному району Каймысовской нефтегазоносной области. Недропользователем Тайлаковского месторождения является ОАО "Обьнефтегазгеология" (дочерняя компания ОАО "НГК "Славнефть").

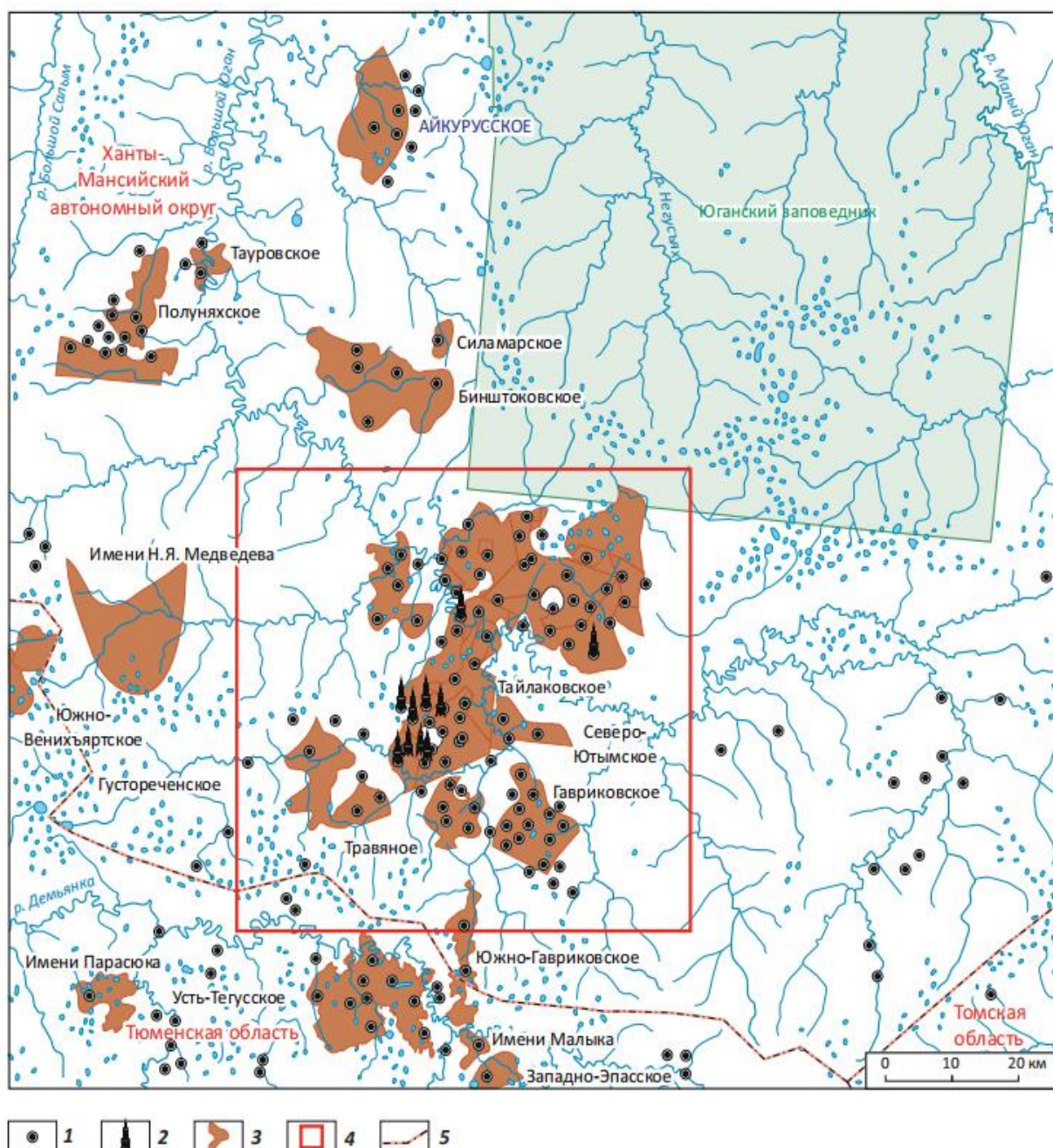


Рисунок 1 Схема расположения Тайлаковского месторождения (Казаненков и др., 2019)

Скважины (1,2): 1 - поисково-разведочные, 2 - с изученным керном из горизонтов Ю₂-Ю₃;
3 - залежи в горизонтах Ю₂-Ю₄; 4 - контур территории исследований; 5 - административные границы

Месторождение было открыто в 1964 г. первой поисковой скважиной №150 и включает в себя группу поднятий: Тайлаковское, Восточно-Тайлаковское, Яккунь-Яхское, Южно-Тайлаковское и Западно-Ютымское (Казаненков и др., 2019). В 2004 г. месторождение было введено в промышленную эксплуатацию. На месторождении выявлены нефтяные залежи в возрастном диапазоне от тюменской свиты (включительно) средней юры до ачимовской толщи нижнего мела. В породах тюменской свиты залежи нефти обнаружены в пластах: Ю₄ (Ю₄², Ю₄¹), Ю₃, (Ю₃¹, Ю₃², Ю₃³) и Ю₂ (Ю₂², Ю₂¹). В разрезе васюганской свиты выявлен продуктивный пласт Ю₁¹, относящийся к верхней подсвите. В ачимовской толще установлена продуктивность пласта Ач₄. Наиболее крупные по площади залежи выявлены в северной части месторождения в пластах Ю₂² и Ю₂¹ среднеюрского возраста и приурочены к Восточно-Тайлаковскому и Яккунь-Яхскому поднятиям. Перспективными для постановки разведочного бурения с целью доразведки являются залежи пластов Ю₂¹, Ю₂², Ю₃¹ и Ач₄. (Иванов, 2018). Доюрский комплекс на данный момент является слабоизученным, но в перспективе может стать источником поддержания добычи в ХМАО, где запасы месторождений постепенно истощаются, но имеется развитая нефтедобывающая инфраструктура.

Месторождение имеет сложное строение, что отражается в разнообразии типов залежей. Здесь имеются пластовые сводовые залежи, залежи, осложненные тектоническими и литологическими экранами, а также тектонически или литологически экранированные залежи.

При изучении месторождения определенную сложность представляет собой корреляция клиноформных продуктивных пластов ачимовской толщи и неоднородных континентальных отложений тюменской свиты. Проведение корреляции в значительной степени обусловлено характером насыщения пластов с учетом их гипсометрического уровня.

Суммарные извлекаемые запасы Тайлаковского месторождения составляют свыше 116 млн тонн. Перспективные планы годовой добычи – более 2,5 млн тонн нефти в год. Нефть вязкая, что затрудняет транспортировку и требует предварительной подготовки (Иванов, 2018).

Тайлаковское месторождение на карте расположено в 500 километрах от основной базы «Славнефть-Мегионнефтегаз». Поэтому участок работает практически автономно. Ближайший действующий нефтепровод находится в 120 км к юго-западу от Тайлаковского месторождения.

2. СТРАТИГРАФИЯ

Геологический разрез отложений на территории Тайлаковского месторождения представлен породами двух структурно-тектонических комплексов: доюрское основание, включающее в себя палеозойский складчатый фундамент и триасовый комплекс, и мезозойско-кайнозойский платформенный чехол, представленный терригенными отложениями различного генезиса. Максимально вскрытый разрез зафиксирован до глубины 3105 м.

Доюрские образования

Отложения доюрского основания залегают на глубине 3000 м и ниже. Палеозойские стратиграфические образования слагают на территории, как и на всей Западно-Сибирской равнине (ЗСР), большую часть площади доюрского среза. Изучение данных отложений производилось по разрезам, вскрытым глубокими разведочными скважинами, в меньшей мере — опорными и параметрическими скважинами. Структурная поверхность основания имеет сложное блоковое строение, обусловленное присутствием региональных и локальных тектонических нарушений. Фундамент сложен вулканогенно-осадочными и терригенно-карбонатными породами, а также породами коры выветривания, сложенной преимущественно эффузивными породами.

Триасовые образования слагают около четверти площади доюрского основания рассматриваемой территории. Их разрезы изучались только по скважинам глубокого нефтеразведочного бурения с использованием геофизических материалов, в основном сейсморазведки МОГТ. Породы представлены вулканогенно-осадочными толщами, иногда — в виде тонких пропластков — известняками. Характерно развитие кор выветривания (их мощность достигает 12–15 м), отмечается повышенная известковистость пород (Хафизов, 2003).

Юрская система

Система представлена нижним, средним и верхним отделами, отложения которых повсеместно развиты на рассматриваемой территории. Наиболее древние из отложений (плинсбахский–ааленский ярусы) полого залегают на размытой поверхности доюрского складчатого основания и согласно перекрываются меловым комплексом. Так как в ходе работы рассматривались средне-верхнеюрские отложения, далее будет рассмотрена стратиграфия юрской системы, начиная с тюменской свиты (J_{2tm}).

Тюменская свита (J_{2tm}) выделена Н. Н. Ростовцевым в 1954 г., её стратотипический разрез вскрыт Тюменской опорной скважиной. Свита сложена глинами, глинистыми алевролитами, песчаниками, гравелитами и конгломератами с глинистым и известковистым цементом. Тюменская свита согласно залегают на нижне-

среднеюрских отложениях либо с угловым несогласием перекрывает доюрские образования. Тюменская свита включает три подсвиты сложного строения, представленные частым незакономерным переслаиванием песчаников, алевролитов и глин (Денисов и др., 2011)

Нижняя подсвита (J_{2tm_1}) сложена полимиктовыми грубозернистыми светло-серыми песчаниками, глинистыми алевролитами с подчиненными прослоями темно-серых, буровато-серых аргиллитов и глин с прослоями углей мощностью до 1–2 м. У выступов фундамента в нижней подсвите появляются прослои и линзы гравелитов. В составе подсвиты выделяются продуктивные нефтеносные пласты Ю₇ – Ю₉. На юго-востоке территории происходит глинизация верхней части нижней подсвиты, поэтому там ее граница со средней подсвитой условная.

Средняя подсвита (J_{2tm_2}) сложена преимущественно аргиллитами и аргиллитоподобными глинами с подчиненными маломощными прослоями алевролитов и песчаников. Аргиллиты темно-серые, почти черные, в различной степени битуминозные. Алевролиты серые, светло-серые, сидеритизированные с редкими прослоями глинистых известняков. Песчаники светло-серые мелкозернистые слюдистые. В западных районах в составе подсвиты также отмечаются редкие прослои гравелитов, развитых вблизи выступов фундамента. В составе средней подсвиты обособляются продуктивные нефтеносные пласты «Ю₅» и «Ю₆».

Верхняя подсвита (J_{2tm_3}) пользуется практически повсеместным распространением в границах тюменской свиты. Представлена она ритмичным чередованием аргиллитов, аргиллитоподобных глин, алевролитов, песчаников с частыми прослоями и линзами угля. На большей части площади в основании верхней подсвиты обособляется пачка существенно песчаных пород, в которой присутствуют прослои гравелитов, аргиллитов, алевролитов. К ней приурочены продуктивные нефтеносные пласты «Ю₂»—«Ю₄» сложного строения.

В целом породы тюменской свиты характеризуются большим разнообразием литологического состава, текстурных особенностей и генетических типов. Возраст тюменской свиты определяется как позднеааленский (J_{2a}) – батский (J_{2bt}).

Васюганская свита (J_{2-vs}) трансгрессивно залегает на тюменской свите и имеет согласный контакт с перекрывающими георгиевскими отложениями. Она представлена песчано-глинистыми отложениями. В составе свиты выделяются две подсвиты.

Нижняя подсвита сложена преимущественно глинами аргиллитоподобными темно-серыми, с редкими прослоями алевролитов и песчаников.

Верхняя подсвита сложена песчаниками серыми мелко- и среднезернистыми с буроватым оттенком, с прослоями карбонатных разностей, алевролитов. К ней приурочен продуктивный нефтеносный пласт «Ю₁». Песчаные слои разделены глинами аргиллитоподобными. Отмечаются прослой и линзы углей.

На основании фаунистических, флористических данных и по положению в разрезе возраст васюганской свиты датируется поздним батом (J₂bt) – поздним оксфордом (J₃o).

Юрская-Меловая системы

Баженовская свита (J₃–K₁bž) впервые была выделена Ф. Г. Гурари (Гурари, 1959) в ранге пачки марьяновской свиты со стратотипом в разрезах скважин Баженовской площади. Свита представлена аргиллитами черными с коричневым оттенком, в разной степени битуминозными, с плоским раковистым изломом, тонкоотмученными, реже алевроитовыми, тонко-горизонтальнослоистыми либо массивными. Отмечаются листоватая или тонкоплитчатая отдельность, частые прослой кремнистых и известковистых аргиллитов вплоть до радиоляритов и глинистых известняков, иногда доломитизированных.

Возраст баженовской свиты установлен палеонтологически и по корреляции со смежными районами как титонско (J₃tt) – берриасский (K₁b).

Меловая-Палеогеновая системы

Над комплексом морских отложений верхней юры – начала нижнего мела залегает мощная толща преимущественно лагунных и лагунно-континентальных пестроцветных и сероцветных отложений готерив – сеномана, знаменующих новый длительный этап преимущественно континентального развития плиты (Гольберт, 1968). Эта эпоха ознаменовалась также широким распространением в пределах плиты опресненных бассейнов с формированием мощных терригенных формаций, представленных пестроцветными глинами с прослоями алевролитов, песчаников и галечников с обилием растительного детрита.

Над отложениями нижнего мела – сеномана залегает комплекс преимущественно морских глинисто-кремнистых, глинистых, терригенно-глауконитовых и карбонатно-глинистых осадков верхнего мела и палеогена, имеющего мощность около 600 м. В составе комплекса отложений верхнего мела – палеогена выделяются формации, представленные терригенно-глауконитовыми, кремнистыми осадками с подчиненным положением песчаников.

Палеогеновые отложения пользуются на территории повсеместным развитием в виде мощного покрова, залегающего согласно на мезозойском осадочном комплексе.

В тектоническом отношении Тайлаковский участок приурочен к Тайлаковскому и Айкурусскому выступам фундамента, осложняющим южный борт Юганской мегавпадины в зоне ее сочленения с Демьянским мегавалом (Рисунок 2).

В пределах Тайлаковского выступа расположены центральная и восточная части Тайлаковского лицензионного участка. Западная часть участка относится к Айкурусскому выступу. К северу от лицензионного участка вышеописанные структуры разделяет Ожерельная ложбина. С востока и запада их ограничивают, соответственно, Кельтаминская и Тауровская ложбины (Михальчук, 2007).

В структурном плане Тайлаковское месторождение объединяет несколько куполовидных и брахиантиклинальных поднятий небольшой амплитуды. Фундамент и вся толща юрских отложений в пределах присводовых частей, особенно Тайлаковского и Южно-Тайлаковского поднятий, пронизаны системой разрывных тектонических нарушений с амплитудой 10 – 20 м.

Развитие структур носит унаследованный характер. Результаты картирования показали, что интенсивный рост этих структур происходил в нижне-среднеюрское, верхнеюрское и, вероятно, берриас-валанжинское время. Вверх по разрезу структурный план значительно выволаживается, уменьшаются углы падения крыльев и амплитуды локальных поднятий.

4. НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ

Каймысовская НГО площадью 140 тыс. км² выделена в южной части мегапровинции, включает Каймысовский и Межевский своды, Нюрольскую и частично Юганскую впадины, Верхнедемьяновский мегавал. Нефтегазоносность охватывает все комплексы, за исключением аптского, но основная часть ресурсов нефти сконцентрирована в нижне-среднеюрском (47%) и васюганском (27%) комплексах, газа - в васюганском (46%). В области открыто около 50 месторождений, связанных с ловушками антиклинального и комбинированного типов. На Каймысовскую НГО приходится около 2,3% ресурсов углеводородов Западно-Сибирской мегапровинции. В области открыты такие месторождения, как Первомайское, Тайлаковское, Малоичское, Аняунгское, Таловое, Межевское, Урненское, Верх-Тарское и другие (Каламкаров, 2005).

Нефтегазоносность Тайлаковского месторождения связана с продуктивными пластами Ю₂-Ю₄ верхней подсвиты тюменской свиты. Строение песчаных пластов сложное: песчаные прослои, как правило, разделены глинисто-алевритовыми перемычками. Вместе с тем коэффициенты песчаности верхней подсвиты тюменской свиты выше, чем нижней и средней подсвит, а содержание углистых

разностей ниже (Сердюк, 1992). Открытая пористость песчаников изменяется от 4 до 19,6% и более, поровая проницаемость от 0,5 до 259 мД (Гавриковское месторождение, входящее в группу Тайлаковских), класс коллекторов по Ханину III-IV. В отложениях пластов Ю₂₋₄ можно выделить трещинно-поровый и поровый типы коллекторов. (Хафизов, 2003)

Характерной особенностью верхней подсвиты тюменской свиты является наличие пластов коллекторов со следами УВ в любом разрезе, начиная от 3-5 метров, однако лишь при эффективной мощности коллекторов более 10 метров возможно получение устойчивых притоков нефти и их рентабельная разработка.

Региональной покрывкой являются верхнеюрские отложения нижней подсвиты васюганской свиты, представленные преимущественно темно-серыми аргиллитами монтмориллонит-гидрослюдистого состава, часто тонкоотмученными, с редкими прослоями алевролитов (Хафизов, 2003).

Песчаные тела, слагающие пласты Ю₃ и Ю₂, образуют перспективную для выявления высокодебитных коллекторов зону. Так, на территории Тайлаковского месторождения из верхней части пласта Ю₂ уже были получены притоки нефти более 10 м³/сут.

5. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОБСТАНОВКАХ ФОРМИРОВАНИЯ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ ТАЙЛАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Палеогеографические реконструкции юрских нефтегазоносных комплексов ЗСМП базировались на детальном изучении результатов многолетних исследований, выполненных множеством авторов по разным участкам Западной Сибири. За последние 15 лет число палеогеографических исследований на территории Западной Сибири значительно возросло. Значительный вклад в палеогеографические исследования юрских отложений Западной Сибири внесли Ф.Г. Гурари, А. Э. Конторович, Б. Н. Шурыгин, В. В. Шиманский, Л. Г. Вакуленко и другие.

Нижняя и средняя подсвиты тюменской свиты, являющейся частью малышевского горизонта, по мнению большинства авторов, формировались в мелководно-морских и прибрежных условиях. Основанием для этого служили характерные особенности строения отложений, выраженные в наличии многочисленных прослоев углей, обилии углефицированного растительного детрита и остатков корневых систем, а также в цикличности осадконакопления. Однако насчет обстановок осадконакопления, в которых формировалась верхняя подсвита, единого мнения нет.

А.Р. Курчиков и В.Н. Бородин в своей работе (Курчиков, Бородин, 2015) связывают формирование верхней подсвиты тюменской свиты с обстановками низменной аккумулятивной равнины, тогда как в работе Ф.Г. Гурари с соавторами (Гурари и др., 2005) подсвита формировалась в обстановках морского бассейна.

Существуют и промежуточные точки зрения. Так, А.Э. Конторович в своих палеогеографических схемах (Конторович и др., 2013), составленных для позднебатского времени верхней юры, объединяет представления о распространении палеогеографических областей морского, переходного и континентального осадконакопления, их размеры и расположение в пределах Западно-Сибирского осадочного бассейна. Согласно построенной Конторовичем палеосхеме территория Тайлаковского месторождения в батское время представляла собой прибрежную равнину, временами заливавшуюся морем (Рисунок 3).

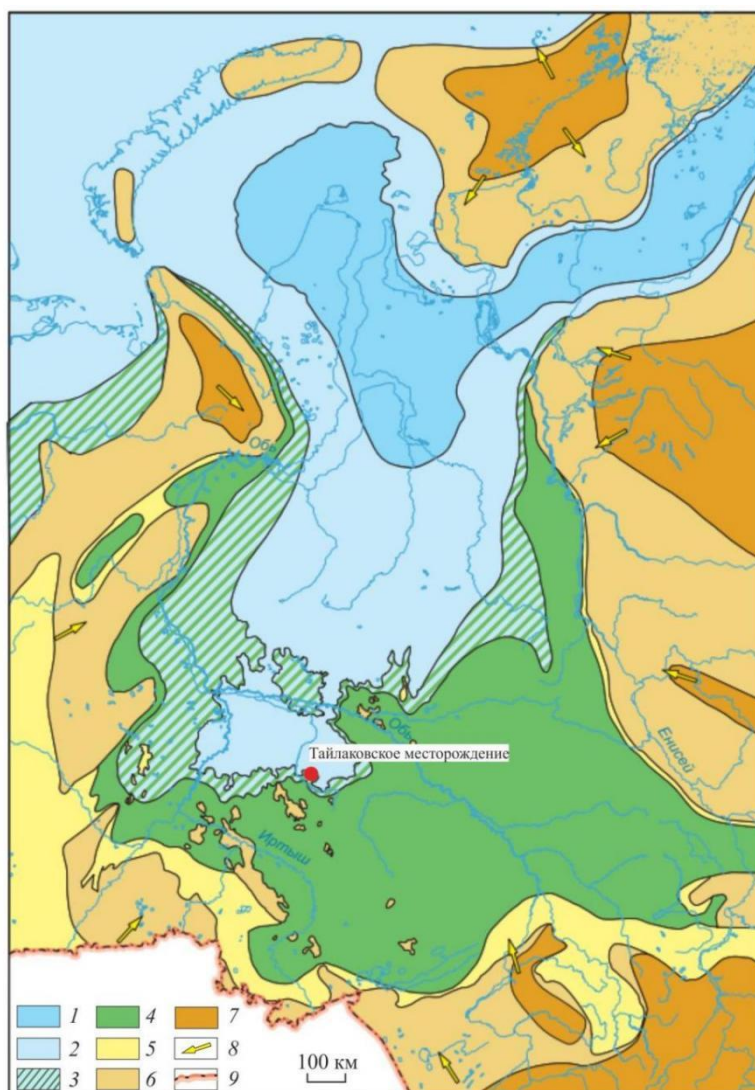


Рисунок 3 Палеогеографическая схема Западной Сибири, бат (Конторович и др., 2013)

Палеогеографические области: области морского осадконакопления: 1 — море мелкое глубиной 25—100 м; 2 — море мелкое глубиной менее 25 м; области переходного

осадконакопления: 3 — равнина прибрежная, временами заливавшаяся морем (осадки пойменные, озерно-болотные, русловые, дельтовые, береговых баров, пляжевые); области континентального осадконакопления: 4 — равнина низменная, аккумулятивная (осадки русел, пойм, озер и др.); 5 — равнина денудационно-аккумулятивная; области размыва: 6 — равнина возвышенная (денудационная суша), 7 — горы низкие; 8 — главные направления сноса обломочного материала, 9 — государственная граница

В работе Казаненкова (Казаненков, 2021) представлены палеогеографические схемы Западной Сибири на время формирования верхней подсвиты тюменской свиты. Согласно этим схемам пласт Ю₃ на территории Тайлаковского месторождения накапливался в условиях аккумулятивной равнины, кратковременно заливавшейся морем (Рисунок 4 (левая схема)). Нижняя часть горизонта Ю₂ отлагалась в условиях постепенной трансгрессии моря в обстановках дельтовых и прибрежных равнин. На заключительном этапе формирования горизонта накопление осадков происходило в мелководно-морских условиях лагунного побережья и мелкого моря (Рисунок 4 Палеогеографическая схема Западной Сибири на время накопления горизонтов Ю₃ (правая схема)).

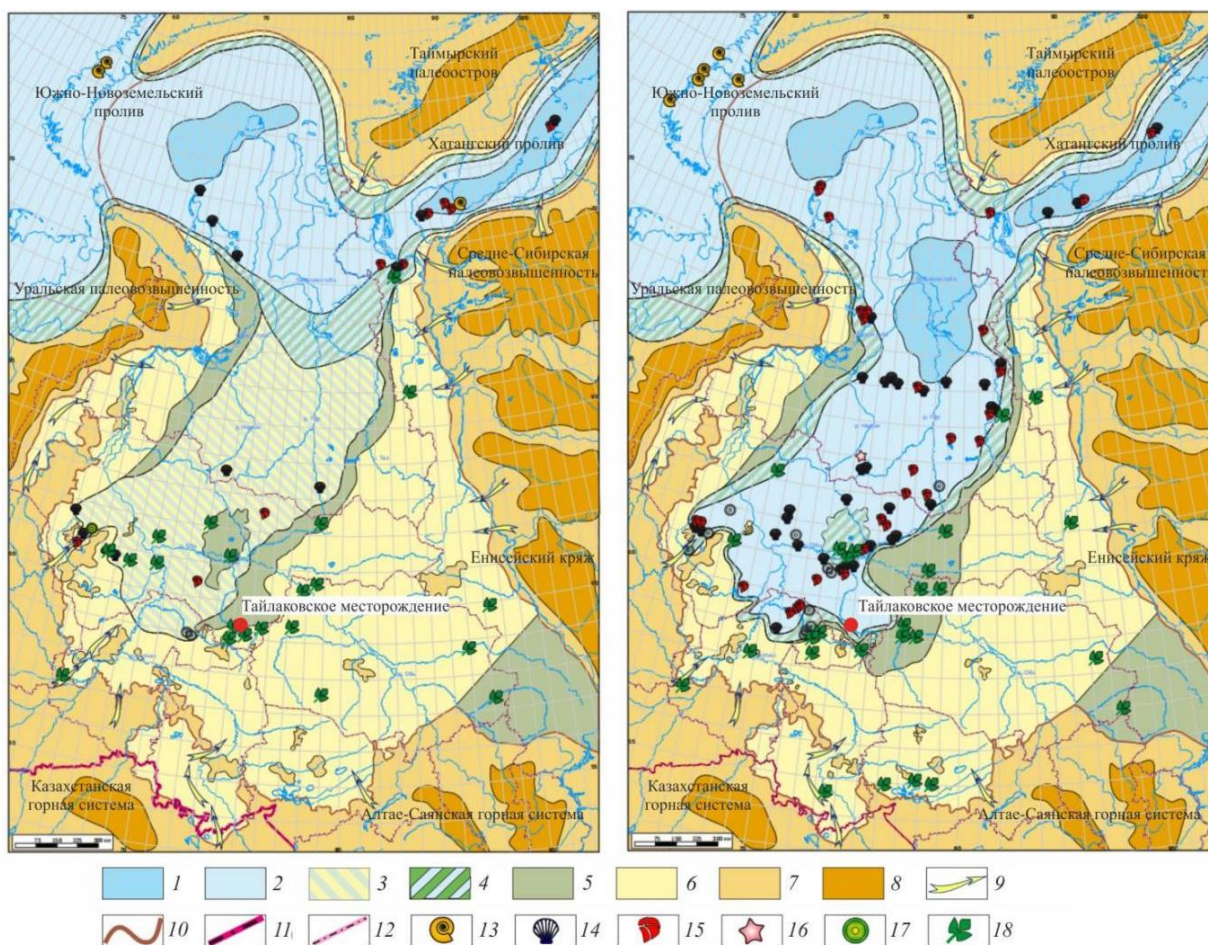


Рисунок 4 Палеогеографическая схема Западной Сибири на время накопления горизонтов Ю₃ (слева) и Ю₂ (справа) (Казаненков, 2021)

Палеогеографические области: Области морского осадконакопления: Море мелкое: 1 — глубина моря 50-100 м, 2 — глубина моря менее 50 м; Области переходного осадконакопления: 3 — равнина, кратковременно заливавшаяся морем; 4 — дельтовые и прибрежные равнины, лагунное побережье; Области континентального осадконакопления: 5 — равнина аккумулятивная аллювиально-озерно-болотная; 6 — равнина аккумулятивная озерно-аллювиальная; Области размыва: 7 — равнина возвышенная (денудационная суша), 8 — горы низкие; Прочие условные обозначения: 9 — главные направления сноса обломочного материала, Границы: 10 — распространения мальшевского горизонта, 11 — Государственная граница, 12 — административные границы; Органические остатки: 13 — аммониты, 14 — двустворки, 15 — фораминиферы, 16 — морские звезды, 17 — микрофитопланктон, 18 — крупные остатки растений

Более детальные палеогеографические схемы формирования пластов Ю₂ и Ю₃ для группы Тайлаковских месторождений были построены группой исследователей в работе «Палеогеографический контроль нефтеносности мальшевского горизонта группы Тайлаковских месторождений (Западная Сибирь), 2019».

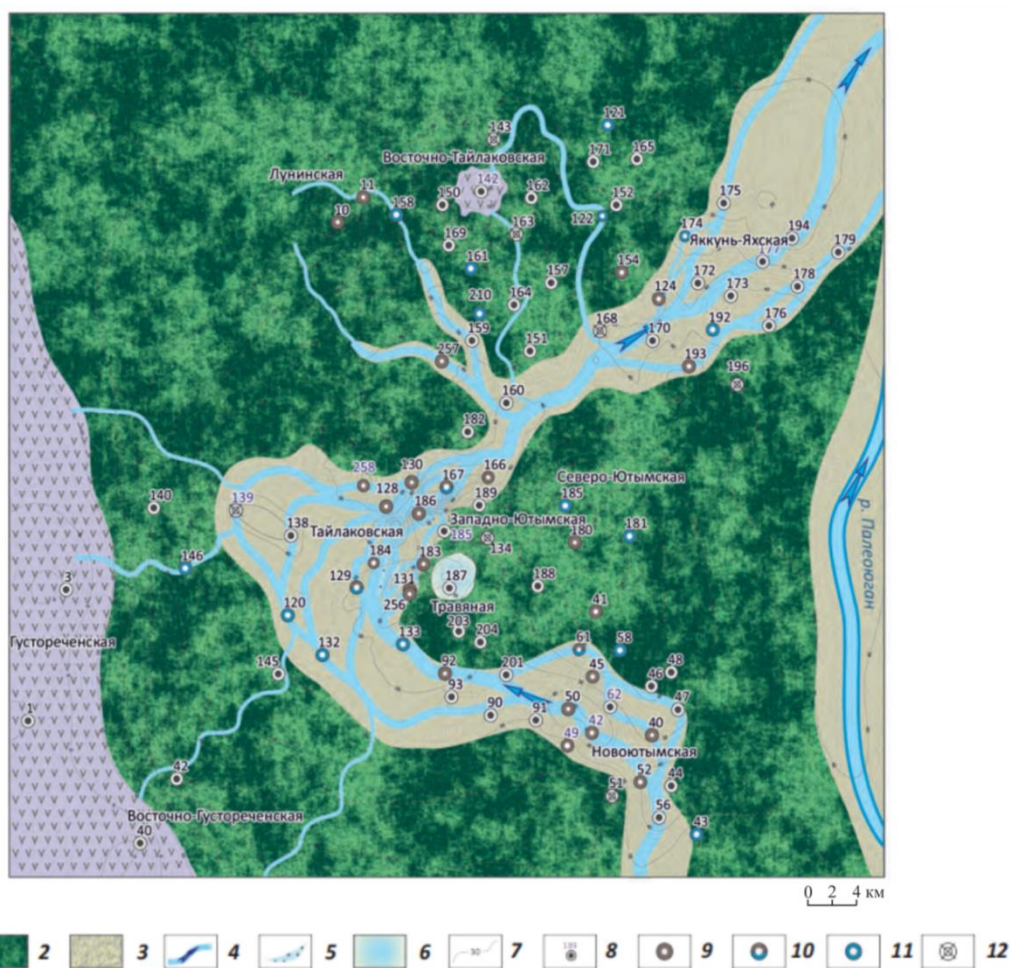


Рисунок 3 Палеогеографическая схема на время формирования горизонта Ю₃ Тайлаковской группы месторождений (Казаненков и др, 2019)

1 — денудационная суша; 2 — аллювиальная равнина; 3 — пояс меандрирования реки; 4 — русла палеорек и направление их течения; 5 — старицы; 6 — озера; 7 — изопахиты горизонта Ю₃, м; 8 — поисково-разведочные скважины; результаты испытаний скважин (9–12): 9 — нефть, 10 — вода + нефть, 11 — вода, 12 — притока не получено

В данной работе на основе комплексного седиментологического анализа керн и материалов ГИС были выполнены палеогеографические реконструкции малышевского стратиграфического горизонта в зоне сочленения Верхнедемьянского мегавала и южного борта Юганской мегавпадины. Согласно авторам пласт Ю₃ формировался в условиях аккумулятивной озерно-аллювиальной равнины с мощной зоной русловых отложений (Рисунок 5).

По мнению авторов, в это время русла палеорек к северо-востоку впадали в крупную речную артерию, названную Палеоюган, которая по узкому вытянутому понижению палеорельефа между Каймысовской и Верхнедемьянской палеовозвышенностями протекала вдоль восточной границы территории исследований.

Авторами выдвигается предположение, что изменение положения песчаных тел от скважины к скважине связано с постоянной миграцией русел в пределах выделенной зоны. В междурусловых участках, предположительно, существовали обстановки пойменных равнин и небольших озер — стариц, где накапливались алеврито-глинистые осадки с растительным детритом и аутигенным сидеритом. Заболачивание территории было незначительным, о чем могут свидетельствовать редкие маломощные прослои углей.

В позднем бате во время формирования верхней части горизонта Ю₂ ландшафт территории исследования претерпел значительные изменения, обусловленные наступлением с севера мелкого моря и затоплением наиболее прогнутых северного и восточного участков территории (Рисунок 6). В связи с этим на значительной площади стали развиваться обстановки переходного и морского осадконакопления.

В южной части района исследований стала формироваться дельтовая равнина, переходящая на северо-востоке в прибрежно-морское мелководье. Лишь на западе территории сохранились континентальные условия осадконакопления. В это время в северной части территории в районе Восточно-Тайлаковской площади, предположительно, образовался остров, площадь которого в процессе трансгрессии постепенно уменьшалась.

Материалом для формирования прибрежно-морских песчаных тел служили осадки дельтового комплекса, а также аллювиальные отложения более раннего возраста, перерабатываемые в процессе постепенного наступления моря.

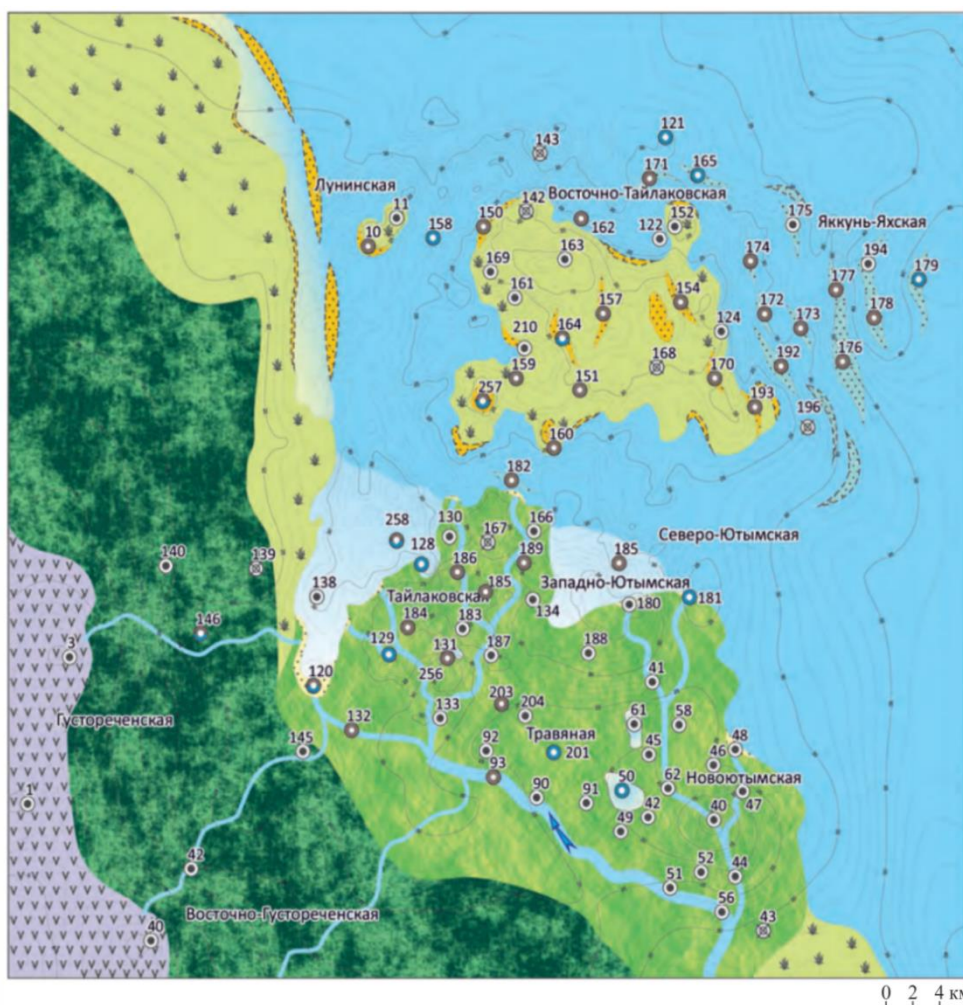


Рисунок 4 Палеогеографическая схема на время формирования горизонта Ю₂ Тайлаковской группы месторождений (Казаненков и др, 2019)

1 — дельтовая равнина; 2 — флювиальные рукава дельты и направление их течения; 3 — устьевые бары; 4 — прибрежно-морское мелководье; 5 — морские заливы; 6 — лагуна; 7 — прибрежная равнина; 8 — заболачивающиеся участки в пределах прибрежной равнины; 9 — подводные валы; 10 — береговые барьерные бары и валы; 11 — изопахиты горизонта Ю₂, м.

Неопределенность строения верхней подсвиты тюменской свиты и, как следствие, наличие большого количества мнений по поводу условий её формирования (порой диаметрально противоположных) в который раз подтверждает актуальность проведения палеогеографических реконструкций обстановок осадконакопления перспективных горизонтов Ю₂ и Ю₃. Развитие данного направления позволит не только более детально прогнозировать распространение тел-коллекторов в пространстве, а также более точно прослеживать их зоны замещения и выклинивания в разрезе.

6. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение геологического разреза верхней подсвиты тюменской свиты Тайлаковского месторождения проводилось путём макроскопического описания кернового материала, представленного 677 м по 13 скважинам. Расположение скважин и граница лицензионного участка представлены на карте фактического материала (Рисунок 7). Также по данным гамма-каротажа (ГК), каротажа потенциала собственной поляризации (ПС) и каротажа кажущегося сопротивления по потенциал зонду (ПЗ) была произведена интерпретация интервалов, не представленных керном.

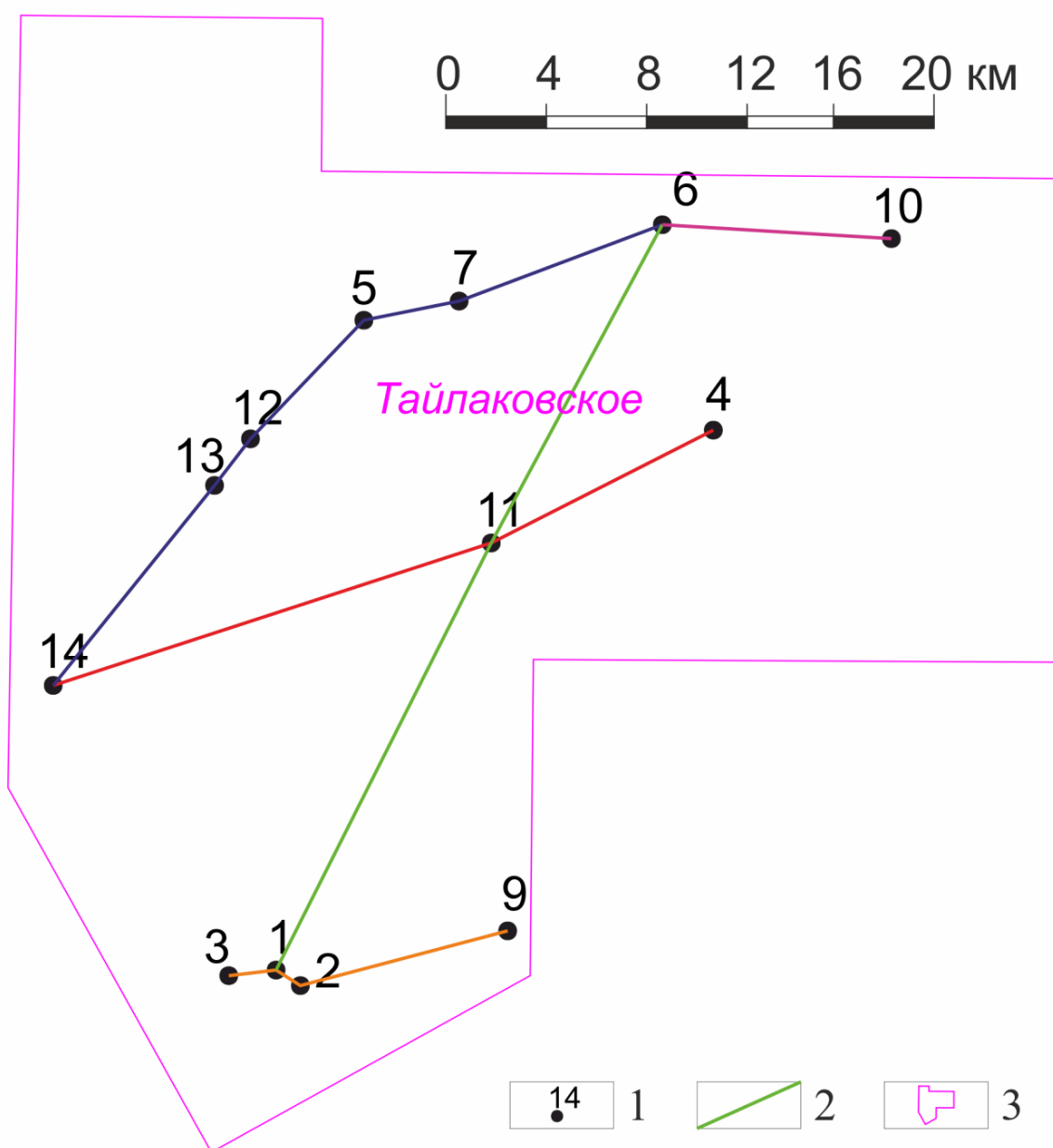


Рисунок 5 Карта фактического материала Тайлаковского месторождения

1 — скважины и условные номера; 2 — линии литолого-генетических профилей; 3 — контур лицензионного участка

На первом этапе работы было произведено детальное описание кернового материала на основе использования структурно-генетической типизации слоев терригенных эпиконтинентальных формаций (Шишлов, 2010).

Следующим этапом работы стало построение в программном обеспечении CorelDRAW (версия 2018 г) тринадцати литологических колонок в масштабе 1:100, отражающих основные характеристики слоёв, выделенных на предыдущем этапе. К таким характеристикам относятся: структура, текстура, вещественный состав, включения, органические остатки, ходы илоедов, тип контакта с перекрывающим слоем.

Интерпретация кривых ГИС позволила реконструировать интервалы скважин, не представленные керном. Использование зависимости между литофизическими свойствами горных пород и морфологией аномалий кривых ПС и сопоставление имеющихся кривых с типовыми электрометрическими моделями (Муромцев, 1984) позволили произвести интерпретацию фациального строения этих интервалов.

На третьем этапе с использованием типизации слоёв и моделей седиментации С. Б. Шишлова была произведена интерпретация обстановок осадконакопления, в условиях которых происходило образование слоёв, а также для каждой скважины, в соответствии с энергетическими зонами профиля Ирвина (Irwin, 1965), были построены кривые колебания уровня моря, показывающие этапы углубления и обмеления бассейна седиментации. С использованием концептуальной модели обстановок осадконакопления в юрско-раннемеловом эпиконтинентальном бассейне Западной Сибири (Шишлов, Дубкова, 2023) были выделены трансгрессивно-регрессивные циклы. Далее на их основе была произведена детальная корреляция скважин. Методика корреляции заключалась в сопоставлении изохронных поверхностей, представленных максимумами трансгрессии и регрессии. Также в изучаемых интервалах на основе литологического состава были выделены пласты Ю₃ и Ю₂.

На четвертом этапе было построено 5 литолого-генетических профилей по линиям, представленным на Рисунке 7. Они позволили проследить выделенные в скважинах обстановки осадконакопления и их латеральную смену.

На заключительном этапе на основе полученных результатов впервые было построено 13 детальных палеогеографических схем формирования пластов Ю₃ и Ю₂ верхней подсвиты тюменской свиты для территории Тайлаковского нефтегазового месторождения, отражающие изменения седиментационной системы в динамике. Также они позволили проследить эволюцию палеогеографической ситуации и площадное распространение обстановок осадконакопления.

7. СТРУКТУРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ СЛОЕВ

На основе типизации слоев эпиконтинентальных терригенных формаций (Шишлов, 2010) было выделено 13 генетических типов слоев, соответствующих следующим обстановкам осадконакопления:

1) комплекс континентальных отложений прибрежной равнины, представленный обстановками торфяных болот (слои типа KG);

2) комплекс отложений изолированного мелководного шельфа, включающий в себя обстановки лагуны, дельтовой системы и эстуария (слои типов ZA, ZB, ZC);

3) комплекс отложений открытого мелководного шельфа, характеризующийся обстановками барового поля и “лоскутных песков” (слои типов YB, YC);

4) комплекс отложений открытого глубоководного шельфа, включающий в себя обстановки низкодинамичного глубоководья (слои типа XA).

Далее будет дано подробное описание выделенных типовых слоев и интерпретация условий их формирования.

Континентальный комплекс осадконакопления

Тип KG

К этому типу условно отнесены все угли, представляющие собой погребенный растительный материал торфяных болот, претерпевший дальнейшие преобразования.

Описание: угли чёрные хрупкие блестящие, иногда прослоями матовые с многочисленными мелкими вкраплениями сульфидов и остатками растений. Плитчатый раскол породы намечает слоеватую и полосчатую текстуру углей (Рисунок 8).

Интерпретация: осадки накапливались на финальной стадии регрессии бассейна при стабильном положении береговой линии. Застойный режим вод обеспечивал благоприятные условия для активного развития гидрофильных высших растений (Шишлов, 2010).

В результате захоронения растительного материала, отлагаемого в низовых болотах в условиях не меняющегося уровня поверхностных и грунтовых вод, образовывались и накапливались значительные объёмы органического вещества в виде торфяников. Впоследствии под воздействием катагенетических процессов сформировавшийся ранее торф преобразовывался в угольные пласты.

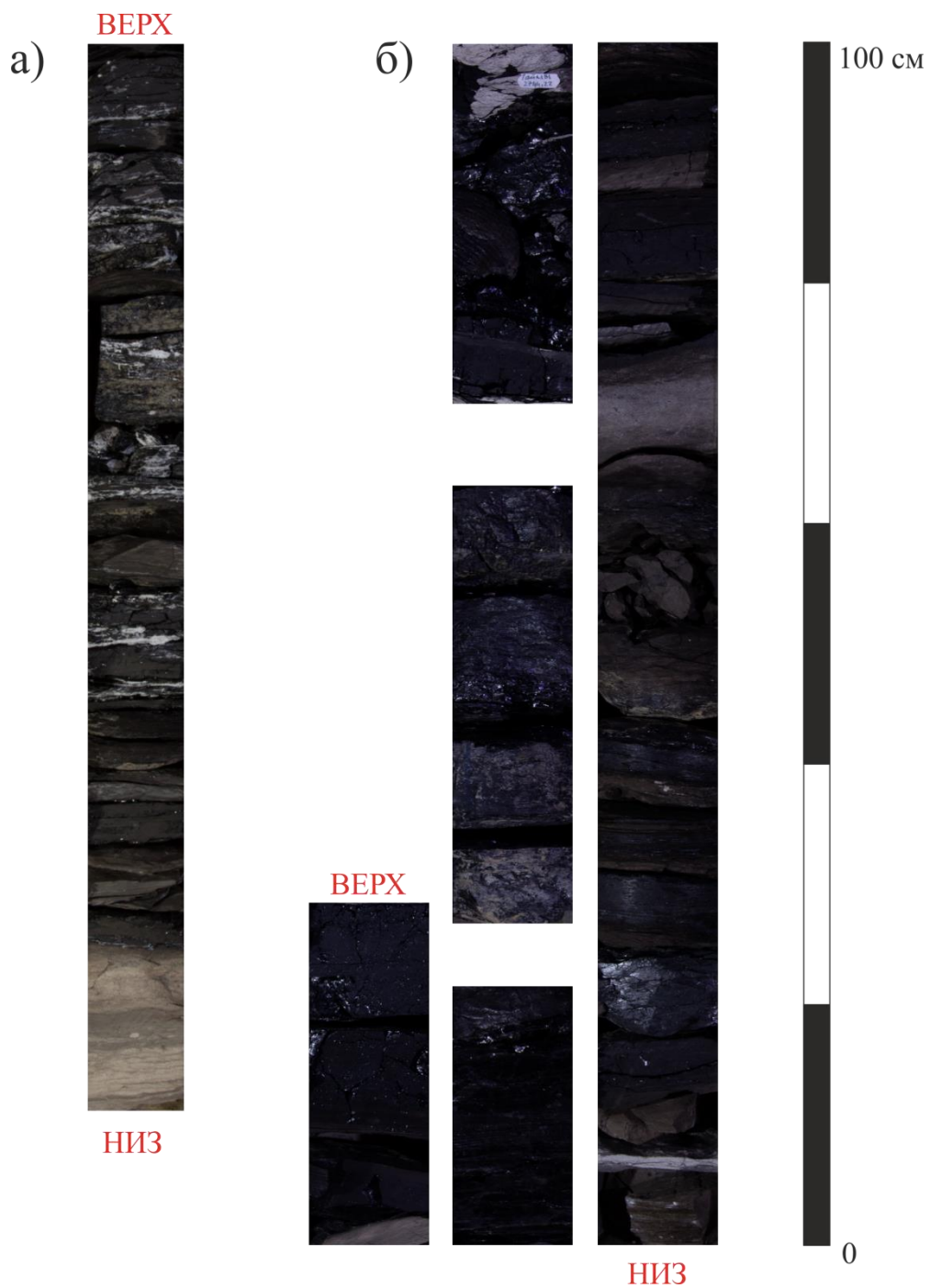


Рисунок 6 Угли типа KG. Пачка У₂: а) керн скв. № 8; б) керн скв. № 7

Комплекс отложений лагуны

Тип ZA

Описание: алевролиты глинистые темно-серые горизонтально слоистые (иногда неотчетливо слоистые), переходящие в аргиллиты черные плитчатые. Характерно обилие как тонкодисперсного, так и крупного углефицированного растительного детрита на межслоевых поверхностях, наличие разноразмерных стяжений сульфидов, углефицированных остатков корней *in situ*, а также большое количество намывов сидерита глинистого. Выделяются два подтипа: ZA-I, для которого характерно

увеличение размерности частиц к кровле слоя, и ZA-II, характеризующийся постепенным уменьшением размера частиц (Рисунок 9).

Интерпретация: осадки накапливались в условиях низкодинамичного мелководья в прибрежной части лагуны. На трансгрессивной фазе (формирование слоя ZA-I) в результате размыва торфяных болот отложения обогащались растительным материалом, а рост динамики среды приводил к постепенному увеличению размерности частиц. В ходе регрессии (формирование слоя ZA-II) в результате падения динамики среды происходило уменьшение размерности частиц. На максимуме регрессии в кровельной части формировались гидроморфные почвы (Рисунок 9 (г)), в следствие чего отложения пронизывались корнями растений и обогащались тонким растительным детритом.

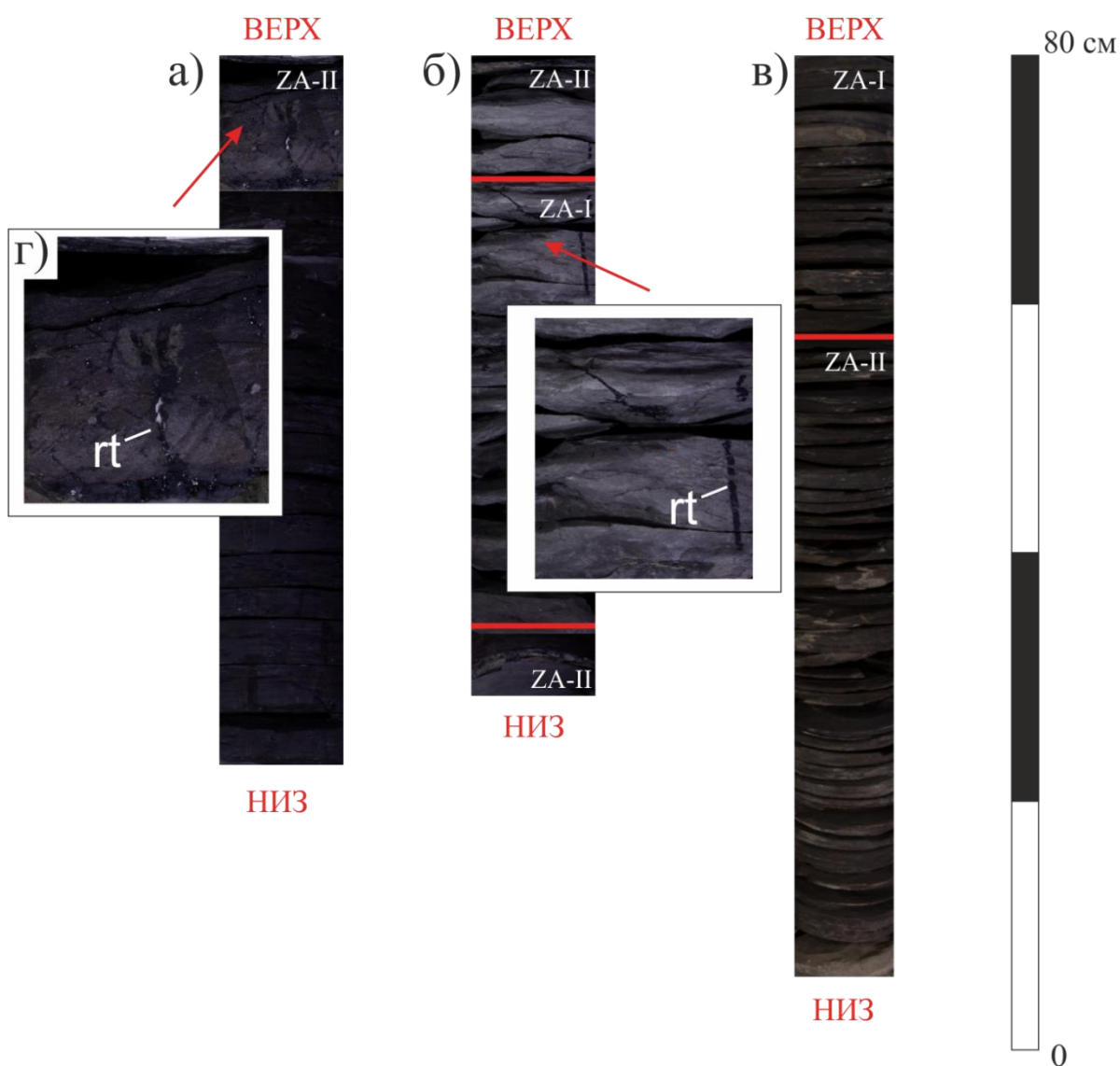


Рисунок 7 Слои типа ZA. а) керн скв. № 10, пласт Ю₂; б) керн скв. № 13 пласт Ю₂; в) скв. № 8, пачка У₂; г) гидроморфная почва в кровельной части слоя ZA-II с углефицированными корнями растений *in situ* (rt)

Тип ZB

Описание: волнистое, линзовидно-полосчатое иногда взмученное чередование алевролитов глинистых и песчаников тонкозернистых. Характерно обилие как тонкодисперсного, так и крупного углефицированного растительного детрита на межслоевых поверхностях, наличие стяжений сульфидов и большое количество намывов сидерита глинистого. Присутствуют единичные крупные (толщина до 5 мм) витринизированные остатки растений. Выделяются два подтипа: ZB-I, для которого характерно увеличение количества и мощности песчаных слойков к кровле слоя, и ZB-II, характеризующийся постепенным уменьшением количества и мощности песчаных прослоев (Рисунок 10).

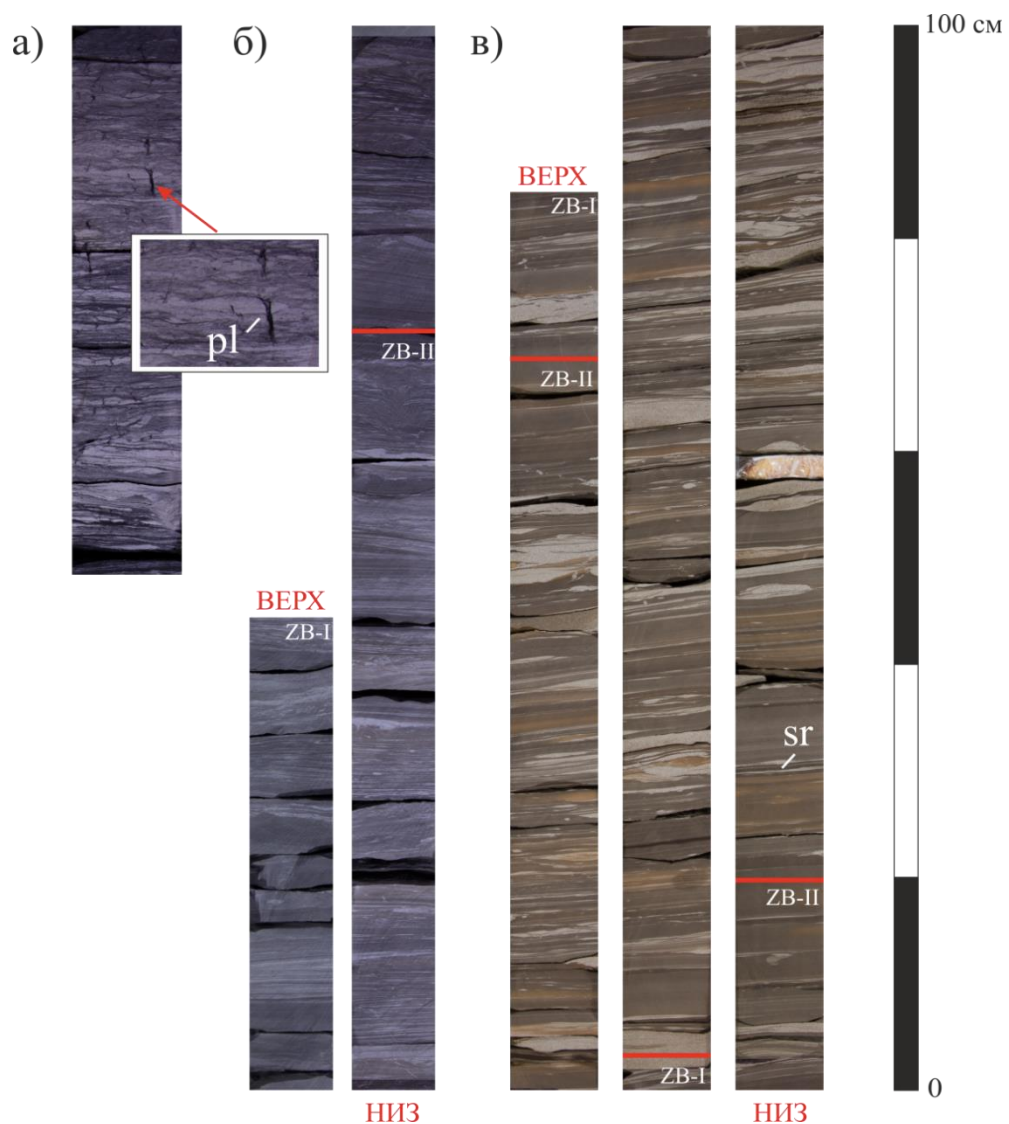


Рисунок 8 Слои типа ZB. Пачка У₂: а) керн скв. № 13; б) керн скв. № 12 ; в) скв. № 2. Sr-намывы глинистого сидерита; pl-крупный растительный детрит

Интерпретация: осадки накапливались в условиях высокодинамичного мелководья в дальней (прибаровой) части лагуны. Накопление песчаных слойков происходило во время штормов, когда волны переваливали через песчаный бар, привнося в лагуну

песчаный материал. На трансгрессивной фазе (формирование слоя ZB-I) происходило постепенное увеличение динамики среды и приближение бара при его миграции к берегу, что отражалось на накоплении все большего количества песчаного материала. Регрессивная фаза (формирование слоя ZB-II) характеризуется обратной ситуацией: количество и мощность песчаных слоев уменьшаются к кровле в связи с миграцией бара в направлении от берега.

Отдельно стоит отметить, что формирование некоторых слоев ZA-I и ZB-I происходило на регрессивной фазе вследствие выдвигания дельты реки. В этом случае увеличение размерности частиц и содержания песчаной фракции связано с формированием продельты. Некоторые слои типов ZA-II и ZB-II образовывались в результате отмирания и затопления дельтовой лопасти в условиях пониженной гидродинамики формирующихся заболоченных дельтовых равнин.

Комплекс отложений эстуария

Тип ZC-I

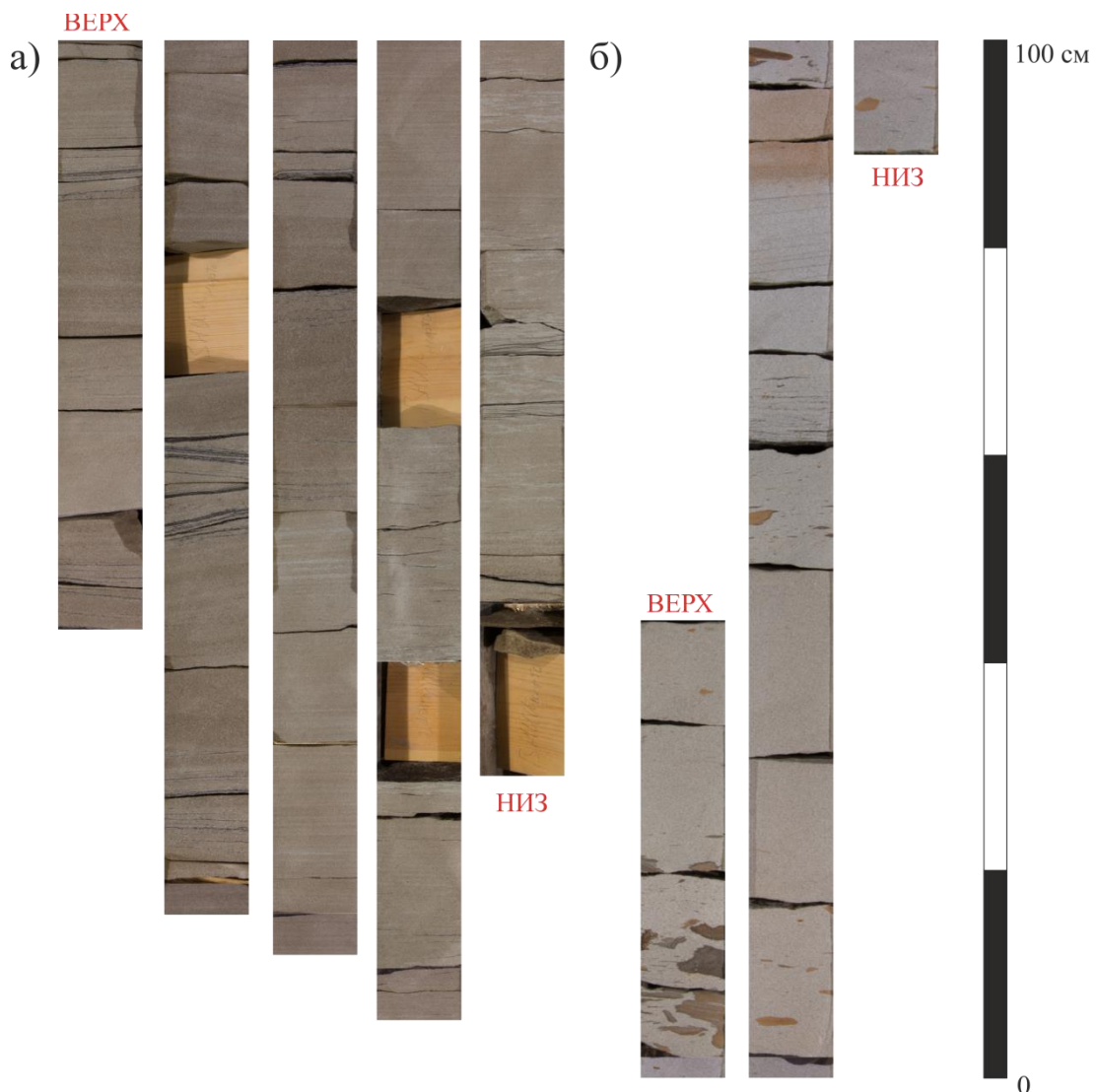


Рисунок 9 Слои типа ZC-I. Пласт Юз; а) керн скв. № 3; б) керн скв. № 8

Описание: псаммитовый слой, представленный песчаниками тонко-мелкозернистыми светло-серыми с косою разнонаправленной слоистостью (иногда волнистой), намечаемой тонкими намывами алевритового и углисто-глинистого материала (Рисунок 11). В средней части слоев наблюдается максимум размерности частиц. В кровельной части песчаник тонкозернистый. Для него характерны обильные намывы и галька сидерита, наличие гальки глинисто-алевритовых пород. На межслоевых поверхностях распространен тонкий углефицированный растительный детрит. Нижний контакт отчетливый эрозионный.

Интерпретация: осадки накапливались в результате формирования эстуария на трансгрессивной фазе осадконакопления в ходе повышения уровня моря и затопления нижних участков речных долин. В верхней части слоя откладываются тонкозернистые песчаники, что вызвано поднятием базиса эрозии и постепенным прекращением речного сноса с одновременной миграцией малоподвижного мелководья лагуны в сторону берега.

Так как для однозначной фациальной интерпретации собственных признаков данного слоя оказывается недостаточно, его выделение возможно только на основе установления генетической взаимосвязи со смежными слоями.

Комплекс отложений дельт изолированного побережья

Тип ЗС-II

Описание: псаммитовый слой с характерным общим увеличением размера зерен от подошвы к кровле (Рисунок 12). Представлен песчаниками светло-серыми от мелкозернистых у подошвы до среднезернистых в кровельной части с косою разнонаправленной, реже волнистой слоистостью, намечаемой тонкими намывами углисто-глинистого и часто сидеретизированного материала. Нижнюю часть слоев составляет глинистый плохо сортированный песчаник с текстурами просадок, взмучивания, оползания и подворота слоев (Рисунок 12 (в)). Присутствуют тонкий углефицированный растительный детрит, галька глинисто-алевритовых пород и сидерита, а также редкие единичные ходы илороющих организмов.

Интерпретация: осадки накапливались на регрессивной фазе при выдвигании подводной части фронта дельты реки в лагуну. Вначале тонкий псаммитовый материал доставлялся потоками с континента в низкодинамичную зону лагуны, где за счет большой скорости седиментации он не успевал сортироваться. Дальнейшее поступление все более крупнозернистых песков сопровождалось обмелением бассейна с заметным влиянием волновых процессов. На финальной фазе формирования могли возникать субаэральные обстановки нижней части дельтовой равнины.

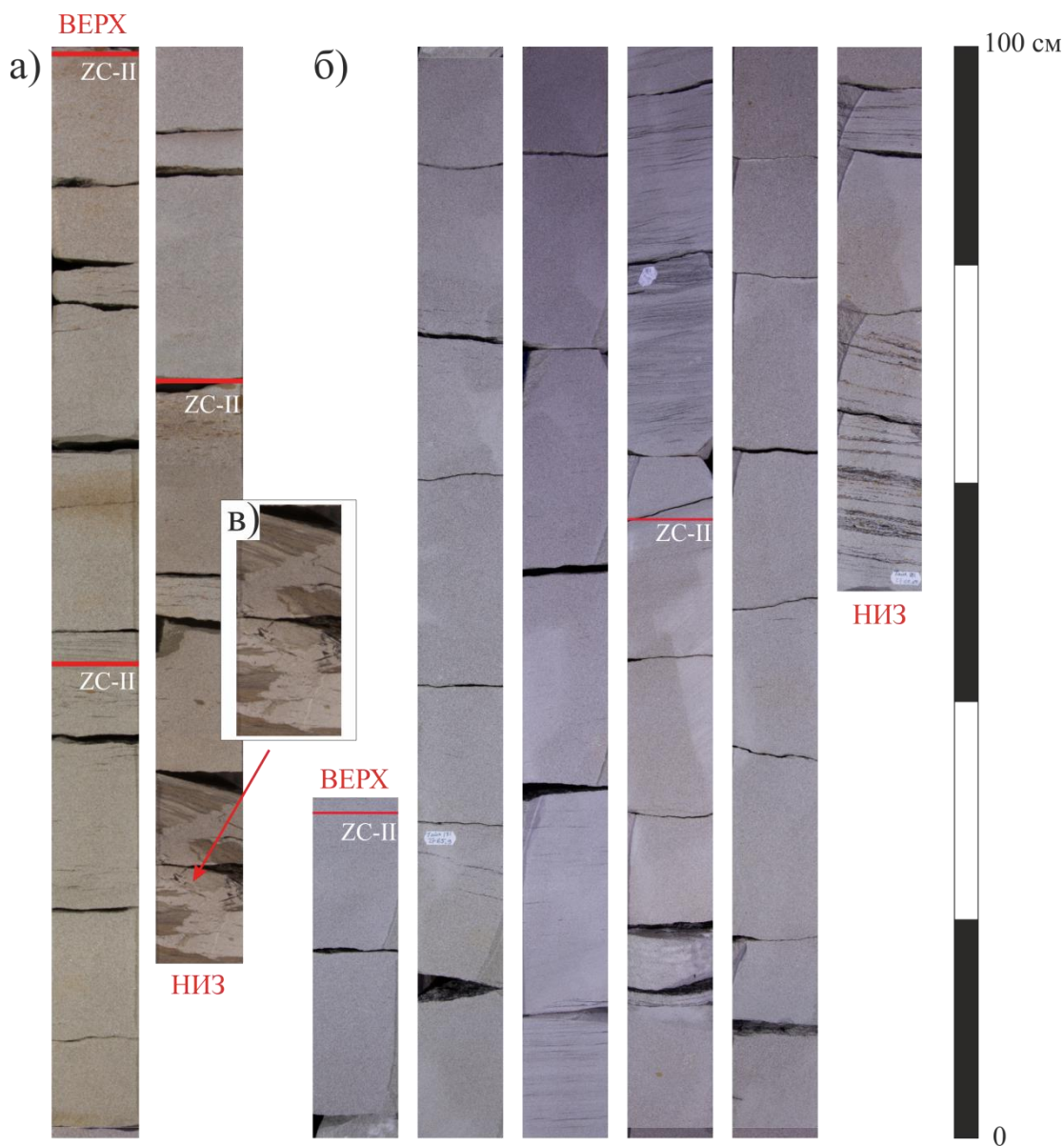


Рисунок 10 Слои типа ZC-II. Пласт Юз: а) керн скв. № 8; б) керн скв. № 7; в) текстуры внедрения и просадок в подошвенной части слоя

Тип ZC-III

Описание: псаммитовый слой с гранулометрическим максимумом у подошвы и минимумом у кровли (Рисунок 13). Нижняя часть представлена песчаником серым крупно-среднезернистым косослоистым с мелкими и средними гальками глинисто-алевритовых пород и сидерита. Выше залегает песчаник мелкозернистый с косой разнонаправленной и волнистой слоистостью, намечаемой намывами глинистого и углистого вещества. Характерны намывы сидерита, тонкий растительный детрит, фрагменты стволов. Нижний контакт слоя отчетливый волнистый со следами размыва.

Интерпретация: осадки накапливались на регрессивной фазе в ходе заполнения промоин и дельтовых протоков. Вначале возникал эрозионный врез. В дальнейшем по мере снижения гидродинамики происходило уменьшение размерности частиц. На

максимуме регрессии прикровельная часть слоя оказывалась в субаэральных или крайне мелководных условиях, где начинали развиваться процессы гидроморфного почвообразования.

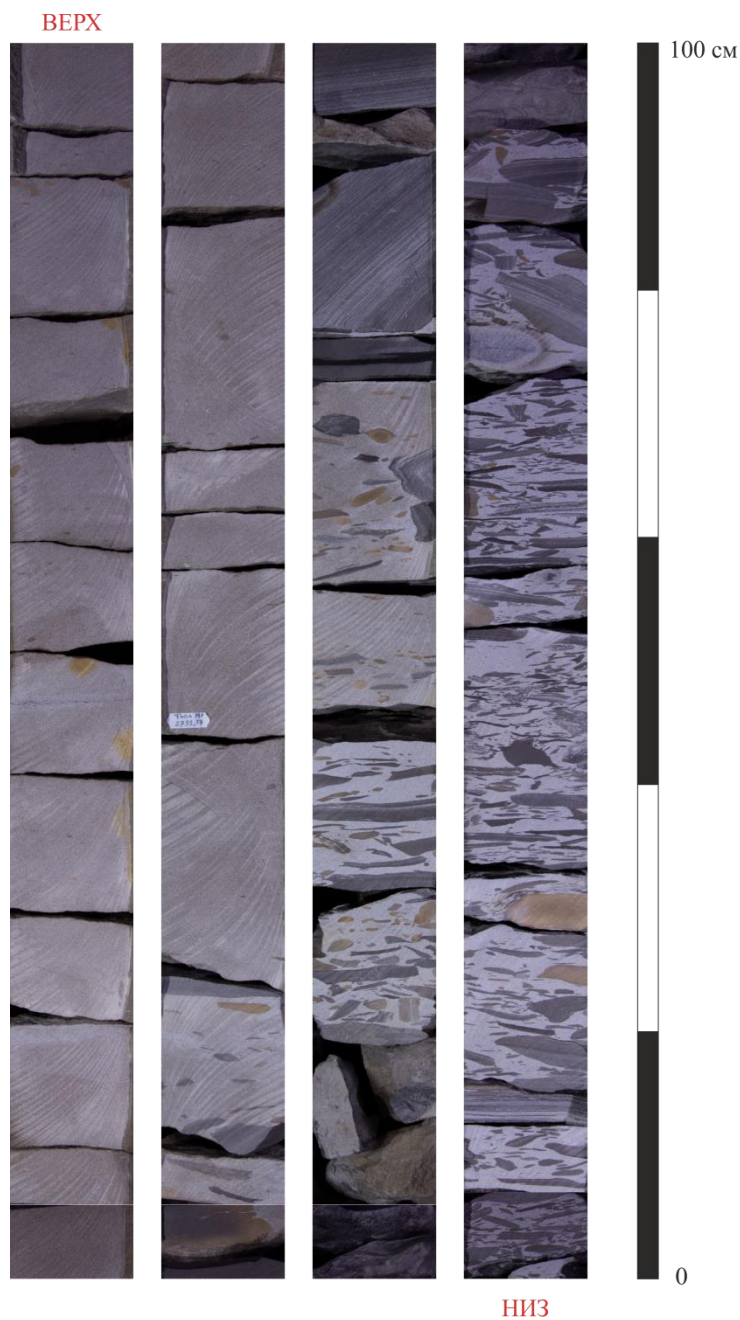


Рисунок 11 Слои типа ZC-III. Пласт Ю₂. Керн скв № 12

Комплекс отложений открытого мелководного шельфа

Тип YC-II

Описание: псаммитовый слой с гранулометрическим максимумом в нижней трети и минимумом у кровли (Рисунок 14). Представлен песчаниками серыми от тонкозернистых в подошве и кровле до среднезернистых в средней части. Намывы сидерита и углисто-глинистых частиц намечают волнистую слоистость. Отличительной чертой слоя является наличие текстур биотурбации и

сидеритизированных ходов илоедов ихнофаций *Cruziana* и *Skolithos*. В выделениях сидерита присутствуют мелкие раковины остракод.

Интерпретация: осадки формировались на трансгрессивной фазе в зоне открытого шельфа. Нижняя часть слоя формировалась в высокодинамичной среде, где происходило быстрое накопление осадочного материала, мобилизуемого из зон, заселенных морским бентосом. Далее скорость седиментации снижалась и материал претерпевал сортировку волнениями. Формирование верхней части слоя, вероятно, протекало в дистальной части шельфа ниже базиса слабых волнений. Здесь в условиях пониженной гидродинамики и дефицита кластического материала накопление осадков практически прекращалось, что создавало благоприятные условия для развития бентосных организмов, перерабатывающих осадок.



Рисунок 12 Слои типа УС-II. Пласт Ю₂⁰ нижней подсвиты васюганской свиты: а) керн скв. № 5; б) керн скв. № 7; в) керн скв. № 10. Ходы илоедов: Sk-рода *Skolithos*; Ch-рода *Chondrites*

Тип УС-III

Описание: псаммитовый слой с гранулометрическим максимумом в средней части (Рисунок 15). Представлен песчаниками серыми тонкозернистыми в подошве и кровле до среднезернистых в средней части. Намывы сидерита и углисто-глинистых частиц намечают волнистую, реже косую разнонаправленную слоистость. В средней части иногда наблюдаются линзовидные скопления гравия и мелкой уплощенной гальки глинисто-алевритовых пород. В кровельной части иногда присутствуют остатки корней *in situ*. На межслоевых поверхностях развит мелкий растительный детрит. Принципиальным отличием от слоев типа УС-II является отсутствие биотурбации.

Интерпретация: осадки накапливались как на трансгрессивной, так и на регрессивной фазе на мелководье под действием волн, которые формировали крупные положительные перемещающиеся формы рельефа, представленные подводными валами и островными барами.

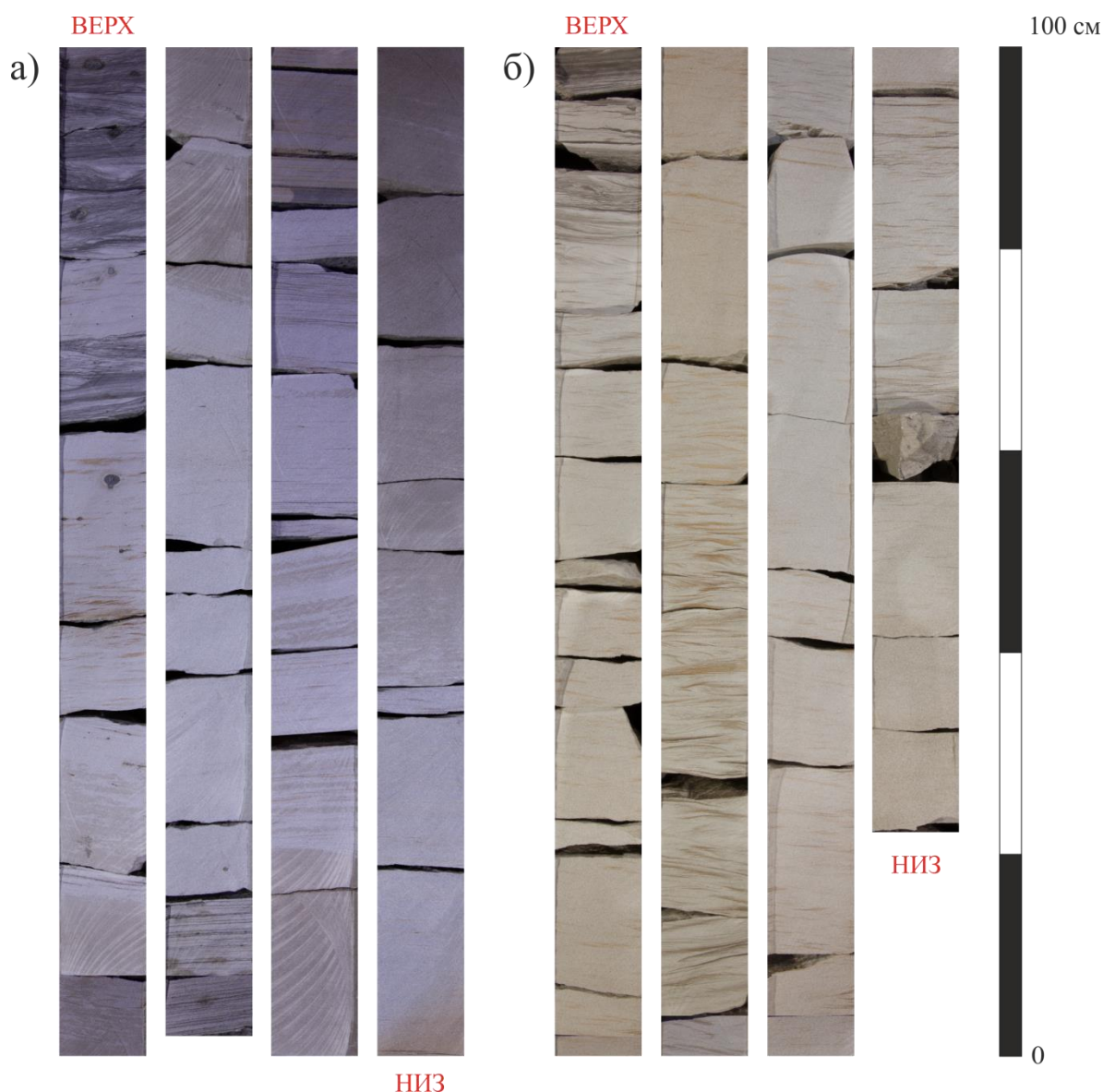


Рисунок 13 Слои типа УС-III. Пласт Ю₂: а) керн скв. № 12; б) керн скв. № 5

Тип УВ-II

Описание: волнистое, линзовидно-полосчатое иногда взмученное чередование алевролитов глинистых и песчаников тонкозернистых (Рисунок 16). Толщина и мощность песчаных слоев уменьшаются к кровле слоя. Характерно наличие мелкого растительного и раковинного детрита, стяжений сульфидов и намывов сидерита глинистого, а также развитие текстур биотурбации и сидеритизированных ходов илоедов рода *Skolithos*.

Интерпретация: осадки накапливались на трансгрессивной фазе в переходной зоне внутреннего шельфа между базисами воздействия нормальных и штормовых волн. Под действием волнений образовывались небольшие перемещающиеся песчаные гряды, между которыми накапливались алевропелитовые осадки. Уменьшение доли песчаных частиц к кровельной части свидетельствует об углублении бассейна и удалении от источников сноса песчаного материала.

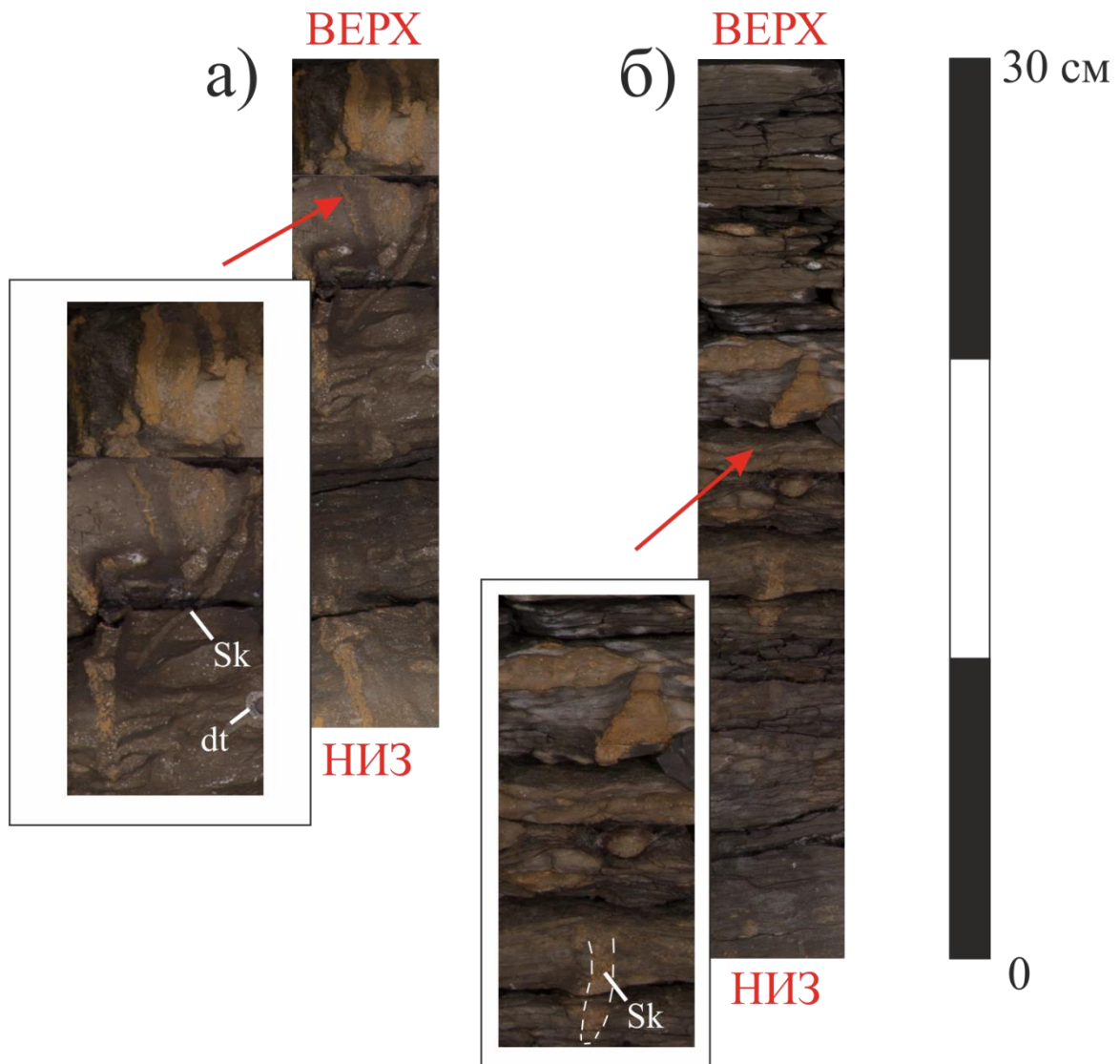


Рисунок 14 Слои типа УВ-II. Пласт Ю₂⁰ нижней подсвиты васюганской свиты: а) керн скв. № 2; б) керн скв. № 3. Sk-ходы илоедов рода *Skolithos*; dt-раковинный детрит

Тип УВ-III

Описание: волнистое, линзовидно-полосчатое иногда взмученное чередование алевролитов глинистых и песчаников тонкозернистых (Рисунок 17). Характерно наличие мелкого растительного детрита и намывов сидерита. Слои располагаются между слоями песчаников и имеют сравнительно небольшую мощность.

Интерпретация: осадки накапливались в межваловых депрессиях, где за счет наличия преграды для волнового воздействия накапливались алевритовые частицы. Лишь во время штормов происходило накопление песчаного материала.

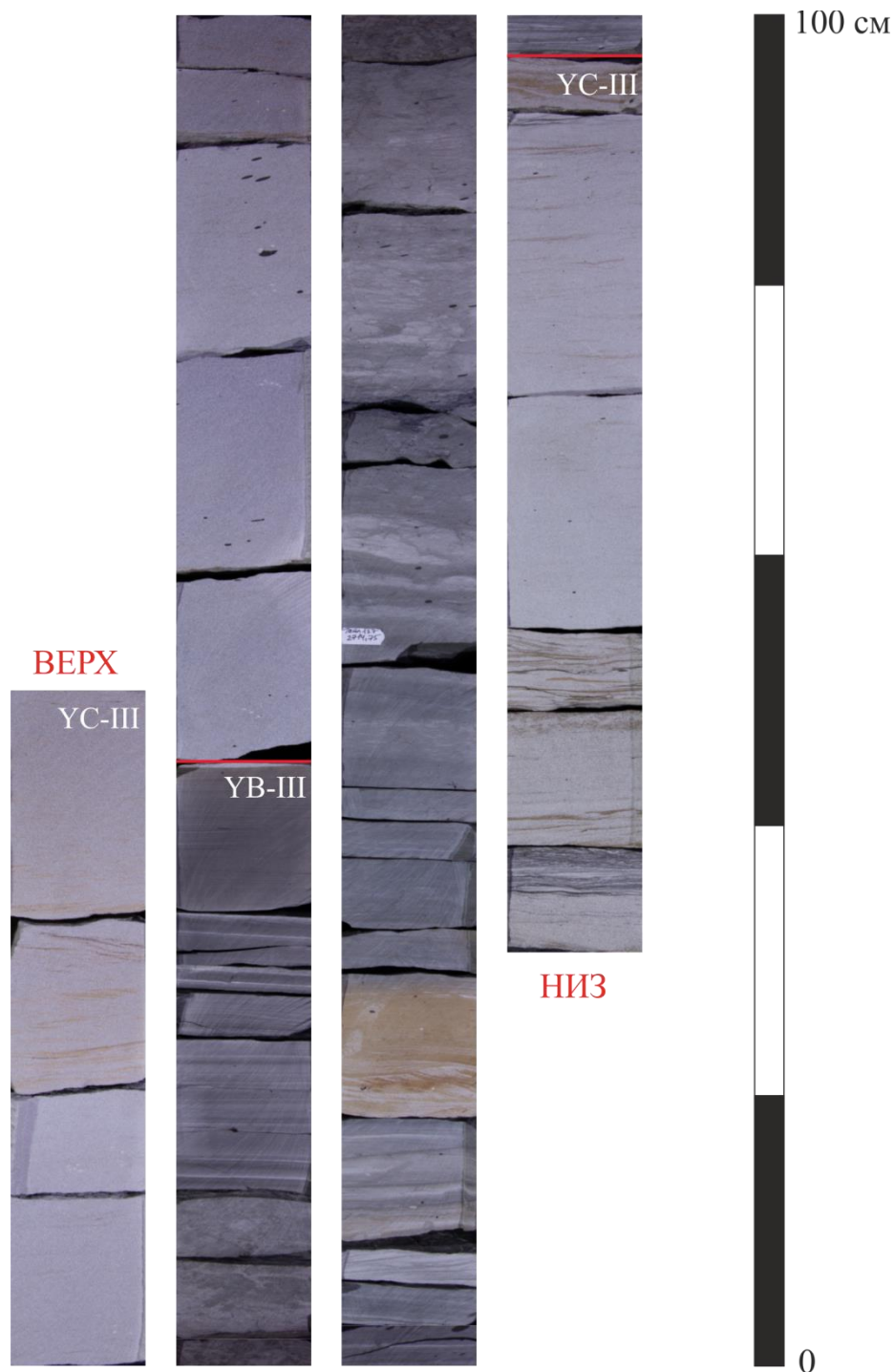


Рисунок 15 Слои типа УВ-III. Пласт Ю₂. Керн скв. №13

Комплекс отложений открытого глубоководного шельфа

Тип ХА

Описание: в подошвенной и кровельной частях алевролиты глинистые темно-серые горизонтально слоистые, переходящие в средней части в аргиллиты черные плитчатые (Рисунок 18). Характерно наличие остатков планктона и нектона, стяжений сульфидов и редких намывов сидерита.

Интерпретация: осадки накапливались при осаждении тонкодисперсных частиц из взвеси в глубоководной части шельфа ниже базиса волнений. Накопление пелитовых частиц в средней части указывает на максимум трансгрессии.



Рисунок 16 Слои типа ХА Нижняя подсвета васюганской свиты а) керн скв. № 5; б) керн скв. № 8. Sf-стяжения сульфидов

8. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЦИКЛОТЕМ И СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

В результате выделения слоев и интерпретации основных процессов, способствующих их формированию, был получен инструмент, позволяющий на основе исследования керна скважин выявлять одномерные (вертикальные) трансгрессивно-регрессивные последовательности слоев — циклотемы. Использование циклотем основано на понятии о седиментационной цикличности (Карогадин, 1980), представляющей собой повторяемость геологических тел различного масштаба в связи с закономерной сменой режимов седиментации в ходе геологического развития территории.

Выделенные циклотемы объединяются в близкие по слоевой структуре группы в соответствии со схожестью геологических процессов и обстановок осадконакопления, в которых они формировались. В данной работе выделено три типа циклотем: эстуария и дельты изолированного побережья, лагуны, открытого шельфа. Далее будет проведено подробное рассмотрение каждой из них.

Циклотемы эстуария и дельты изолированного побережья

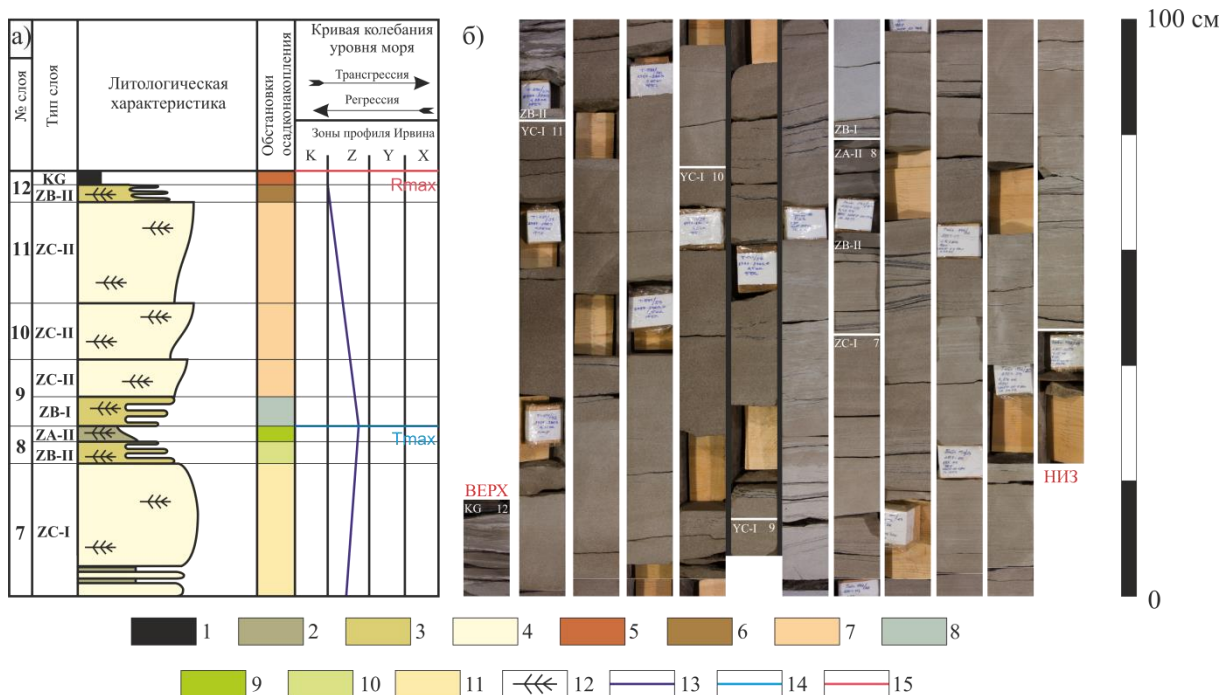


Рисунок 17 Пример циклотемы эстуария и дельты изолированного побережья, выделенной в керне скважины № 3. а) литологическая колонка; б) фотография керна с послойной разбивкой

Условные обозначения: 1 - уголь; 2 - аргиллиты и алевролиты; 3 - чередования аргиллитов, алевролитов и песчаников; 4 - песчаники; обстановки осадконакопления: 5 - торфяное болото; 6 - заболоченная равнина; 7 - фронт дельты; 8 - продельта; 9 - малоподвижное мелководье

лагуны; 10 - подвижное мелководье лагуны; 11 - эстуарий; 12 -растительный детрит; 13 - линия колебания уровня моря; 14 - трансгрессивный максимум; 15 - регрессивный максимум

Наиболее полные циклотемы данного типа описываются структурной формулой **ZC-I → ZB-II → ZA-II → ZB-I → ZC-II → ZC-III → ZB-II → KG**. На Рисунке 19 представлена наиболее полная циклотема эстурия и дельты изолированного побережья (слой типа ZC-III).

В начале трансгрессивной фазы в результате затопления нижних участков речных долин формировался эстуарий (слои типа ZC-I), который при дальнейшем повышении уровня моря перекрывался отложениями лагуны (слои типа ZB-II, ZA-II).

На регрессивной фазе в связи с опусканием базиса эрозии и мобилизацией речного аллювия сначала формировались отложения продельты (слои типа ZB-I и ZA-I), затем они перекрывались песками фронта дельты (слои типа ZC-II). Участки, где существовали промоины и протоки, заполнялись более грубозернистыми отложениями (слои типа ZC-III). В дальнейшем происходило отмирание дельтовых лопастей и заболачивание территории, где на максимуме регрессии образовывались заболоченные равнины (слои типа ZB-II, ZA-II) и торфяные болота (слои типа KG).

Циклотемы лагуны

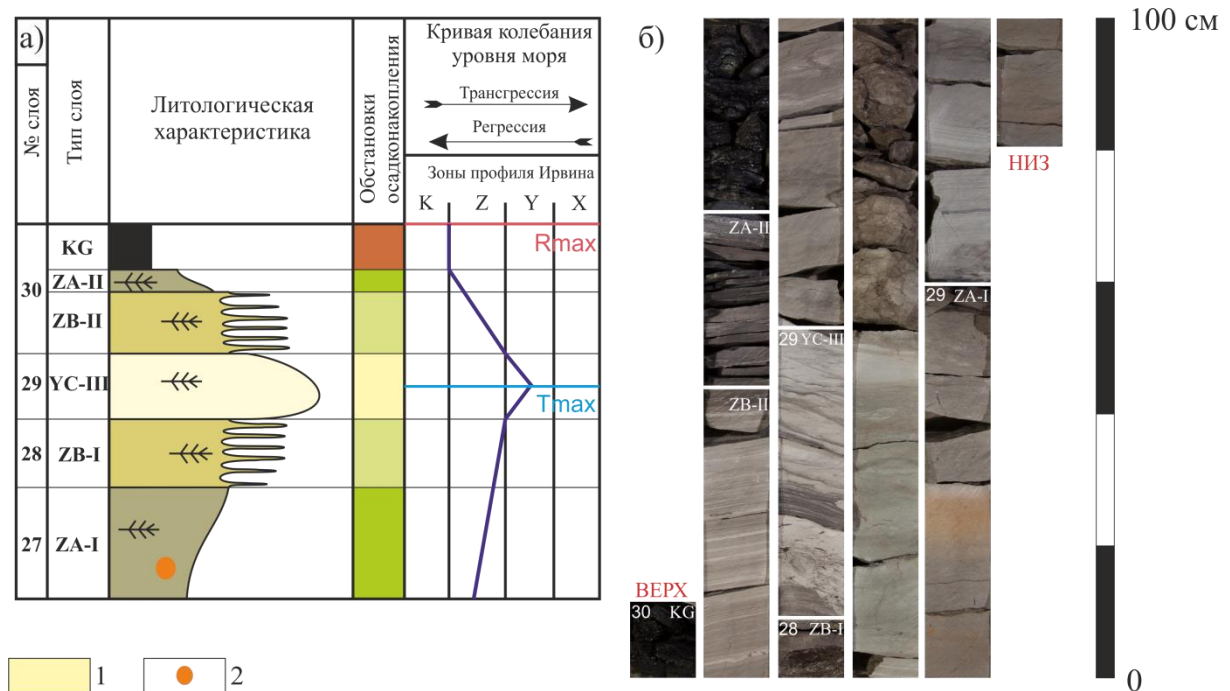


Рисунок 18 Пример циклотемы лагуны, выделенной в керне скважины № 5. а) литологическая колонка; б) фотография керна с послойной разбивкой

Условные обозначения: 1 - обстановки барового поля; 2 - намывы сидерита. Остальные условные обозначения см. на Рисунке 19

Полную последовательность слоев циклотем лагуны отражает идеальная циклотема со структурной формулой: **ZA-I** → **ZB-I** → **YC-III** → **ZB-II** → **ZA-II** → **KG**. Особенностью циклотем лагуны является зеркальная симметрия относительно максимума трансгрессии. Циклотемы лагуны являются самыми распространенными в рассматриваемом керновом материале. Пример наиболее полной циклотемы лагуны представлен на Рисунке 20.

В начале трансгрессии в ходе поступления пелитового и алевритового материала как с прибрежных заболоченных участков, так и со стороны морского бассейна формировался слой ZA-I. При дальнейшем повышении уровня моря в результате увеличения сноса более крупного материала со стороны островного бара начинал формироваться слой ZB-I. На максимуме трансгрессии в результате миграции островного бара в сторону берега отложения типа ZB-I перекрывались псаммитовым слоем YC-III.

На регрессивной фазе происходила обратная ситуация: в результате обмеления бассейна и миграции обстановок в сторону моря отложения островного бара (слой типа YC-III) сменялись более тонкозернистыми отложениями лагуны (слои типа ZB-II, ZA-II). На максимуме регрессии в результате заболачивания территории формировались торфяники, затем в ходе погребения преобразованные в угли типа KG.

Циклотемы открытого шельфа

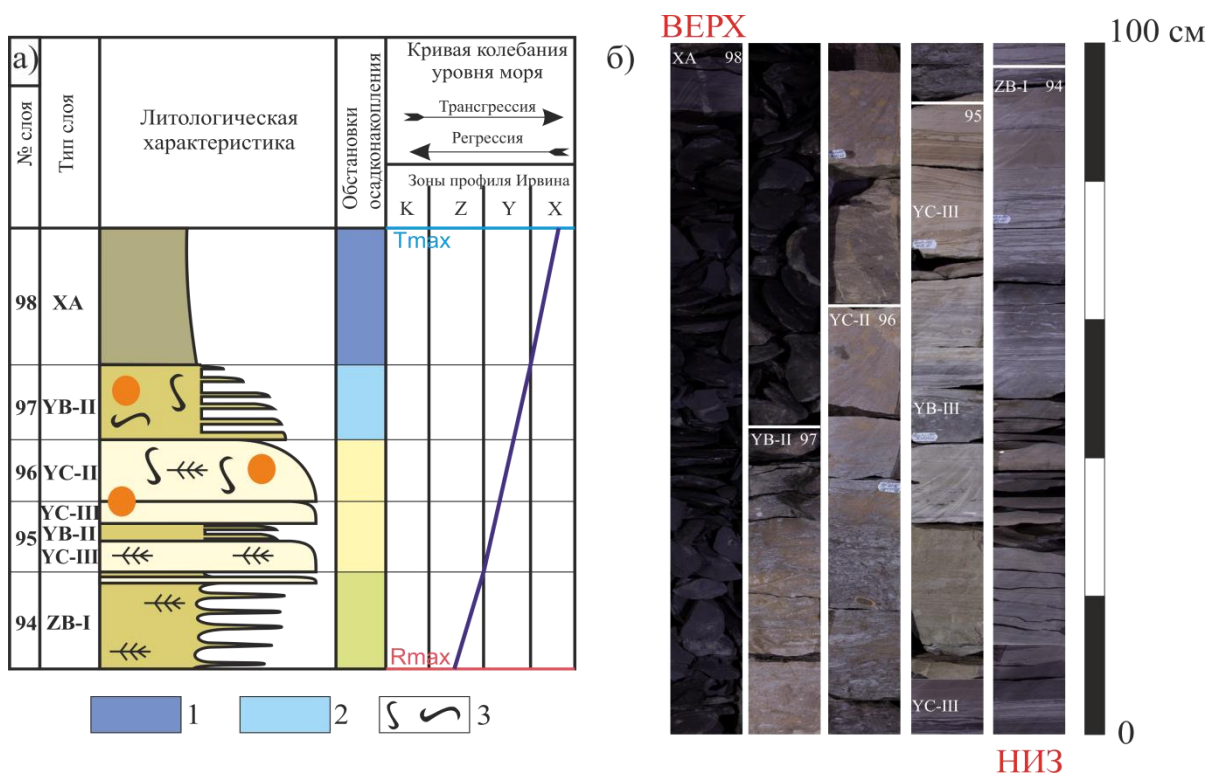


Рисунок 19 Трансгрессивная часть циклотемы открытого шельфа, выделенной в керне скважины №10. а) литологическая колонка; б) фотография керна с послойной разбивкой

Условные обозначения: (1-2) обстановки: 1 - глубоководного шельфа; 2 - “лоскутных песков”; 3 - ходы илоедов. Остальные условные обозначения см. на Рисунках 19 и 20

В данной работе в керновом материале выделяются только трансгрессивные части полной циклотемы, которые описываются следующей структурной формулой: **ZB-I** → **YC-III** → **YB-III** → **YC-II** → **YB-II** → **XA** (Рисунок 21). Регрессивная часть циклотем этого типа в керне не представлена, так как керн большинства скважин заканчивается слоями XA, указывающими на максимум трансгрессии.

Формирование трансгрессивной части циклотем этого типа в рассматриваемом интервале происходило в результате постепенного затопления территории и миграции обстановок осадконакопления в сторону берега. Обстановки лагуны (слои типа ZB-I) сменялись обстановками барового поля (слои типов YC-II, YC-III, YB-III), которые, в свою очередь, перекрывались более глубоководными отложениями зоны “лоскутных песков” (слои типа YB-II). На максимуме трансгрессии происходило накопление тонкодисперсного материала ниже базиса волнений в обстановках глубоководного шельфа (слои типа XA).

9. КОРРЕЛЯЦИЯ

На основе выделенных на предыдущем этапе трансгрессивно-регрессивных циклов (циклотем) была произведена детальная корреляция скважин. Схемы корреляции скважин представлены в приложениях 1 и 2.

Согласно стратиграфии района исследований (Решение..., 2003) рассматриваемый интервал перекрывается глубоководными тонкодисперсными отложениями нижней подсвиты васюганской свиты, представленными глинами аргиллитоподобными темно-серыми (слои типа XA). Отложения данной свиты наблюдаются в скважинах №2, №3, №5, №7, №8, №10 и №13. В остальных скважинах на основе интерпретации данных ГИС был восстановлен разрез до подошвы васюганской свиты. В качестве основного репера были использованы слои типов YC-II и YB-II, лежащие непосредственно под аргиллитами нижней подсвиты васюганской свиты и обладающие высоким содержанием железистых минералов, и, как следствие, характерным минимумом на кривой кажущегося сопротивления потенциал-зонда (PZ).

Выравнивание скважин производилось по верхней изохронной поверхности, представленной максимумом регрессии. В результате корреляции в рассматриваемых скважинах было прослежено 6 полных трансгрессивно-регрессивных циклов.

Дальнейшим этапом стало выделение пластов Ю₃ и Ю₂ на основе литологического состава с увязкой интервалов, не представленных керном, по ГИС. Кровля пласта Ю₃

проведена по подошве глинисто-углистой пачки (пачка У₂). Данная пачка представлена алеврито-глинистыми отложениями с частыми пропластками и пластами углей. Подошва пласта Ю₃, согласно Ф.Г. Гулари, выделяется по кровле «немчиновской» пачки (Гулари и др., 1991), которая в керне не представлена. Мощность пласта в исследуемом интервале варьирует от 11 м в скважине №4 до 33 м в скважине №3.

Кровля горизонта Ю₂, залегающего в кровле тюменской свиты, проведена по подошве залегающей выше васюганской свиты, где многими авторами выделяется маломощный (0,5–1,5 м) базальный пласт Ю₂⁰, представленный слабосортированными сидеритизированными биотурбированными глинисто-алеврито-песчаными породами (слои типов УВ-II, УС-II). Нижняя граница пласта Ю₂ проведена по углям и алевролитам кровельной части пачки У₂. Мощность пласта варьирует от 6,5 м в скважине №1 до 31 м в скважине №12.

10. ЛИТОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОФИЛИ

Для того, чтобы полностью охарактеризовать строение изучаемой территории, циклотем недостаточно, так как они дают представление лишь об одномерном (вертикальном) сечении геологических тел. Для прослеживания латеральной смены обстановок осадконакопления в межскважинном пространстве было построено пять литолого-генетических профилей (приложения 3-7). Литолого-генетические профили строились по линиям, представленным на Рисунке 7.

Построенные профили позволили увидеть следующие характерные особенности изучаемого интервала:

- в разрезе преобладают отложения лагуны;
- широко развиты дельтовые системы;
- каждый разрез венчается отложениями дальней области шельфа, в связи с чем можно полагать, что вся площадь на момент формирования верхней части интервала представляла собой область глубоководного осадконакопления.

11. Эволюция палеогеографической ситуации на момент формирования пластов Ю₃ и Ю₂

Результатом проделанной работы стало построение детальных палеогеографических схем, показывающих основные этапы формирования пластов Ю₃ и Ю₂ верхней подсвиты тюменской свиты (Рисунки 22 и 23).

Пласт Ю₃

Пласт Ю₃ накапливался в течение трех трансгрессивно-регрессивных циклов (I-III) в обстановках переходной зоны (Рисунок 22). На регрессивных фазах формирование пласта происходило в обстановках лагуны, низовых болот и выдвигающейся в северо-

восточном направлении дельтовой системы. От первого трансгрессивно-регрессивного цикла к третьему наблюдается сокращение речного стока, что приводит к уменьшению размеров дельты вплоть до полного ее исчезновения к концу третьего цикла (схема №7 на Рисунке 22).

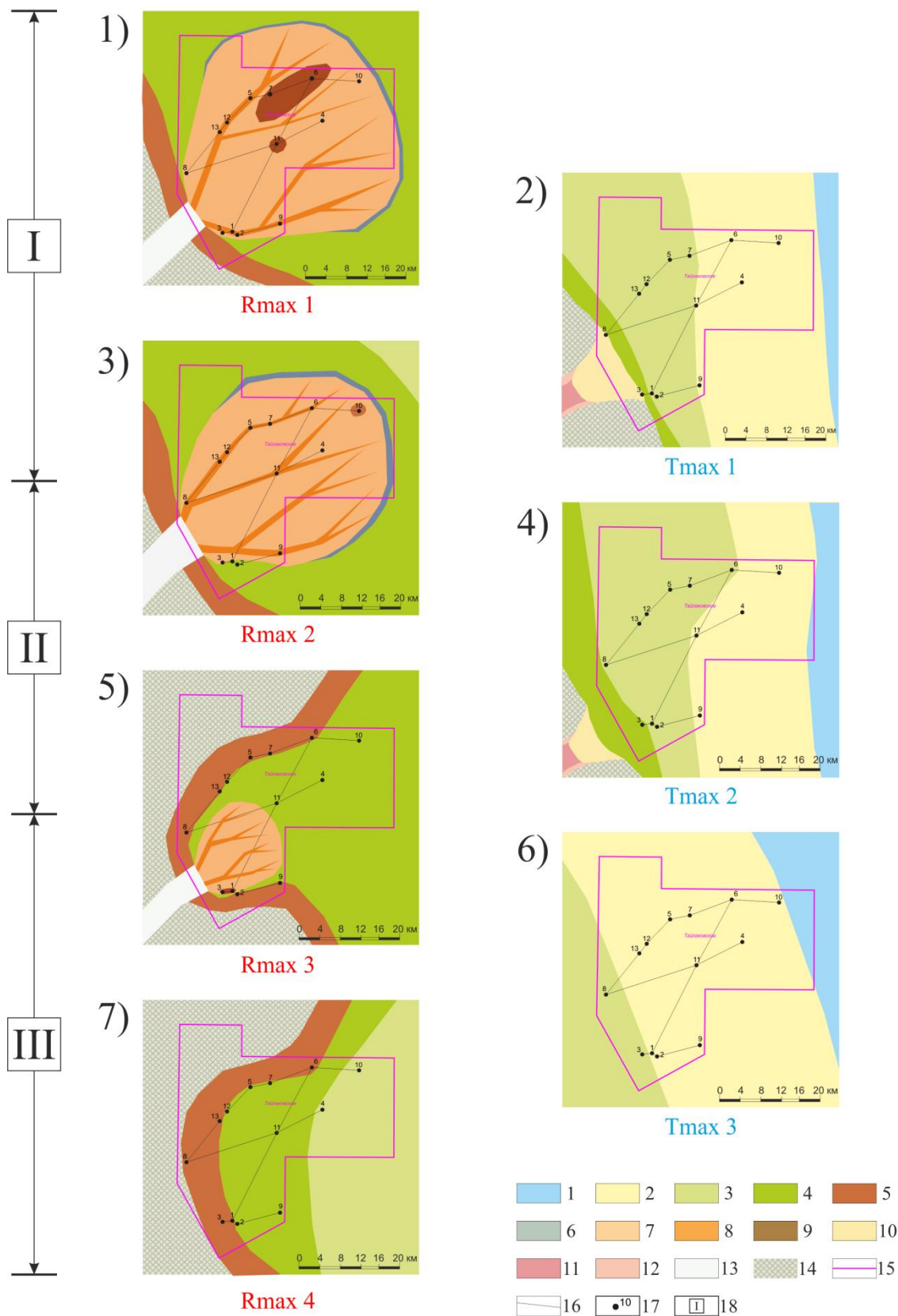


Рисунок 20 Палеогеографические схемы формирования пласта Ю₃

Условные обозначения: обстановки осадконакопления (1-14): 1 - область “лоскутных песков”; 2 - баровое поле; 3 - подвижное мелководье лагуны; 4 - малоподвижное мелководье лагуны; 5 - торфяное болото; 6 - продельта; 7 - фронт дельты/дельтовая равнина; 8 - дельтовая промоина; 9 - заболоченная равнина; 10 - эстуарий; 11 - русло; 12 - пойма; 13 - река; 14 - абрадируемая суша; 15 - граница лицензионного участка, 16 - линии построения литолого-генетических профилей; 17 - скважины и их номера; 18 - номера трансгрессивно-регрессивных циклов

На трансгрессивных фазах в восточной части района исследований формировался островной бар, простирающийся в субмеридиональном направлении, который на трансгрессии третьего цикла (Схема №6 на Рисунке 22) занимал практически всю территорию, представленную ныне Тайлаковским месторождением. На основе использования концептуальной модели обстановок осадконакопления (Шишлов, Дубкова, 2023) был сделан вывод о том, что на трансгрессии первого и второго циклов в юго-западной части рассматриваемой территории формировался эстуарий (отложения эстуария для первого трансгрессивно-регрессивного цикла представлены в керне скважин №3 и №8), а в переуглубленном русле реки накапливался аллювий.

Применение концептуальной модели также позволило спрогнозировать положение абрадируемой суши при отсутствии отложений континентального генезиса в керне скважин. Таким образом, в начале формирования пласта Ю₃ суша, предположительно, находилась лишь на юго-западном крае исследуемой площади, тогда как на завершающем этапе (схема №7 на Рисунке 22) суша занимала уже всю западную часть района исследований.

В интервале между накоплением пластов Ю₃ и Ю₂ формировалась угольная пачка У₂ представленная алевритистым и углистым материалом с маломощными прослоями песчаников.

Пласт Ю₂

Формирование пласта Ю₂ происходило в течение двух трансгрессивно-регрессивных циклов (V и VI) в прибрежно-морских условиях (Рисунок 23). На регрессивных фазах формирование пласта происходило при абсолютном доминировании обстановок лагуны и низовых болот. Лишь на регрессии пятого цикла (Схема №5 на Рисунке 23) в малоподвижное мелководье лагуны выдвинулась дельта реки, привнеся большое количество песчаного материала.

На трансгрессивных фазах в связи с наступлением моря с севера происходила миграция обстановок осадконакопления в сторону континента (на юго-запад). В ходе миграции алеврито-глинистые, местами углистые отложения лагуны сменялись

песчаными отложениями барового комплекса, занимающими восточную и северо-восточную часть площади.

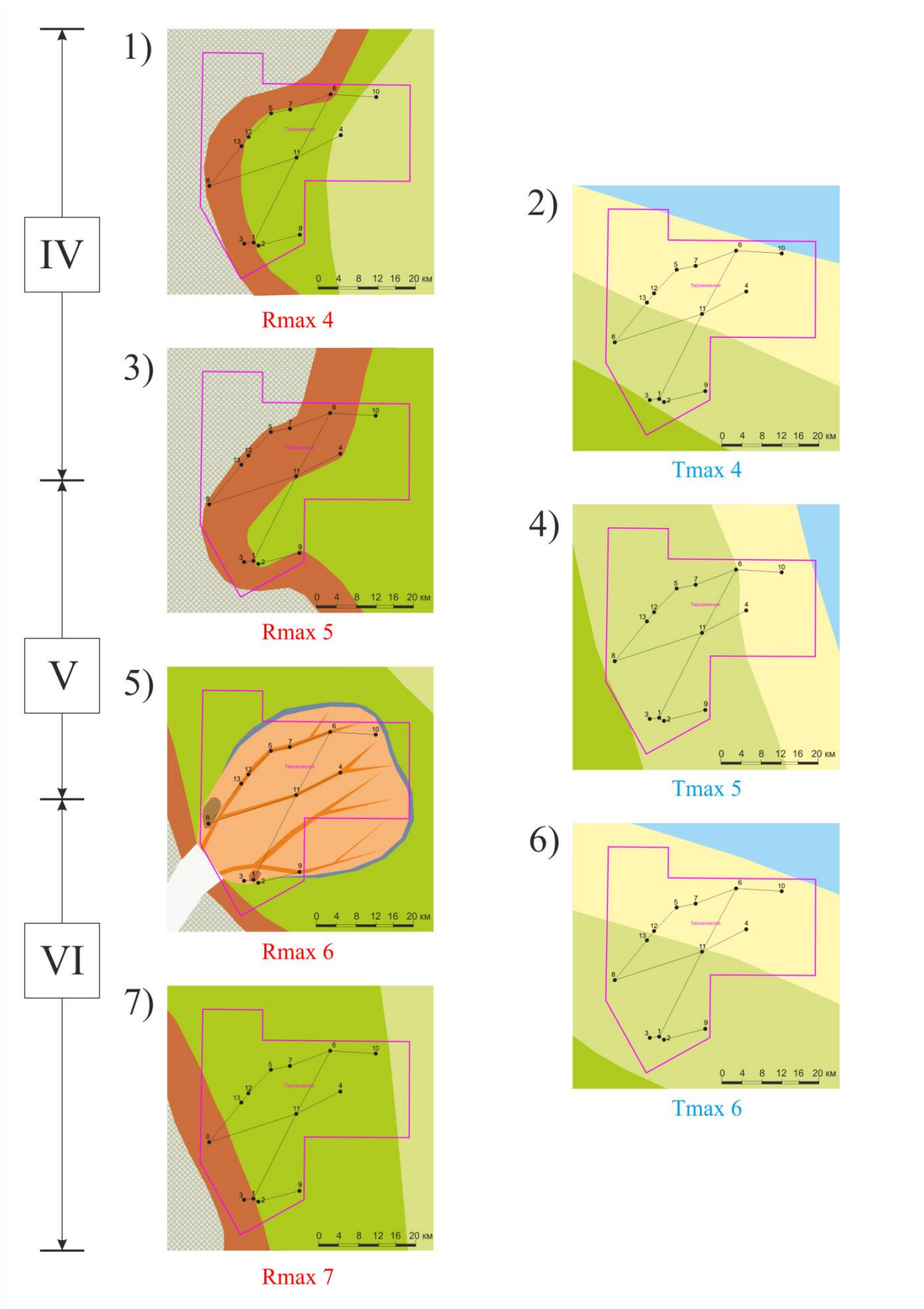


Рисунок 21 Палеогеографические схемы формирования пласта Ю₂ (условные обозначения см. на Рисунке 22)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках настоящей работы было проведено детальное исследование верхней подсвиты тюменской свиты Тайлаковского нефтегазового месторождения с использованием имеющегося фактического материала по тринадцати скважинам, представленного керном и комплексом ГИС.

На основе концептуальной модели обстановок осадконакопления в юрско-раннемеловом эпиконтинентальном бассейне Западной Сибири (Шишлов, Дубкова, 2023) для данной территории были выявлены циклотемы следующих генетических типов: эстуария и дельты изолированного побережья, лагуны, открытого шельфа. В рамках работы впервые для площади Тайлаковского месторождения были выделены трансгрессивно-регрессивные циклы, ставшие основой для детальной корреляции скважин.

Результатом проделанной работы стала реконструкция основных этапов формирования продуктивных пластов Ю₃ и Ю₂ верхней подсвиты тюменской свиты Тайлаковского месторождения. На основе выделенных трансгрессивно-регрессивных циклов было построено пять литолого-генетических профилей и тринадцать детальных палеогеографических схем, показывающих площадное распространение обстановок осадконакопления и отражающих особенности формирования пластов Ю₃ и Ю₂.

Анализ полученных результатов показал, что история формирования отложений верхней подсвиты тюменской свиты Тайлаковского месторождения была сложной. Была получена информация, согласно которой накопление осадков, слагающих исследуемый интервал, происходило в течение шести трансгрессивно-регрессивных циклов в обстановках переходной зоны континент-море. Так, песчаные тела пласта Ю₃ формировались преимущественно на регрессивных фазах в результате многократного выдвижения дельты реки, впадающей в лагуну. На трансгрессивных фазах песчаники пласта Ю₃ накапливались в обстановках вдольбереговых валов, перекрывающих отложения лагуны, и эстуария, формировавшегося на юго-западе исследуемого участка в результате затопления устья впадающей в лагуну реки.

Нижняя часть пласта Ю₂ формировалась преимущественно в обстановках лагуны и торфяных болот, периодически перекрываемых вдольбереговыми валами на трансгрессивных фазах, в то время как накоплению песчаных тел верхней части пласта способствовало выдвижение дельты реки. По сравнению с горизонтом Ю₃, горизонт Ю₂ сложен более тонкозернистыми породами с большой долей алевроитового и углистого материала (особенно в нижней части горизонта).

Полученные результаты, в целом, согласуются с исследованиями Конторовича (Конторович и др., 2013) и Казаненкова (Казаненков, 2021), в работах которых описывается, что формирование верхней подсвиты тюменской свиты происходило в обстановках прибрежной равнины, временами заливавшейся морем. Что касается палеогеографических исследований, проводимых для группы Тайлаковских месторождений (Палеогеографический контроль..., 2019), то выдвинутое авторами предположение о русловом генезисе отложений пласта Ю₃, в данной работе не подтверждается, в то время, как представления о формировании верхней части пласта Ю₂ в обстановках переходного и морского осадконакопления совпадают.

Необходимо отметить, что большое влияние на формирование продуктивных пластов Ю₃ и Ю₂ исследуемой территории оказывали палеогеографические факторы. В связи с этим проведение детальных реконструкций позволяет сформировать четкое представление о морфологии и закономерностях распространения тел-коллекторов в пространстве, а также зон выклинивания и замещения, что, в свою очередь, приводит к возможности более точно прогнозировать положение наиболее перспективных зон для постановки дальнейших поисково-разведочных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

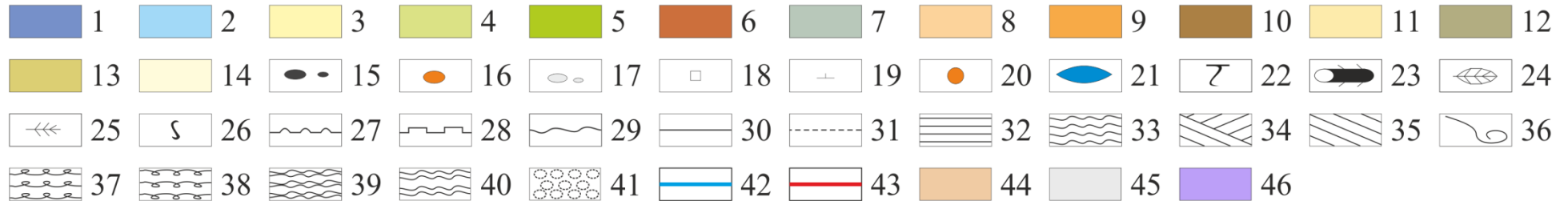
Фондовая литература

1. *Вассоевич Н.Б. Справочник по литологии. М.: Недра, 1983. 509 с*
2. *Гурари Ф.Г., Гавриков В.А., Пустыльников В.А. Продуктивные пласты юры Демьянского района // Геология и нефтегазоносность триас-среднеюрских отложений Западной Сибири. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1991. – С. 32–40.*
3. *Гольберт А.В., Маркова Л.Г., Полякова И.Д., Сакс В.Н., Тесленко Ю.В. Палеоландшафты Западной Сибири в Юре, Мелу и Палеогене. М. “Наука” – 1968 г.*
4. *Денисов В. А., Зылева Л. И., Ковригина Е. К., Козырев В. Е. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Р-42 – Ханты-Мансийск. — СПб.:Картографическая фабрика ВСЕГЕИ – 2011. 343 с. + 12 вкл.*
5. *Иванов А.И. Геологическое обоснование доразведки Тайлаковского месторождения (Тюменская область). Саратов, 2018.*
6. *Исакова Т.Г., Персидская А.С., Хотылев О.В., Коточкова Ю.А., Егорова А.Д., Дьяконова Т.Ф., Мозговой А.С., Чуркина В.В., Козаков С.В., Кожевникова Н.В., Ливаев Р.З., Дручин В.С., Белов Н.В., Калмыков Г.А. Типизация отложений тюменской свиты по степени гидродинамической активности условий осадконакопления при создании петрофизической модели и дифференцированной интерпретации геофизических исследований скважин // Георесурсы, т. 24 №2 – 2022. с. 172–185.*
7. *Казаненков В.А., Ян П.А., Вакуленко Л.Г., Попов А.Ю. Палеогеографический контроль нефтеносности мальшевского горизонта группы Тайлаковских месторождений (Западная Сибирь) // Геология нефти и газа. – 2019. – № 3. – С. 115–126.*
8. *Казаненков В.А. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в позднем байосе - бате.// Геология и геофизика, т. 62 №8 – 2022. с. 1172–1187.*
9. *Каламкарров Л. В. Нефтегазоносные провинции и области России и сопредельных стран. Издание второе, исправленное и дополненное. Изд. “Нефть и газ” РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. Москва – 2005. 570 с.*
10. *Карогодин Ю. Н. Седиментационная цикличность. М.: "Недра", 1980. 242 с.*
11. *Конторович А.Э., Конторович В.А. и др. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде // Геология и геофизика, 2013, т. 54, № 8, с. 972–1012.*
12. *Михальчук Ф.Е. Опубликованные Фондовые материалы за 2007 г. ОАО «Славнефть-Мегоннефтегаз» по Тайлаковскому месторождению.*

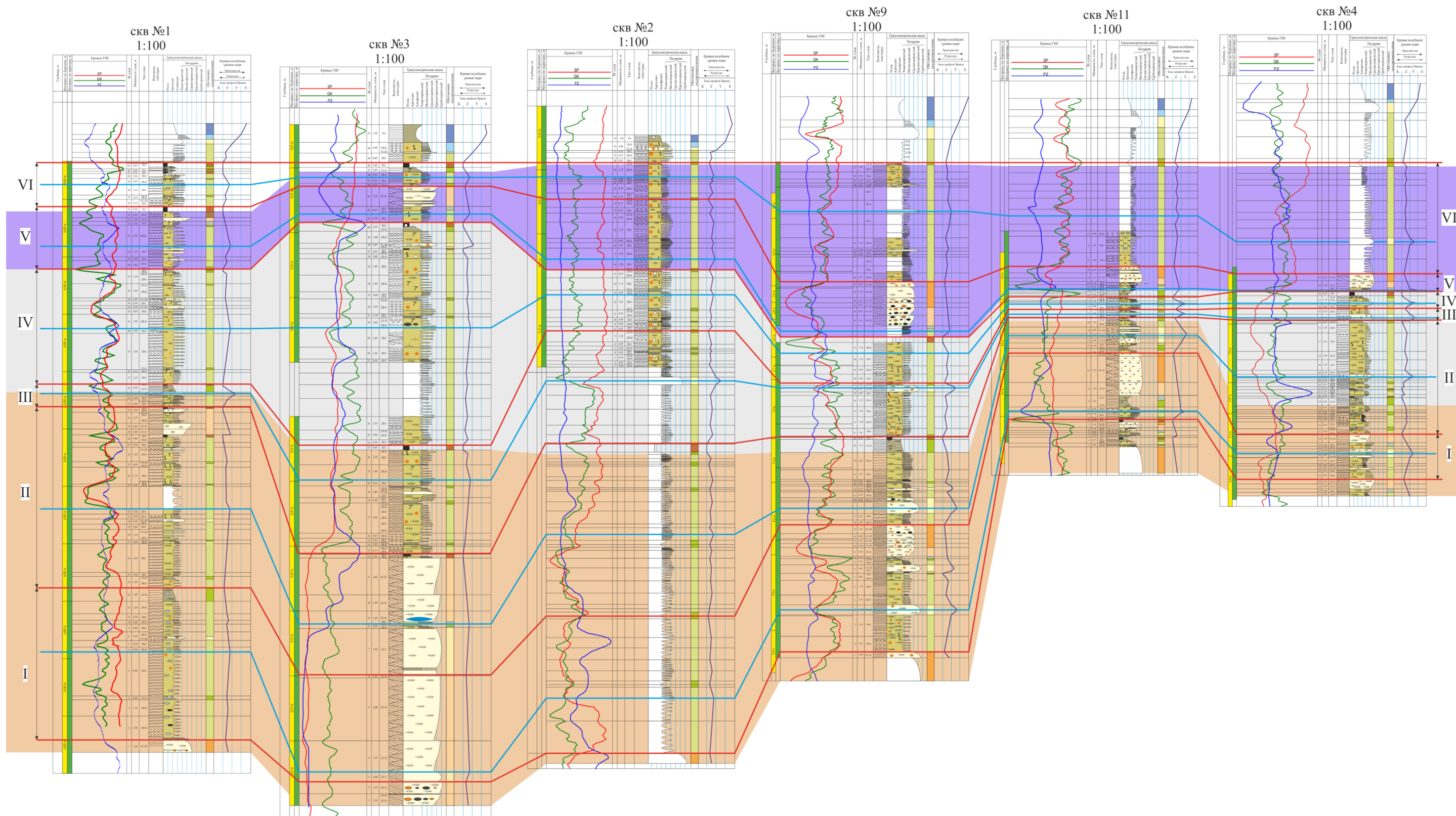
13. Муромцев В. С. *Электрометрическая геология песчаных тел литологических ловушек нефти и газа [Книга]. - Л. : Недра, 1984. - стр. 259.*
14. *Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003 г. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. – 114 с.*
15. Сердюк З.Я. *Прогноз зон распространения коллекторов в юрских и палеозойских отложениях в пределах южных нефтегазоносных районов Тюменской области» Новосибирск, 1992.*
16. Ханин А.А. *Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. Недра, 1969. 368 с.*
17. Хафизов С.Ф. *Перспективы нефтегазоносности южных районов Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна (НГБ) в связи с прогнозом залежей углеводородов в неструктурных ловушках в палеозойско-мезозойских отложениях: Дис ... д-ра геол.-минерал. наук: Хафизов С.Ф. – Санкт - Петербург – 2003, – 52 с.*
18. Шиманский В. В., Низяева И. С., Танинская Н. В., Колпенская Н. Н., Васильев Н. Я., Мясникова М. А., Зельцер В. Н. *Седиментационная модель нефтегазоносных отложений васюганской свиты северо-восточной части Широкого Приобья [Статья] // Геология нефти и газа. - 2017 г.. - №5. - стр. 21-30.*
19. Шиманский В.В., Танинская Н.В., Низяева И.С., Колпенская Н.Н., Васильев Н.Я., Шиманский С.В., Мясникова М.А., Зельцер В.Н., Нугуманова А.А., Грислина М.Н. *Палеогеографические реконструкции юрских отложений Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2024. - Т.19.- №1.*
20. Шишилов С. Б. *Структурно-генетический анализ осадочных формаций / С. Б. Шишилов. – СПб.: С.-Петерб. горн. ин-т; ЛЕМА, 2010. – 276 с.*
21. Шишилов С.Б., Дубкова К.А. *Обстановки осадконакопления и генетические типы циклотем юры – нижнего мела Западной Сибири. // Литогенез и минерация осадочных комплексов докембрия и фанерозоя Евразии. Материалы X Международного совещания по литологии (г. Воронеж, ВГУ, 18–23 сентября 2023 г). / Воронеж, 2023. С. 501–505.*
22. Шпильман В.И, Змановский Н.И., Подсосова Л.Л. *Тектоническая карта центральной части Западно-Сибирской плиты [Карты]. Изд. НАЦ РН ХМАО, Тюмень – 1998.*
23. Irwin M. L. *General theory of epeiric clear water sedimentation // Bull. Amer. Ass. petrol. Geol. 1965. N 49. P. 445–459*

ПРИЛОЖЕНИЯ

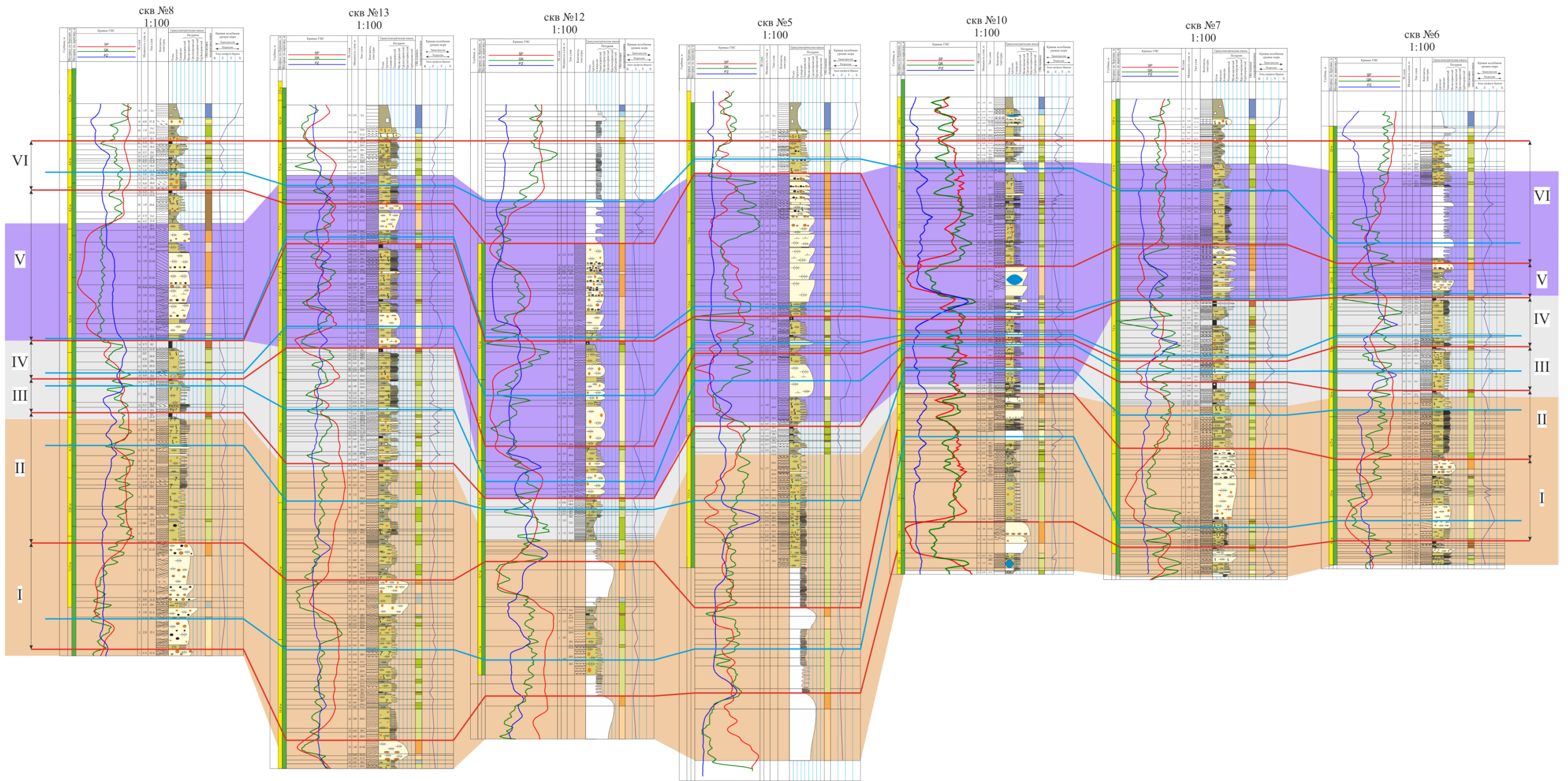
Далее приводятся условные обозначения к Приложениям 1-7:



*Обстановки осадконакопления (1-11): 1 – дальняя область шельфа; 2 – область “лоскутных песков”; 3 – баровое поле; 4 – подвижное мелководье лагуны; 5 – малоподвижное мелководье лагуны; 6 – торфяное болото; 7 – продельта; 8 – фронт дельты; 9 – дельтовая промоина/протока; 10 - заболоченная равнина; 11 – эстуарий; породы (12-14): 12 – аргиллиты и алевролиты; 13 – чередования аргиллитов, алевролитов и песчаников; 14 – песчаники; включения и новообразования (15-21): 15 – галька и гравий глинисто-алевритовых пород; 16 – галька и гравий сидерита; 17 – галька и гравий экзотических пород; 18 – выделения сульфидов; 19 – известковистость; 20 – выделения сидерита; 21 – кальцитовые конкреции; органические остатки (22-25): 22 – корневые системы *in situ*; 23 – фрагменты стволов наземных растений; 24 – листья и стебли наземных растений; 25 – растительный детрит; 26 – ходы илоедов; межслоевые поверхности (27-31): 27 – бугристая; 28 – неровная с просадками; 29 – волнистая; 30 – горизонтальная; 31 – постепенный переход; текстуры (32-41): 32 – горизонтальная слоичатость; 33 – волнистая слоичатость; 34 – косая разнонаправленная слоичатость; 35 – косая однонаправленная слоичатость; 36 – текстуры оползания; 37 – текстуры биотурбации; 38 – текстуры взмучивания и оползания; 39 – линзовидно-полосчатое чередование слоёв; 40 – волнистое чередование слоёв; 41 – комковатая текстура; 42 – трансгрессивный максимум; 43 – регрессивный максимум; 44 – пласт Ю₃; 45 – пачка У₂; 46 – пласт Ю₂.*



Приложение 1 Схема корреляции скважин 1-3-2-9-11-4



Приложение 2 Схема корреляции скважин 8-13-12-5-10-7-6

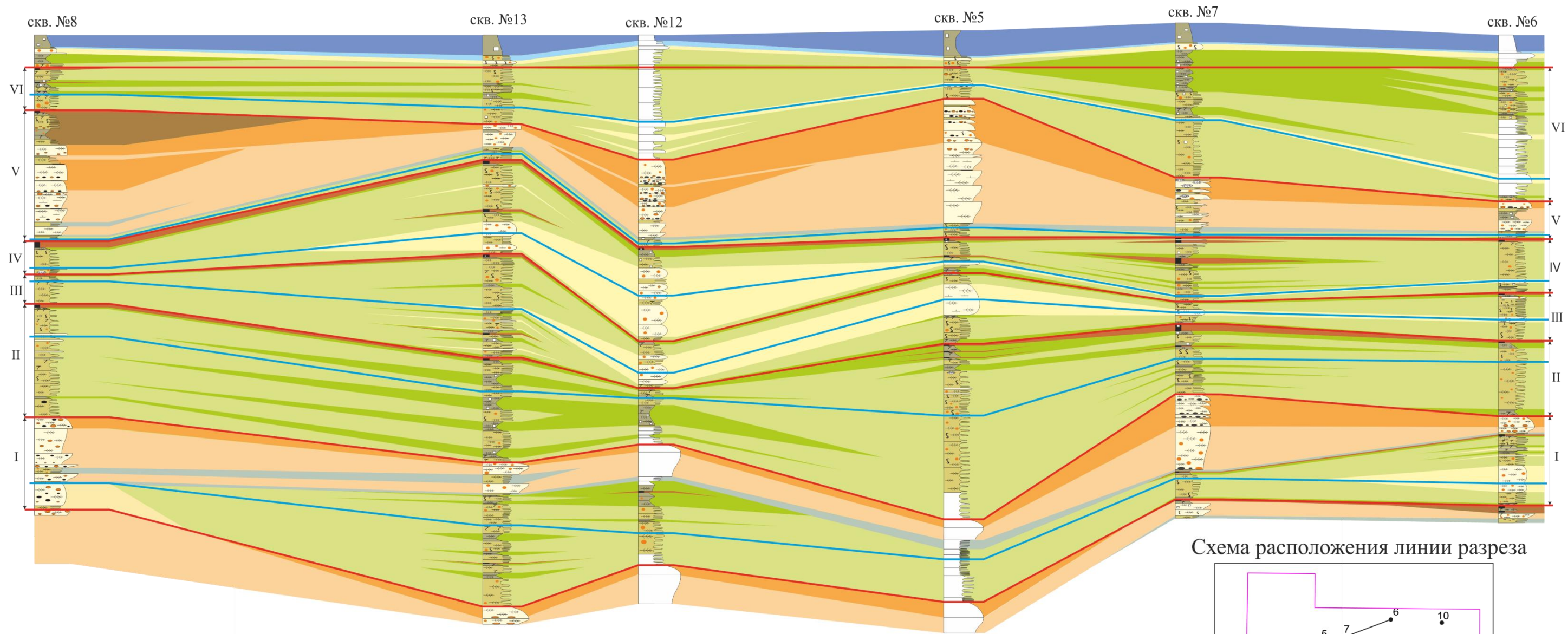
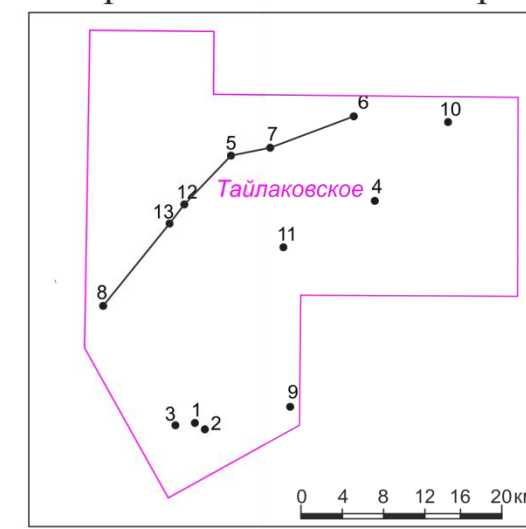


Схема расположения линии разреза



Приложение 3 Литолого-генетический профиль по линии, проходящей через скважины 8-13-12-5-7-6

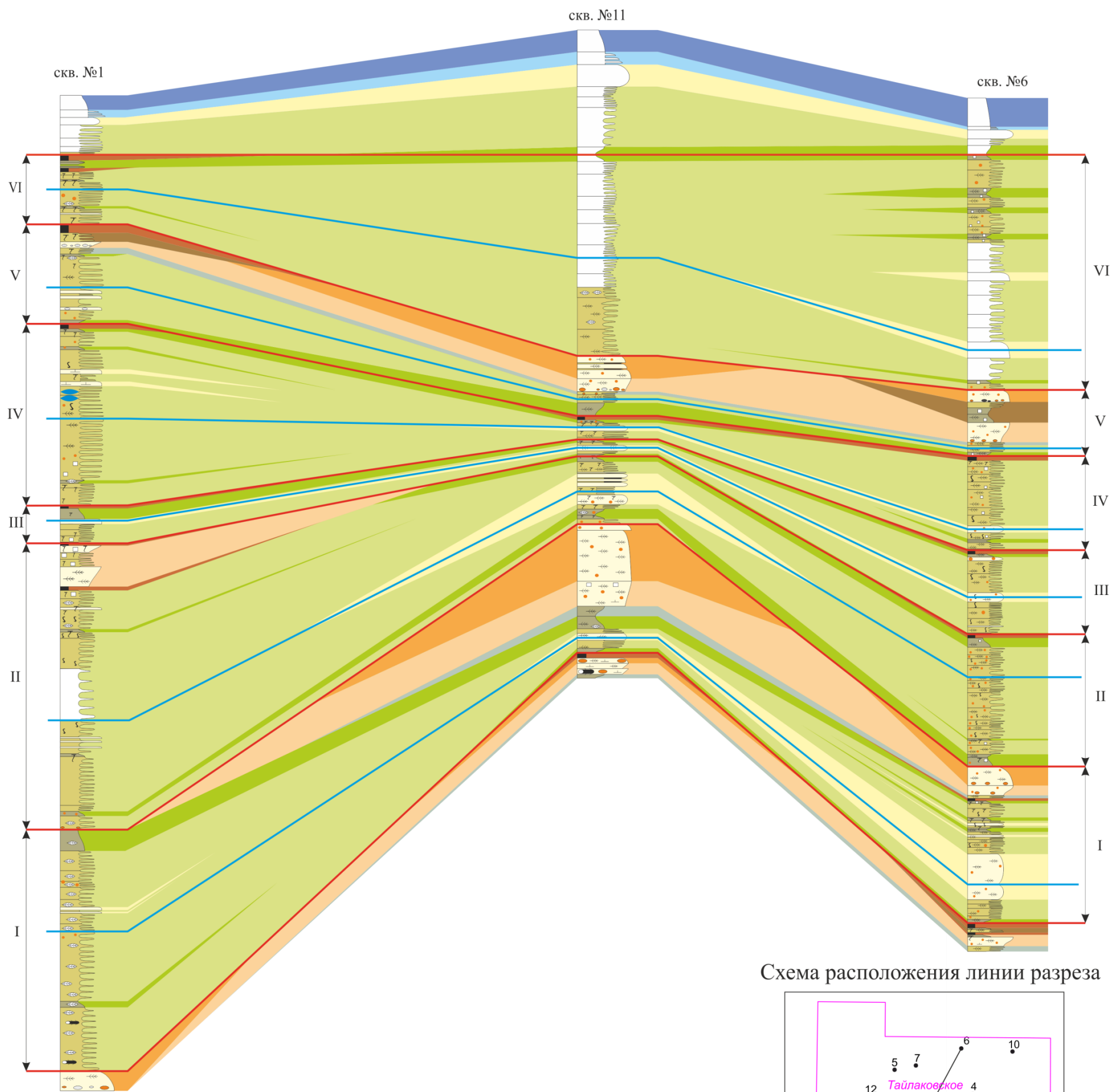
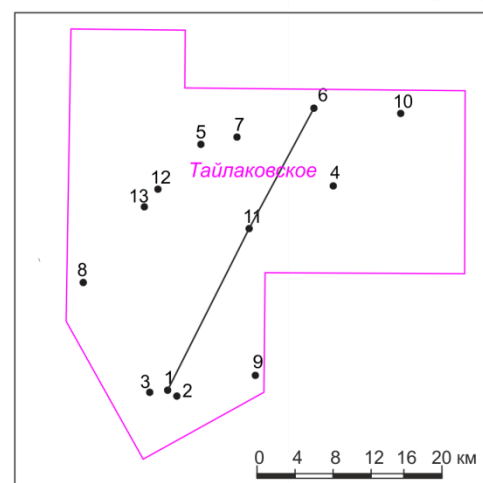
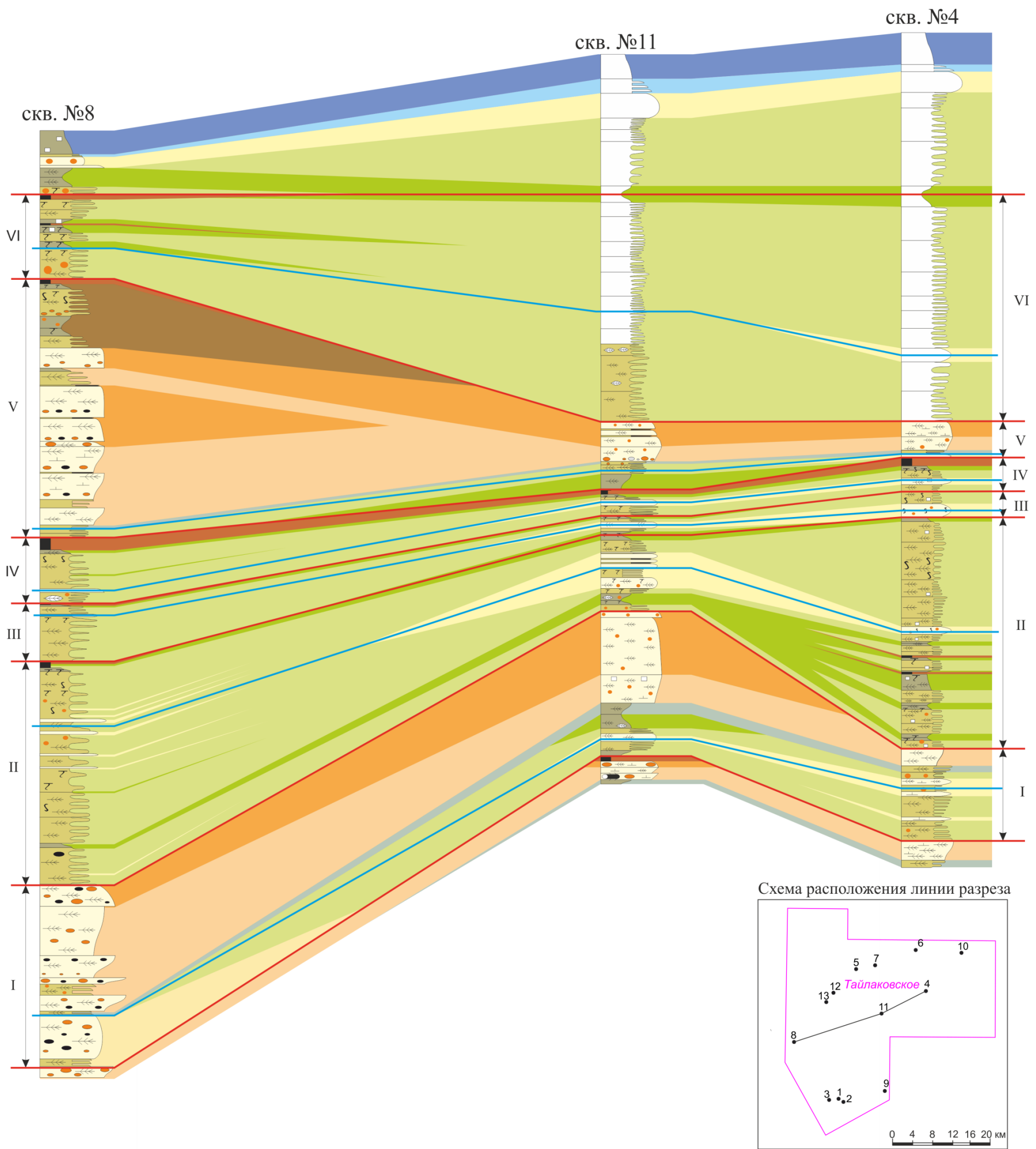


Схема расположения линии разреза



Приложение 4 Литолого-генетический профиль по линии, проходящей через скважины 1-11-6



Приложение 5 Литолого-генетический профиль по линии, проходящей через скважины 8-11-4

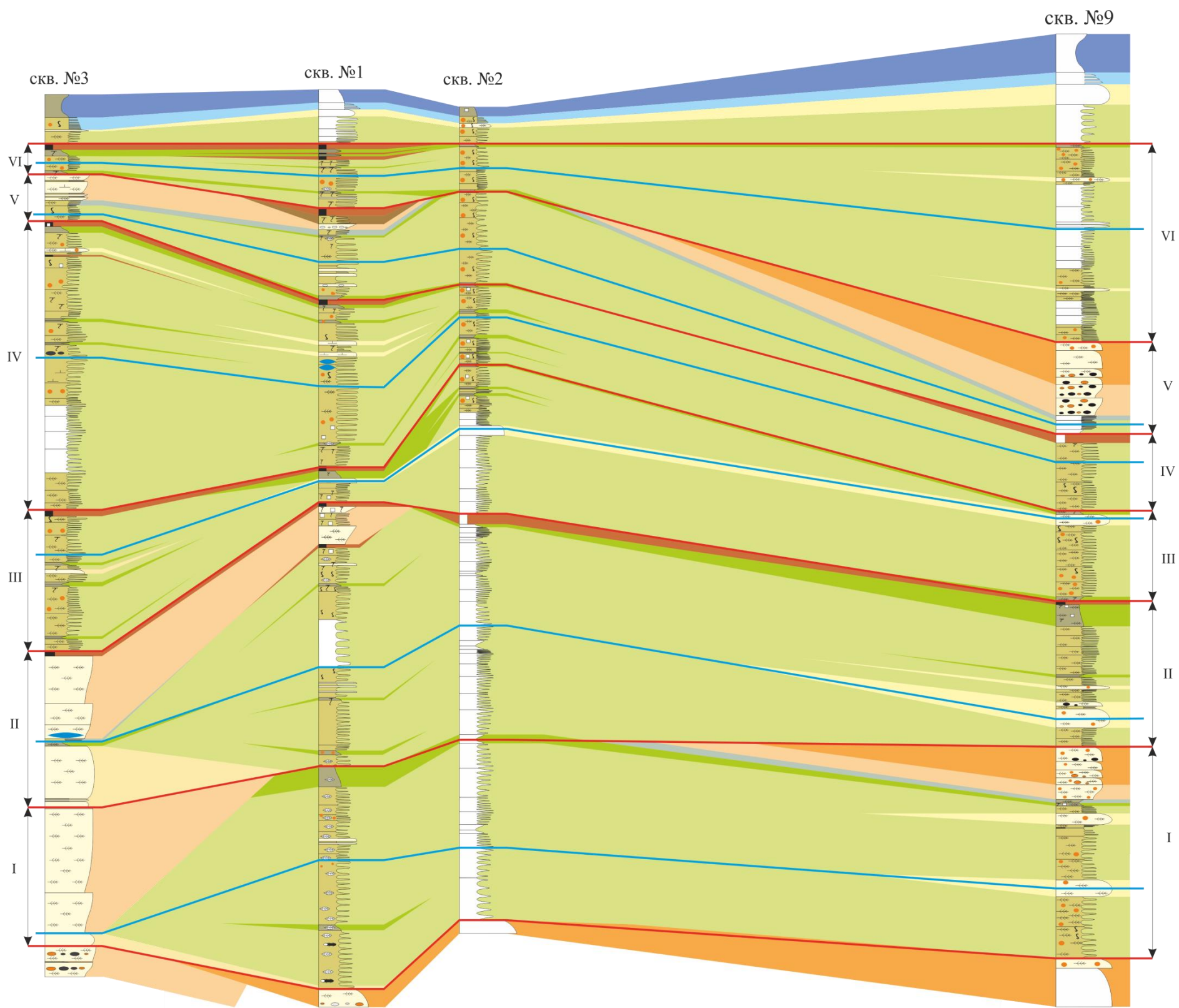
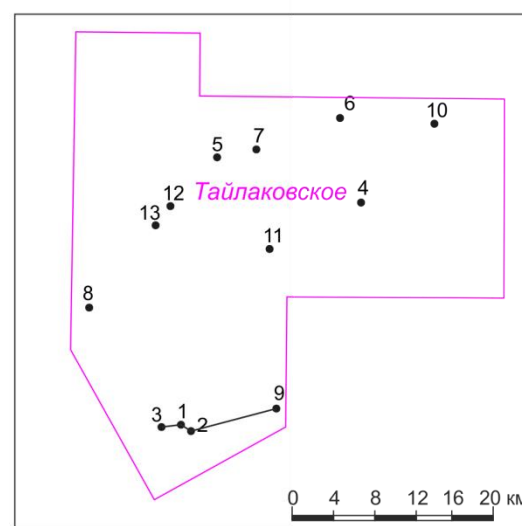


Схема расположения линии разреза



Приложение 6 Литолого-генетический профиль по линии, проходящей через скважины 3-1-2-9

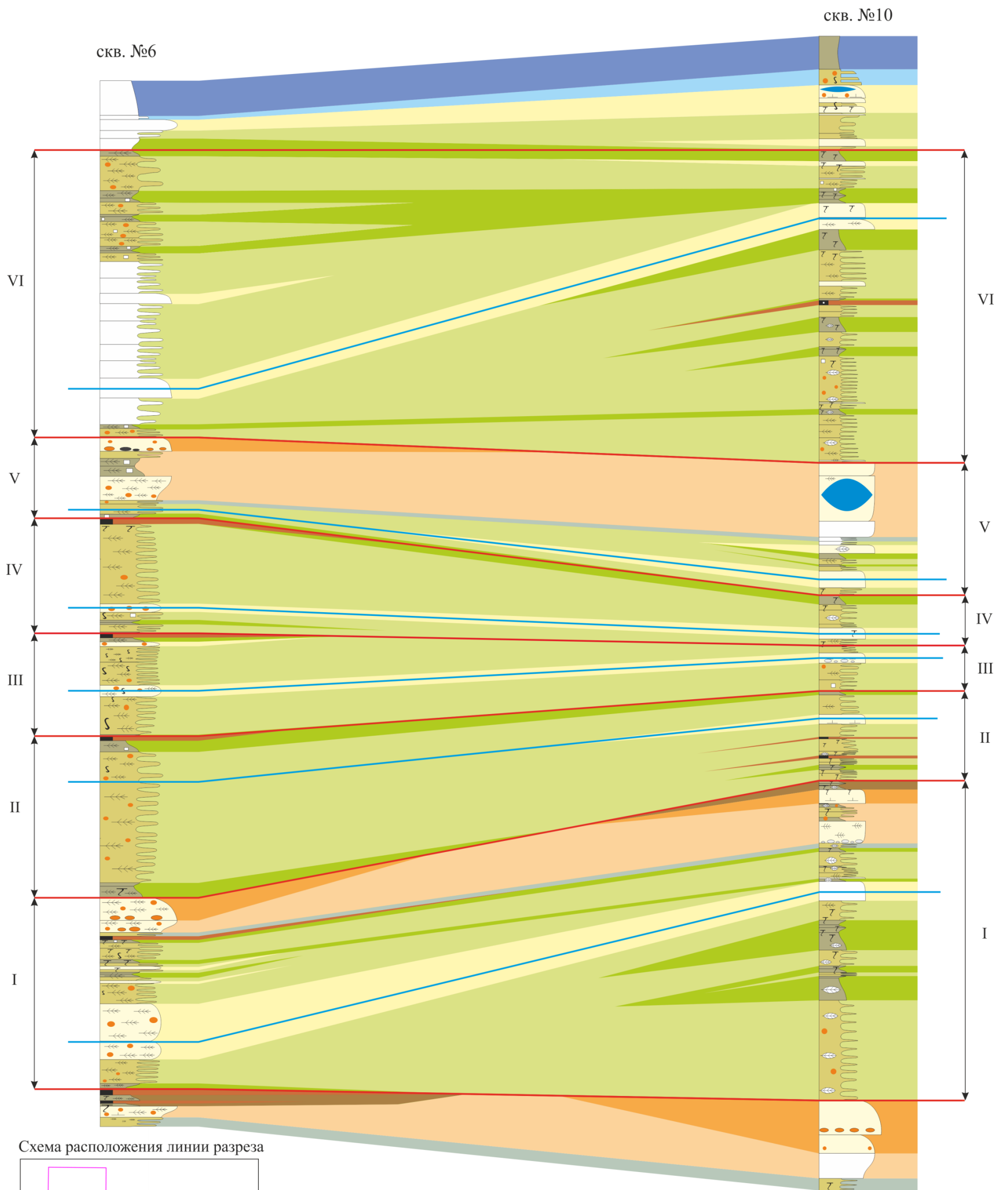
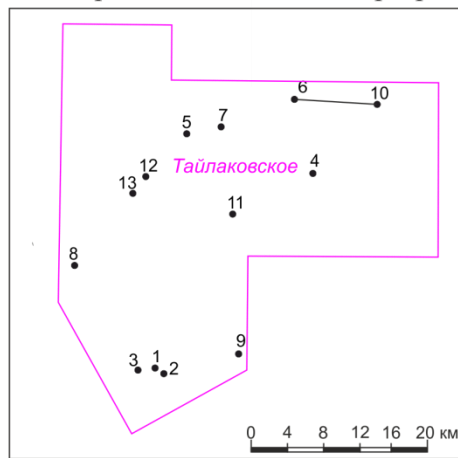


Схема расположения линии разреза



Приложение 7 Литолого-генетический профиль по линии, проходящей через скважины 6-10