

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

Институт наук о Земле

Зотова Николь Владимировна

Выпускная квалификационная работа

**Строение и обстановки формирования продуктивного пласта Ю₁ Казанского
нефтяного месторождения Западной Сибири**

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:

Руководитель, Геология и Геохимия,

ООО «Газпромнефть – Технологические партнёрства»,

Грабовская Флорида Рашитовна

Санкт-Петербург

2024

АННОТАЦИЯ

Настоящая работа посвящена изучению строения и условий формирования продуктивного пласта Ю₁ Казанского месторождения. Она основана на структурно-генетическом анализе материалов, полученных при описании 363 погонных метров керна восьми скважин и анализе результатов их геофизических исследований: гамма-каротажа (ГК) и каротажа потенциала собственной поляризации (ПС).

В результате была проведена детальная корреляция частных разрезов, а также построено 3 литолого-генетических профиля и серия из 13 палеогеографических схем для узких интервалов геологического времени. Все это позволило проследить эволюцию палеогеографической ситуации при формировании пласта Ю₁.

Пласт Ю₁ Казанского месторождения формировался преимущественно в прибрежно-морских обстановках осадконакопления при развитии дельтовых обстановок переходного генетического комплекса в нижней части интервала.

ANNOTATION

This work is devoted to the study of the structure and formation conditions of the productive layer U₁ of the Kazanskoe field. It is based on the structural and genetic analysis of materials obtained during the description of 363 linear meters of core of eight wells and the analysis of the results of their geophysical studies: gamma-ray logging (GR) and Spontaneous Potential logging (SP).

As a result, a detailed correlation of particular sections was carried out, and 3 litho-genetic profiles and a series of 13 paleogeographic schemes for narrow intervals of geological time were constructed. All this made it possible to trace the evolution of the paleogeographic situation during the formation of the U₁ layer.

The U₁ layer of the Kazanskoe field was formed mainly in coastal-marine sedimentation environments with the development of delta environments of the transitional genetic complex in the lower part of the interval.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ	6
1.1 Общие сведения о Казанском месторождении	6
1.2 Стратиграфия	7
1.3 Тектоника	8
1.4 Нефтегазоносность	10
3. ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	17
4. ЛИТОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ СЛОЕВ	20
4.1 Открытый шельф	20
4.2 Изолированное мелководье (лагуна)	27
4.3 Эстуарий и дельта изолированного побережья	29
4.4 Прибрежная равнина	33
5. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЦИКЛОТЕМ И СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ	34
6. КОРРЕЛЯЦИЯ	38
7. ЭВОЛЮЦИЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПЛАСТА Ю ₁	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	42
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	44
ПРИЛОЖЕНИЯ	48

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность: Верхнеюрский пласт Ю₁ васюганской свиты является одним из главных продуктивных на углеводороды объектов Западной Сибири и основным для территории Томской области. По объёму геологических запасов он занимает второе место после неокомского интервала по бассейну в целом и является лидирующим для юго-восточной части, в том числе в Томской и Новосибирской областях (Габдуллин, 2020)

Томская область является третьим по значимости районом добычи нефти в Западной Сибири (Чернова, 2008). Показатель средней выработанности начальных запасов открытых месторождений здесь достигает 30%. При этом согласно геологическому прогнозу неразведанные ресурсы углеводородов в Томской области превышают разведанные запасы в 1,8 раза. (Черданцева и др., 2017) В связи с этим в течение последних 5-7 лет на территории Западной Сибири интенсивно вводились в разработку месторождения, основная продуктивность которых связана с горизонтом Ю₁. При этом активизировались поиск и разведка на южных территориях, где верхнеюрские песчаники теоретически перспективны на углеводороды. (Габдуллин, 2020) Все это обуславливает острую необходимость доизучения строения и генезиса пласта Ю₁ в южных районах бассейна.

Несмотря на длительное исследование васюганской свиты, горизонт Ю₁ на территории Томской области и Казанского месторождения в частности слабо изучен в вопросе детальных литолого-фациальных исследований. В связи со сложным строением и полифациальным происхождением на сегодняшний день нет единого мнения в вопросе генезиса верхневасюганской подсвиты на многих месторождениях центральных и юго-восточных частей Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. Одним из лучших и набирающих популярность методов, дающих возможность найти ключ к пониманию условий формирования пластов, являются палеогеографические реконструкции.

Интерпретация обстановок седиментации помогает не только проводить оценку свойств и строения отложений, но и делать выводы об их площадном распространении, и, кроме того, выдвигать предположения о фациальной изменчивости пород в пределах месторождений. В связке с данными геофизических исследований, результаты данного метода позволяют осуществлять поиск наиболее выгодных для разработки зон с теоретически наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами.

Целью работы является реконструкция обстановок осадконакопления пласта Ю₁ Казанского месторождения Западной Сибири, основанная на интерпретации

особенностей состава и строения с использованием методики выделения трансгрессивно-регрессивных циклов седиментации. Для достижения этой цели были поставлены и решены следующие задачи:

- обобщить существующие представления о строении и этапах формирования васюганской свиты на основе анализа литературных источников;
- по керновому материалу установить структурно-генетические типы слоёв пласта Ю₁ и составить литологические колонки масштаба 1:100;
- выполнить интерпретацию результатов ГИС для определения состава интервалов, пройденных без отбора керна.;
- реконструировать обстановки осадконакопления, построить кривые колебания уровня моря для выделения трансгрессивно-регрессивных циклов осадконакопления;
- провести по выделенным циклам седиментации детальную корреляцию разрезов;
- составить литолого-генетические профили и серию палеогеографических схем для узких интервалов геологического времени, соответствующих трансгрессивным и регрессивным максимумам циклов седиментации;
- выявить особенности эволюции обстановок осадконакопления при формировании горизонта Ю₁ васюганской свиты Казанского месторождения.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1.1 Общие сведения о Казанском месторождении

Рассматриваемое в настоящей работе Казанское месторождение расположено в Парабельском районе Томской области. Согласно нефтегазогеологическому районированию, месторождение относится к Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции и входит в состав Пудинского нефтегазоносного района Васюганской нефтегазоносной области (Черданцева и др., 2017). Промышленная деятельность по добыче углеводородов ведётся компанией ОАО «Томскгазпром» на лицензионном участке «Кедровый» (Рисунок 1).



Рисунок 1 Расположение Казанского месторождения [источник: Востокгазпром]

Казанское месторождение было открыто в 1967 году, тем не менее, сложность геологического строения, неблагоприятные географические условия и отсутствие развитой инфраструктуры отсрочили его введение в эксплуатацию вплоть до 2009 года. (Зылева и др, 2020)

Согласно Классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов, по величине запасов нефти и газа Казанское месторождение относится к средним: утверждённые запасы нефти на месторождении составляют порядка 32 миллионов тонн, газа – 25 миллиардов кубических метров. Помимо этого, на месторождении производится добыча газоконденсата, запасы которого оценены в 2 миллиона тонн. Основной промышленный приток углеводородов был получен из пласта Ю₁. По данным ОАО «Томскгазпром», на сегодняшний день в состав эксплуатационного фонда Казанского месторождения входят 202 добывающие, 102 нагнетательные и 7 водозаборных скважин, а также продолжается строительство новых объектов.

1.2 Стратиграфия

Геологический разрез Казанского месторождения включает в себя палеозойский фундамент, представленный сильно дислоцированными метаморфизованными известняками и кремнистыми породами позднедевон-раннекарбонового возраста (D₃–C₁), на котором с угловым и стратиграфическим несогласием залегают песчано-алеврито-глинистые, участками углистые породы мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, достигающие общей мощности 2700 метров. (Гущина, Султанова, 2016)

На сегодняшний день большой интерес представляют верхнеюрские (J₃) и нижнемеловые (K₁) отложения. Литологические особенности каждой из свит определили их роль в формировании нефтегазоносных комплексов. На Казанском месторождении продуктивным является верхнеюрский нефтегазоносный комплекс, в состав которого входят васюганская (J_{3b}–J_{3o}), георгиевская (J_{3o} – J_{3km}) и баженовская (J_{3v} – K_{1b}) свиты.

Первое описание васюганской свиты было выполнено В.Я. Шерихорой в 1961 году по разрезу скважины Нововасюганская 1-Р в интервале глубин от 2702 до 2772 метров. Данный разрез считается стратотипическим, он используется для выделения свиты на других территориях, где она распространена (Решение..., 2003). Благодаря фаунистическим находкам был установлен возраст васюганской свиты, который на сегодняшний день принимается как верхний бат – верхний оксфорд (J_{2bt} – J_{3o}). (Зылева и др, 2020)

Детальное литолого-стратиграфическое расчленение васюганской свиты в пределах Томской области впервые было выполнено Е.Е.Даненбергом, В.Б. Белозеровым и Н.А. Брылиной. (Белозеров и др, 2006) В разрезе свиты исследователями были выделены нижняя и верхняя подсвиты.

Нижняя подсвита васюганской свиты не имеет широкого площадного распространения. Данная подсвита в полных разрезах состоит из трёх пачек, выделенных по различию их литологических особенностей. Верхняя и нижняя пачки представлены преимущественно аргиллитами с немногочисленными прослоями алевролитов и песчаников, а средняя пачка, являющаяся наиболее выдержанной по площади, сложена однородными темно-серыми аргиллитами. Верхняя пачка нижневасюганской свиты часто фациально замещена на песчаные пласты верхневасюганской подсвиты и пласт Ю₂⁰, представляемый авторами как базальный горизонт тюменской свиты, образованный в результате морской трансгрессии.

Объем верхней подсвиты был утверждён на Межведомственном региональном стратиграфическом совещании, посвящённом уточнению региональных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири (Решение..., 2003). Верхняя подсвита васюганской свиты сложена в основном песчаным и алевропелитовым материалом с пропластками углей. Отложения верхней подсвиты объединены в пласт Ю₁, который в свою очередь подразделяется на три различных по составу и условиям образования толщи: подугольную, межугольную и надугольную. Выделение надугольной и подугольной толщ реализовано на основании их залеганий относительно реперного, выдержанного по площади пласта угля У₁.

В пределах продуктивного горизонта Ю₁ Е.Е. Даненберг, В.Б. Белозеров и Н.А. Брылина (Белозеров и др, 2006) выделили песчаные пласты Ю₁¹, Ю₁², Ю₁³, Ю₁⁴ и зонально приуроченные резервуары Ю₁⁵⁻⁶. В дальнейшем данная индексация была пересмотрена и дополнена, и на сегодняшний день в состав горизонта Ю₁ входят пласты Ю₁¹, Ю₁², Ю₁^М, Ю₁³⁻⁴, имеющие как локальное, так и площадное распространение. (Закревский и др, 2016).

Васюганская свита согласно перекрывается отложениями георгиевской свиты. Георгиевская свита сложена аргиллитами темно- и зеленовато-серыми, известковистыми, содержащими включения в виде зёрен глауконита. Мощность отложений составляет от 4 до 9 метров. (Черданцева и др., 2017).

Выше по разрезу георгиевская свита сменяется карбонатно-глинисто-кремнистыми чередованиями баженовской свиты, обогащенными органическим веществом. (Немова, Матюхина, 2018)

1.3 Тектоника

Казанское месторождение относится к одноименному поднятию, приуроченному к северо-западному склону Калгачского мезовыступа в зоне сочленения Нюрольской впадины и Пудинского мегавала (юго-восток Западно-Сибирской плиты). Калгачский

мезовыступ представляет собой полузамкнутую структуру II порядка, вытянутую в северо-западном направлении. Со всех сторон мезовыступ окружен прогибами и впадинами, что с тектонической точки зрения является положительным фактором для формирования ловушек углеводородов. (Рисунок 2)

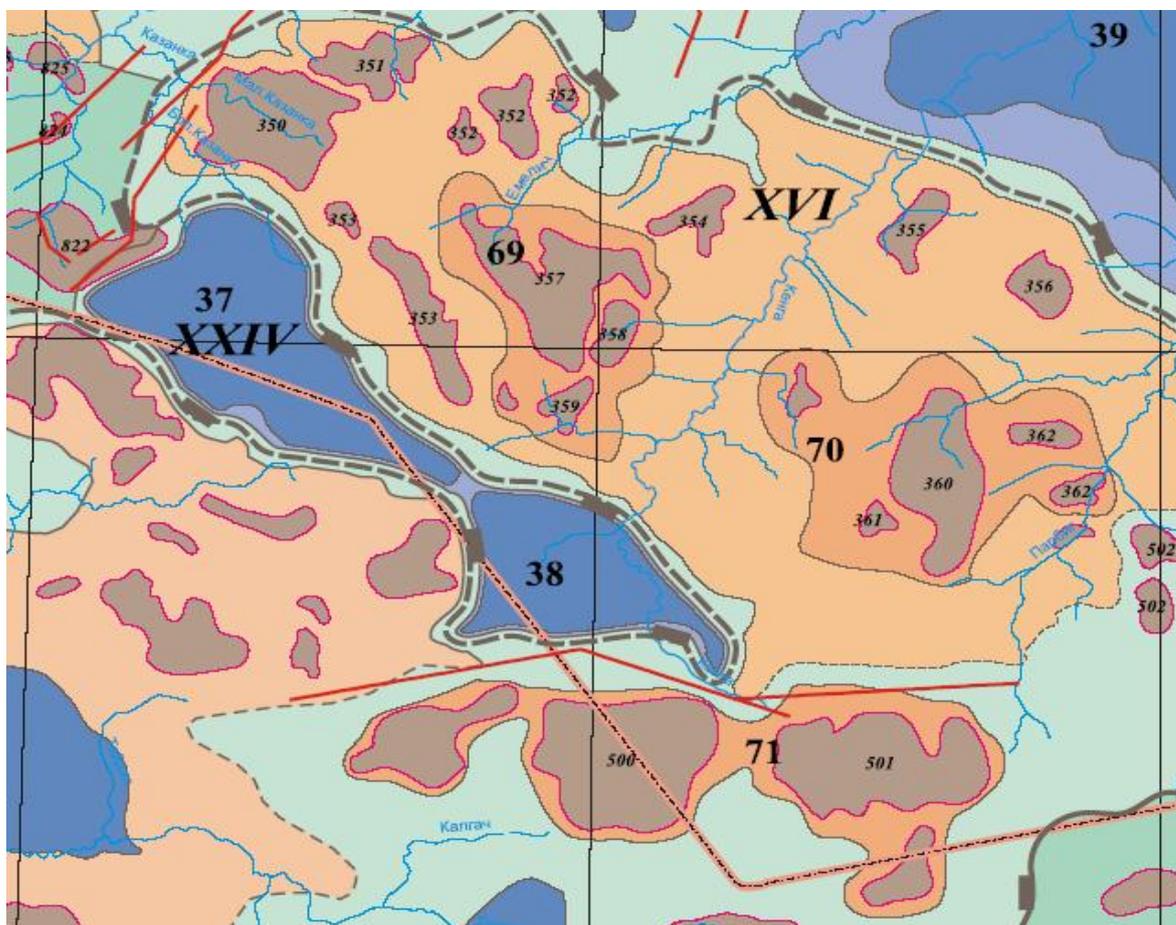


Рисунок 2 Выкопировка из тектонической карты юрского структурного яруса осадочного чехла западных районов Томской области (под редакцией Конторовича А.Э., 2001 г.).

Структуры II порядка: XVI – Калгачский мезовыступ; XXIV – Косецкий мезопрогиб.

Структуры III порядка: 69 – Олимпийское куполовидное поднятие, 37 – Северо-Казанский прогиб; 38 – Южно-Казанская впадина; 36 – Южно-Пудинский прогиб; 39 – Южно-Парбигская впадина. Локальные поднятия: 350 – Казанское, 353 – Болтное, 351 – Западно-Сомовское, 352 – Сомовское, 357 – Олимпийское

На момент накопления юрских отложений палеозойский фундамент выходил на поверхность в районе Калгачской структуры. Калгачский мезовыступ являлся возвышенностью, в его изрезанном рельефе наиболее четко выделялся Казанский эрозионно-тектонический выступ. (Гущина, Султанова, 2016)

В настоящее время Казанская структура по кровле отложений фундамента имеет размеры 14,5-15,5 км. Породы фундамента разбиты большим количеством

разнонаправленных разломов, амплитуда которых достигает 100 и более метров. Амплитуда поднятия составляет 180 м.

1.4 Нефтегазоносность

Васюганская НГО площадью 85 тыс. км занимает юго-восточную часть Западно-Сибирской мегапровинции, включает Александровский, Средневасюганский валы и другие. В области открыто около 50 месторождений преимущественно в пределах поднятий, в том числе Казанское нефтегазоконденсатное месторождение.

На сегодняшний день ниже-среднеюрские горизонты продуктивны в сравнительно узкой субмеридиональной полосе от Александровского свода на севере до Казанского куполообразного поднятия на юге. (Скоробогатов, 2017) Тем не менее, подавляющие объёмы запасов заключены в верхнеюрском НГК, в том числе и на Казанском месторождении. (Таблица 1)

Подкомплекс	Запасы							
	свободный газ, млрд м ³				нефть, млн т (геол.)			
	Q	A+B+C ₁	C ₂	Всего	Q	A+B+C ₁	C ₂	Всего
Казанское месторождение (НГК)								
Верхняя юра	—	10,2	—	10,2	5,7	58,0	21,4	85,1
Средняя юра	—	—	3,8	3,8	—	—	—	—
Всего	—	10,2	3,8	13,9	5,7	58,0	21,4	85,1

Таблица 1 Распределение начальных и текущих запасов свободного газа и нефти по разрезу ЮК Казанского месторождения (по состоянию на 01.01.2016) (Скоробогатов, 2017)

Отложения нижней части васюганской свиты служат флюидоупорами, в то время как пласты верхней части свиты являются продуктивными коллекторами (Белозеров, 2007). Основные песчаные пласты с доказанной промышленной нефтеносностью: Ю₁¹, Ю₁², Ю₁^М, Ю₁³⁻⁴. (Закревский и др, 2016)

Далее приведена характеристика пластов с указанием их продуктивности, согласно К.Е. Закревскому.

Пласт Ю₁³⁻⁴ имеет площадное распространение на всей территории района исследований. Пласт продуктивен на газоконденсат в районе исследования.

Пласт Ю₁^М как коллектор развит локально. Развитие пласта на территории Казанского месторождения в ходе бурения не было установлено.

Пласт Ю₁² развит локально. Характерной особенностью пласта является латеральная невыдержанность коллектора, обусловленная наличием значительных зон глинизации. Толщина пласта составляет первые метры. Промышленная нефтеносность пласта подтверждена на Казанском месторождении.

Пласт Ю₁⁰, согласно решениям стратиграфического совещания (Решение..., 2003), относится к барабинской пачке георгиевской свиты. Для изучаемого района отложения пласта Ю₁⁰ являются неколлектором.

Общая мощность отложений васюганской свиты на территории лицензионного участка, к которому приурочено Казанское месторождение, достигает 70 метров (Черданцева и др., 2017).

Перекрывающие глинистые отложения георгиевской и кремнисто-глинистые отложения баженовской свит выступают в роли региональных покровов. Поскольку георгиевская свита не является выдержанной по площади и имеет довольно малую мощность, достигающую 4-9 метров, зачастую основной вклад в экранирование залежей горизонта Ю₁ производится непосредственно отложениями баженовской свиты. Кроме того, битуминозные аргиллиты баженовской свиты выступают в роли основного источника углеводородов, то есть нефтематеринских пород. В пределах Казанского месторождения мощность баженовской свиты достигает 24-31 метров (Черданцева и др., 2017).

2. ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ВАСЮГАНСКОЙ СВИТЫ

За прошедшие шесть десятилетий изучению васюганской свиты было посвящено немало научных трудов знаменитых учёных, среди которых В. Э. Белозеров, Н.А. Брылина, Е. Е. Даненберг, А.Э. Конторович, В.В. Шиманский и многие другие.

Значительная неоднородность разреза верхневасюганской подсвиты обоснована её генезисом. Несмотря на копившуюся теоретическую базу, длительное время не прекращались дискуссии по поводу условий, при которых происходило накопление юрских отложений, в частности васюганской свиты. В настоящее время большинство учёных придерживаются точки зрения о развитии в юго-восточной части Западной Сибири в верхнеюрское время прибрежно-морских обстановок осадконакопления. Одной из крупнейших работ, объединивших и систематизировавших результаты предшествующих исследований, стал Атлас литолого-палеогеографических карт Западно-Сибирской равнины (Атлас..., 1976), где собраны материалы, отражающие общие черты строения и основные закономерности размещения обстановок осадконакопления.

Позднее при появлении нового комплекса данных группой учёных вместе с А.Э. Конторовичем была проведена масштабная работа, которая посвящена уточнению палеогеографии Западной Сибири (Конторович и др, 2013). В данном труде довольно детально были установлены границы различных зон осадконакопления и показан

переход от морских обстановок к континентальным для каждого яруса юрского периода. В результате исследований было установлено, что с верхнего бата (J_{2bt}) по верхний оксфорд (J_{3o}) в юго-восточной части Западной Сибири широкое распространение имели прибрежно-морские и локально развитые континентальные обстановки осадконакопления, сменяющие друг друга в восточном направлении. (Рисунок 3)

Кроме того, был сформулирован вывод о том, что образование толщ верхней подсвиты васюганской свиты происходило на фоне глобальной смены регрессивного осадконакопления трансгрессивным, произошедшей в келловей-оксфордское время.

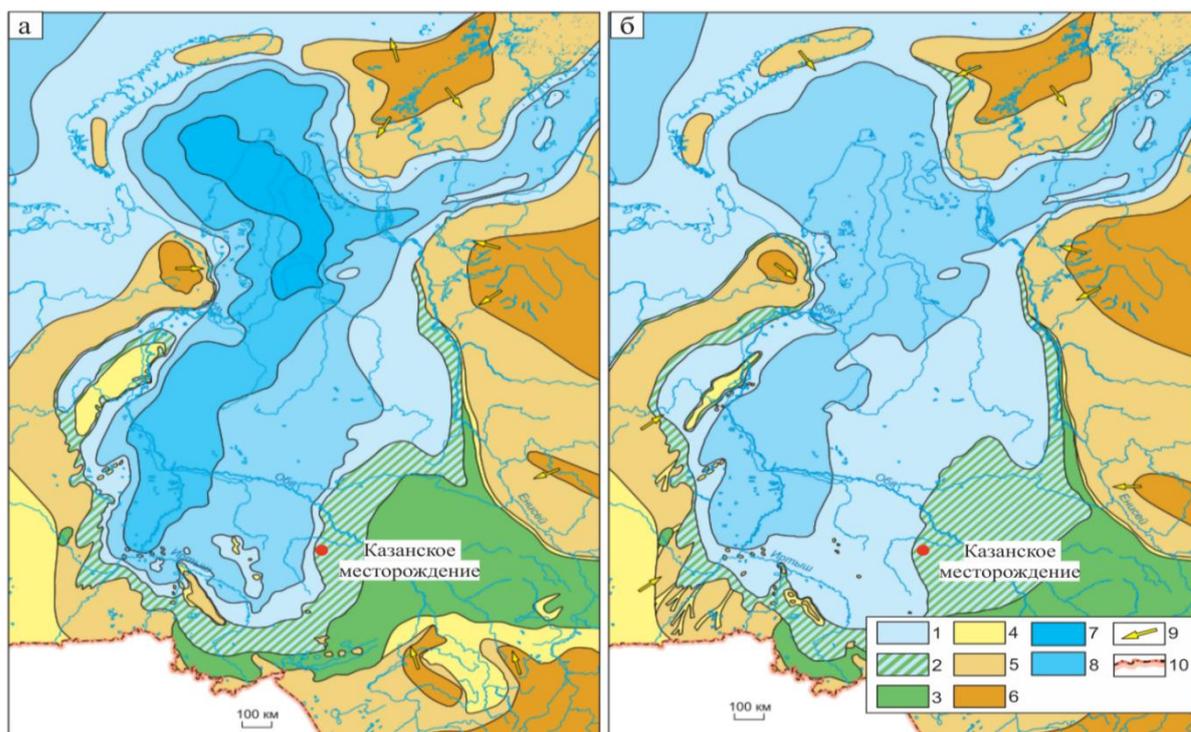


Рисунок 3 Палеогеографическая схема Западной Сибири в средне- верхнеюрское время (келловей-оксфорд) (Конторович и др., 2013) Палеогеографические области: области морского осадконакопления: 1 — море глубокое, 200—400 м; 2 — море мелкое глубиной 25—100 м; 3 — море мелкое глубиной менее 25 м; области переходного осадконакопления: 4 — равнина прибрежная, временами заливавшаяся морем (осадки пойменные, озерно-болотные, русловые, дельтовые, береговых баров, пляжевые); области континентального осадконакопления: 5 — равнина низменная, аккумулятивная (осадки русел, пойм, озер и др.); 6 — равнина денудационно-аккумулятивная; области размыва: 7 — равнина возвышенная (денудационная суша), 8 — горы низкие; 9 — главные направления сноса обломочного материала, 10 — государственная граница

Несмотря на представления о преимущественно морском происхождении пластов васюганской свиты, свидетельства присутствия крупных песчаных тел флювиального

генезиса стали появляться еще в конце прошлого столетия. В частности, на юго-западе Томской области был вскрыт песчаный пласт, который по мнению В.С. Славкина (Славкин и др., 1995) имел речное происхождение, тогда как по Б.Н. Шурыгину (Шурыгин и др., 1999) обстановка осадконакопления представляла собой врезанную долину. Более современные локализованные по площади исследования по Среднему Приобью во многом подтвердили результаты трудов предшественников, поэтому в последних литолого-фациальных моделях для позднеюрского времени все больше внимания уделяется подробному изучению отложений дельтовых комплексов, являющихся благоприятными для формирования зон улучшенных коллекторов.

В 2017 году В.В. Шиманским с соавторами была опубликована статья, в которой на основе анализа керн 62 скважин и фациальной интерпретации ГИС более 1000 скважин подробно рассматривается генезис верхнеюрских отложений (Шиманский и др., 2017). Согласно результатам работы, формирование васюганской свиты происходило в условиях открытого мелководного шельфа и в прибрежно-морских обстановках, которые включают в себя отложения забаровых лагун, речных дельт, пойм и болот.

В 2024 году исследование было обновлено. Учёные опубликовали новую статью, посвящённую палеогеографическим реконструкциям Западной Сибири. Согласно результатам работы формирование песчано-алевритовых тел (пласт Ю₁³⁻⁴) происходило в келловейском и оксфордском веках в условиях дельтовой равнины. Дельтовые каналы слагали песчаники светло-серые тонко-мелко- и мелко-среднезернистые с прослоями алевролитов, с массивной и косослоистой текстурой, с биотурбацией (ихнофагия Skolithos). Формирование пластов Ю₁² - Ю₁¹ верхневасюганского горизонта в юго-восточной части территории происходило в условиях прибрежной равнины, временами заливаемой морем, и дельтовой равнины. (Шиманский и др., 2024)

Исследования И.В. Шпунова в рамках диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук (Шпунов, 2015) были посвящены геолого-техническому моделированию отложений юрского нефтегазоносного комплекса Западной Сибири. Одним из объектов исследований стал пласт ЮВ₁ (Ю₁) васюганской свиты в пределах Пермьковской группы месторождений, расположенной в 40 км севернее Казанского месторождения.. Согласно рассмотренной выше палеогеографической карте Западной Сибири (Рисунок 3), продуктивные пласты месторождений Пермьковской группы и Казанского месторождения в верхнеюрское время формировались в одних обстановках осадконакопления. Накопление песчаного материала пласта ЮВ₁ И.В. Шпунов

связывает с развитием континентальных условий и условий дельты на прибрежно-морском мелководном шельфе. (Рисунок 4)

Кроме того, проведённый электрометрический анализ показал наличие в разрезе верхнеюрской подсветы отложений вдольбереговых баров, барьерных островов и забаровых лагун.

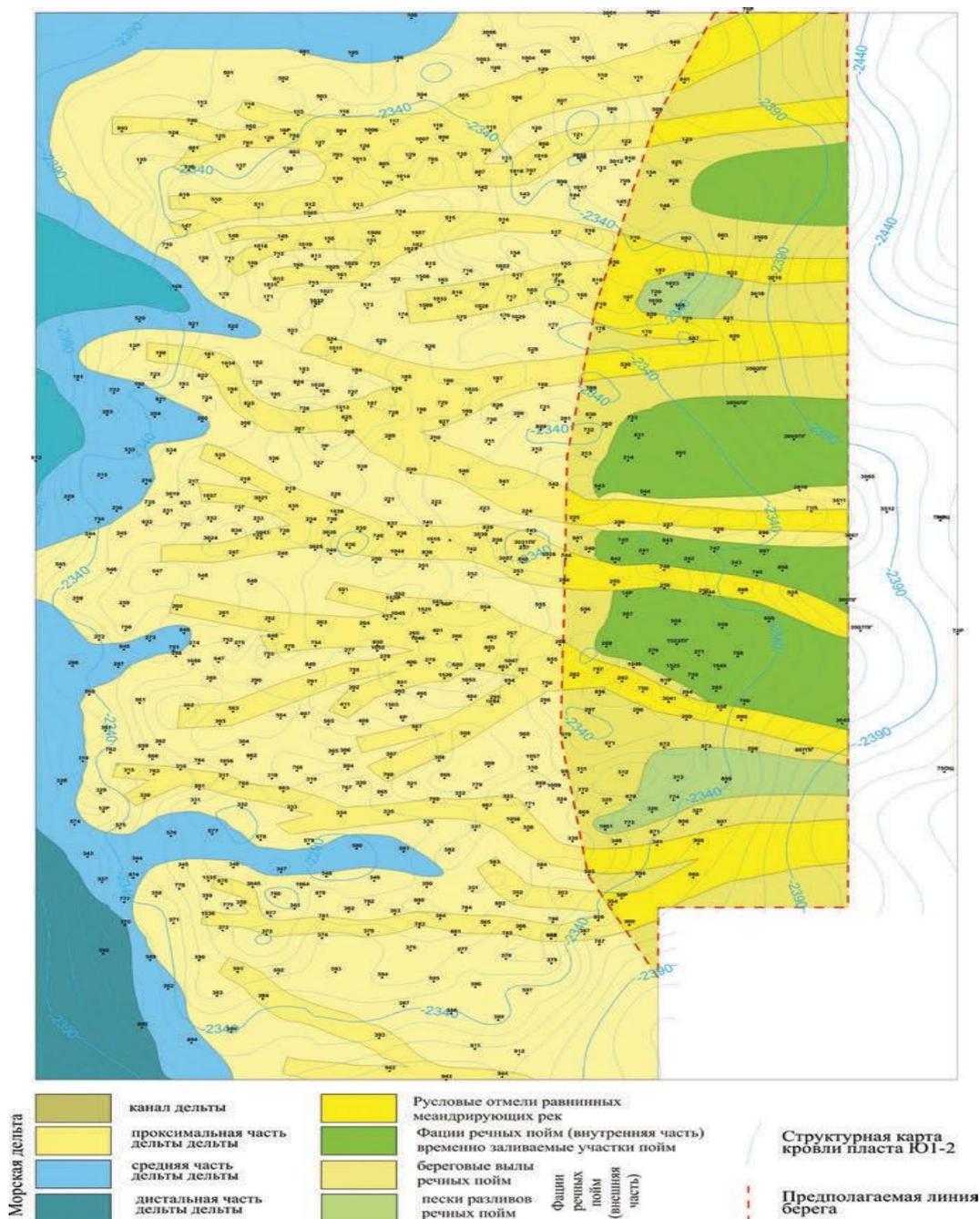


Рисунок 4 Фациальная карта на время формирования пласта ЮВ1 Хохряковского месторождения (Шпуров, 2015)

Проведенные в 2011 году Л.Г. Вакуленко, О.В. Дульцевой, О.В. Бурлевой литолого-фациальные исследования горизонта Ю₁ на территории Александровского свода помогли реконструировать обстановки формирования верхневасюганской подсветы на

севере Томской области. Для времени формирования подугольной толщи было выявлено преобладание прибрежно-морских обстановок осадконакопления и широкое развитие дельтовых обстановок переходного генетического комплекса (Рисунок 5)

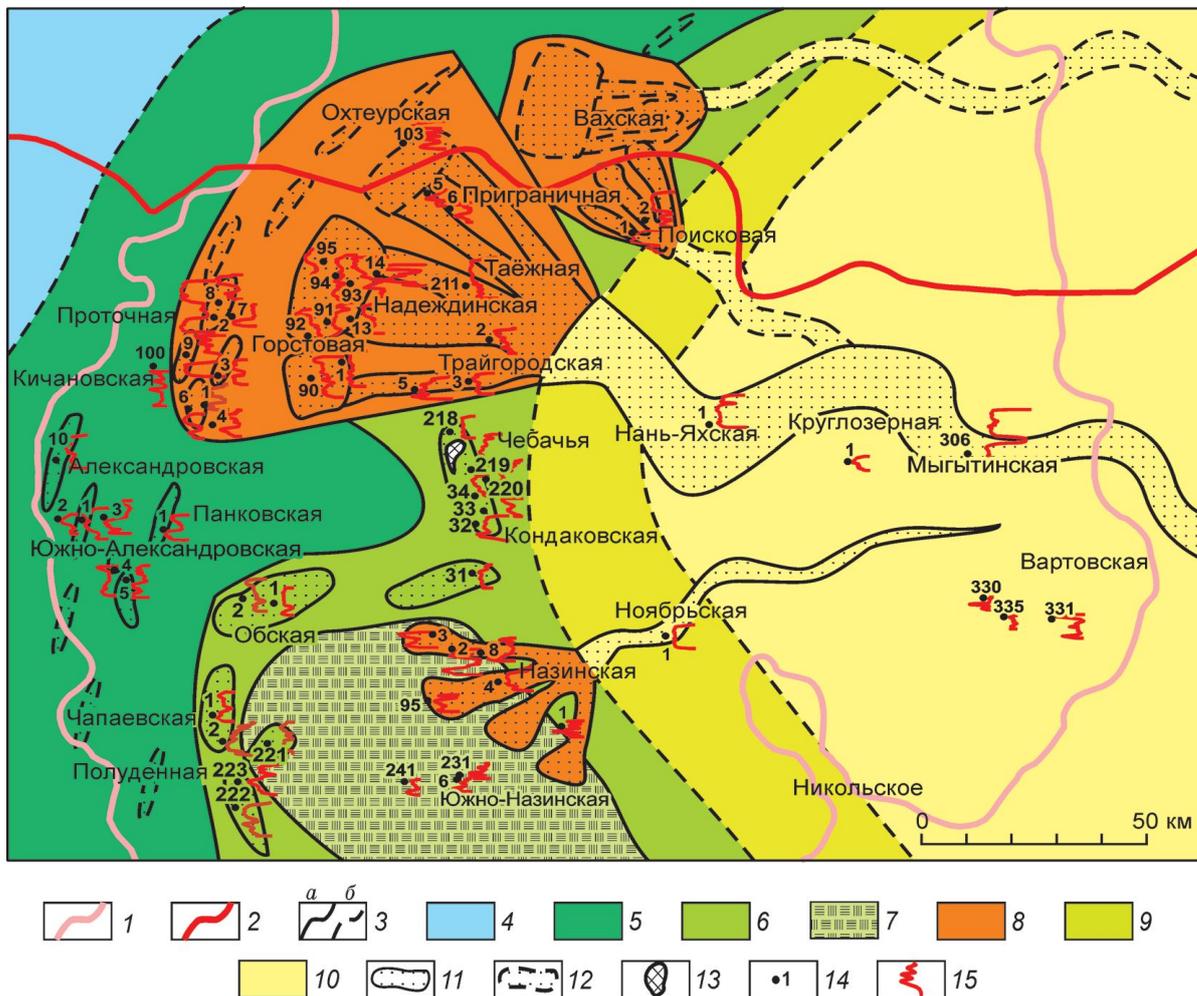
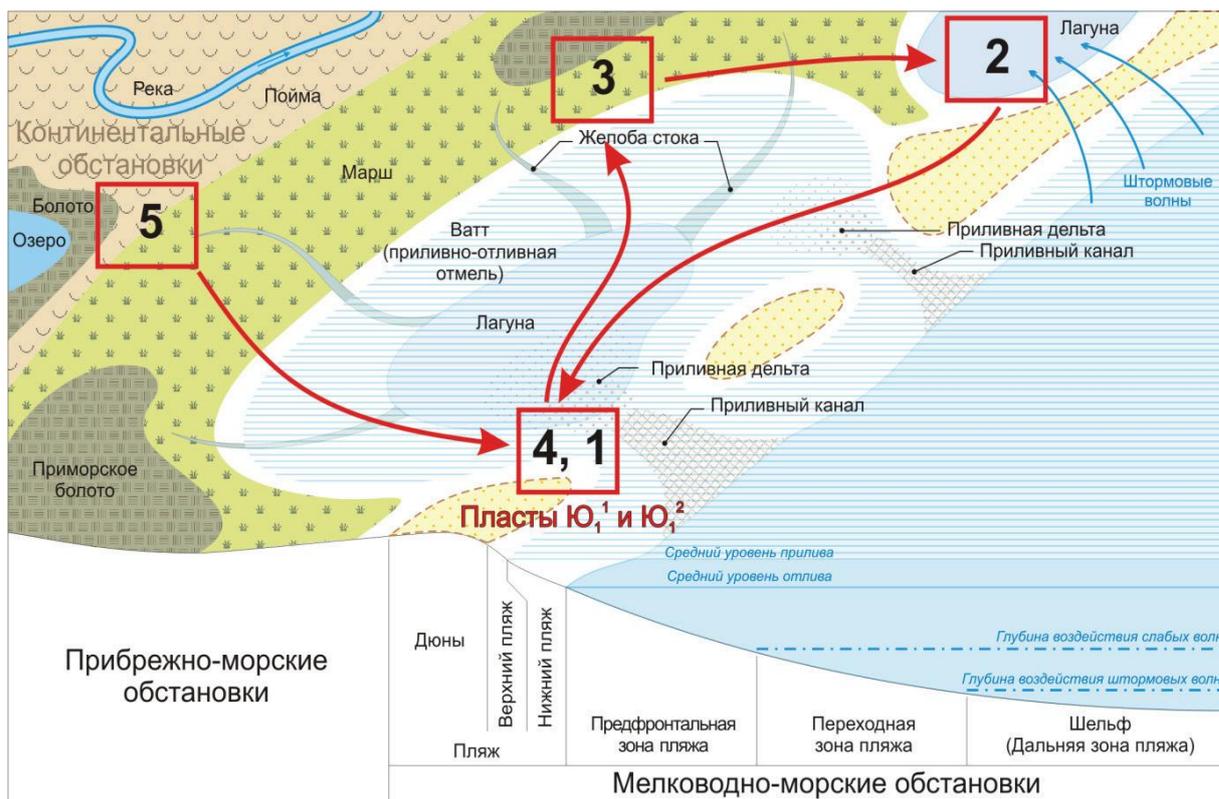


Рисунок 5 Схема распространения преобладающих обстановок осадконакопления келловей-нижнеоксфордского комплекса. (Вакуленко и др., 2011) 1—3 — границы: 1 — Александровского свода; 2 — Томской области; 3 — зон осадконакопления: а — обоснованные материалами керна и ГИС, б — проведенные условно; 4—10 — обстановки осадконакопления: мелководно-морские: 4 — дальняя и переходная зоны побережья; прибрежно-морские: 5 — предфронтальная зона пляжа, 6 — нижний пляж, 7 — лагуна; переходные: 8 — дельта, 9 — верхний пляж (прибрежная равнина); континентальные: 10 — аллювиально-озерно-болотные; песчаные тела: 11 — установленные, 12 — предполагаемые; 13 — денудационный остров, 14 — скважина, 15 — кривая ПС.

Исследование по определению обстановок осадконакопления пластов непосредственно Казанской группы месторождений уже проводилось ранее. В 2016 году К.В. Габова и Г.Г. Кравченко провели литолого-седиментологический анализ керна и геохимический анализ элементов-примесей отложений юго-восточной части

Нюрольской впадины. (Габова, Кравченко, 2016) В рамках работы по изучению элементов-примесей были выявлены зависимости отношений содержаний редкоземельных элементов от условий накопления осадков. Исходя из полученных спектров усреднённых значений редкоземельных элементов был сделан вывод о типе климата, солёности бассейна и дальности переноса осадков. Комплексное рассмотрение геохимического и минералого-петрографического составов пород позволили авторам заключить, что формирование верхнеюрских отложений происходило в обстановках лагуны, маршей, ваттов, а также приливных каналов и дельт (Рисунок 6).



4, 1 - положение района исследований и номера пачек

Рисунок 6 Палеогеографическая модель формирования пластов Ю¹² и Ю¹¹ Казанского месторождения (Габова, Кравченко 2016)

Таким образом, многолетний анализ строения и генезиса васюганской свиты приводит к выводу о приуроченности свиты к прибрежно-морским и континентальным обстановкам осадконакопления. Среди прибрежно-морских обстановок широкое распространение имели вдольбереговые бары, лагунные и дельтовые фации, к континентальным обстановкам относят отложения торфяных болот, а также речных русел и пойм. Однако стоит отметить, что подобное полифациальное строение свиты лишь подтверждает необходимость проведения детальных реконструкций на интересующих участках.

3. ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение отложений верхневасюганской подсистемы в рамках настоящей работы было основано на структурно-генетическом анализе кернового материала и интерпретации результатов геофизических исследований бескерновых интервалов бурения восьми скважин, расположение которых на лицензионном участке показано на карте фактического материала (Рисунок 7). В ходе работы совокупно было изучено 363 погонных метра керна, а также по данным гамма-каротажа (ГК) и каротажа потенциала собственной поляризации (ПС) были реконструированы отложения в интервале общей мощностью 204 метра.

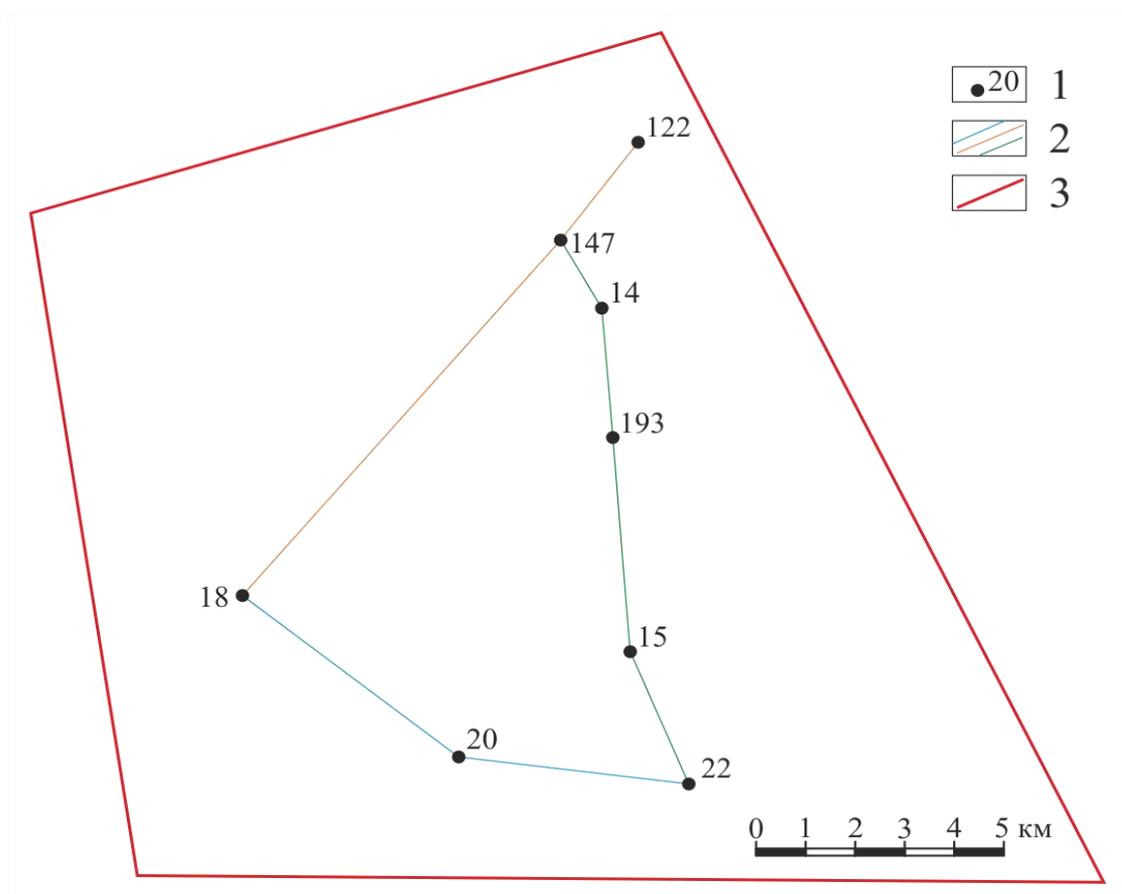


Рисунок 7 Карта фактического материала Казанского месторождения: 1 — скважины и их номера; 2 — линии построения литолого-генетических профилей; 3 — граница лицензионного участка

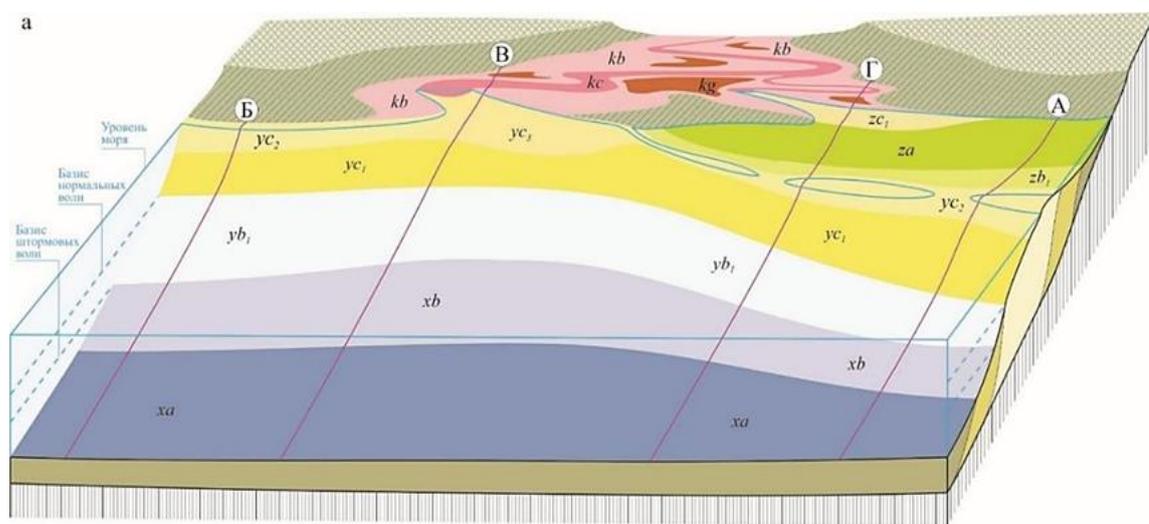
Процесс работы с материалами включал в себя 4 основных этапа.

Первым этапом стало макроскопическое описание керна скважин. В ходе описания отложений были выделены их структурно-текстурные особенности и отмечены содержащиеся в породах включения. По собранным материалам производилась послонная разбивка керна, основанная на систематике литолого-генетических типов эпиконтинентальных бассейнов с гумидным типом седиментогенеза (Шишлов, 2010).

На втором этапе работы в программе CorelDRAW 2018 было составлено восемь литологических колонок в вертикальном масштабе 1:100. Для каждой скважины была построена кривая колебаний уровня моря.

Третьим этапом обработки фактического материала стала интерпретация геофизических данных. Для каждого изученного разреза была выполнена интерпретация результатов ГИС в интервалах, пройденных без отбора керна. Определение литологического состава производилось из соображений, что максимальные показания ГК характерны для глин, минимальные — для песчаников и углей, средние показатели, в свою очередь, характеризуют наличие примесных составляющих в породах; при ПС-каротаже минимум значений соответствует угольным пластам и чистым песчаникам, алевролиты и их чередования с песчаниками характеризуются средними показателями, глины — максимальными. Путём сравнения кривых каротажа ПС с типовыми электрометрическими моделями (Муромцев, 1984) с учётом кернового материала соседних скважин была проведена фациальная интерпретация.

Анализ генетических признаков установленных типов слоев и их вертикальных последовательностей с использованием основного фациального закона Вальтера (Walter, 1894) позволил построить кривые колебания уровня моря и выявить трансгрессивно-регрессивные последовательности, которые стали основой детальной корреляции скважин. Для выделения в разрезах трансгрессивно-регрессивных последовательностей слоёв – циклотем – и их генетической интерпретации в рамках данной работы была использована модель обстановок осадконакопления в юрско-раннемеловом эпиконтинентальном бассейне Западной Сибири (Рисунок 8) (Шишлов, Дубкова, 2023).



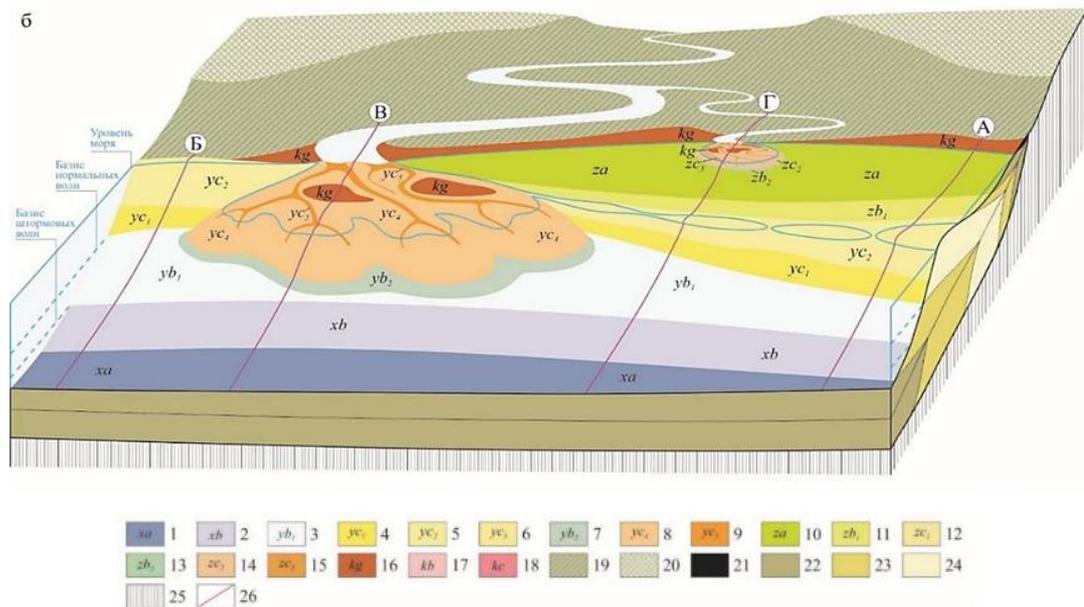


Рисунок 8 Обстановки осадконакопления трансгрессивных (а) и регрессивных (б) фаз седиментации в юрско-раннемеловом эпиконтинентальном бассейне Западной Сибири 1–18 – обстановки накопления: 1 – глубоководных глин и алевроитов, 2 – дистальных темпеститов (градационных чередований алевроитов и песков), 3 – лоскутных песков (линзовидно-полосчатых чередований алевроитов и песков), 4 – песков подводных валов, разделенных межваловыми депрессиями (чередования алевроитов и песков), 5 – песков баров и пляжей, 6 – песков эстуариев открытых побережий, 7 – чередований алевроитов и песков продельт открытых побережий, 8 – песков фронта и равнины дельт открытых побережий, 9 – песков, гравийников и галечников промоин и проток дельт открытых побережий, 10 – глин и алевроитов малоподвижного мелководья лагун, 11 – волнистых чередований алевроитов и песков подвижного мелководья лагун, 12 – песков и алевроитов эстуариев изолированных побережий, 13 – чередований алевроитов и песков продельт изолированных побережий, 14 – песков фронта и равнины дельт изолированных побережий, 15 – песков промоин и проток дельт изолированных побережий, 16 – торфяников низовых болот, 17 – волнистых чередований алевроитов, песков и гравийников речных пойм, 18 – галечников, гравийников и песков речных русел; 19, 20 – геоморфологические элементы суши: 19 – речные долины и прибрежные низменности, 20 – водоразделы

Четвёртый этап заключался в обобщении результатов предыдущих стадий работы. Для прослеживания обстановок осадконакопления в межскважинном пространстве и выявления их латеральной смены в разрезах было построено три литолого-генетических профиля. Площадное распространение обстановок осадконакопления было отображено на палеогеографических схемах, построенных для 12 изохронных поверхностей, соответствующих трансгрессивным (Tmax) и регрессивным (Rmax) максимумам эволюции обстановок осадконакопления в палеобассейне. Полученные

схемы позволили проследить эволюцию палеогеографической ситуации во время формирования отложений исследуемого интервала.

4. ЛИТОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ СЛОЕВ

В исследуемом стратиграфическом интервале по выявленным в керне устойчивым сочетаниям первичных признаков отложений с использованием типизации слоёв эпиконтинентальных терригенных формаций было установлено 15 структурно-генетических типов слоёв:

- алевролиты глубоководного низкодинамического шельфа (тип ХА);
- тонкие чередования алевролитов и песчаников (типы УВ-I, УВ-II, УВ-III) и песчаники (типы УС-II, УС-III, УС-IV) высокодинамического шельфа;
- тонкие чередования алевролитов и песчаников подвижного (типы ZB-I, ZB-II) и алевролиты малоподвижного (типы ZA-I, ZA-II) мелководья лагуны;
- песчаники речных дельт и эстуариев (типы ZC-I, ZC-II, ZC-III);
- угли низовых болот побережий (тип КG)

В данной главе будет приведено иллюстрированное фотографиями литологическое описание и интерпретация условий формирования для каждого слоя, выделенного в керне интервала продуктивного пласта Ю₁.

4.1 Открытый шельф

Тип ХА

Данный тип отложений представлен алевролитами глинистыми темно-серыми и аргиллитами алевритистыми чёрными с неотчётливой горизонтальной слойчатостью, намечаемой незначительными изменениями соотношения алевритовых и пелитовых компонентов, а также плитчатым расколом породы. Доля пелитового материала увеличивается к средней и верхней частям слоя. В отложениях присутствуют единичные ростры белемнитов размером до 2 см в поперечном сечении, мелкий раковинный детрит двустворчатых моллюсков и округлые выделения сульфидов диаметром до нескольких миллиметров (Рисунок 9).

Накопление отложений, относящихся к типу ХА, происходило в дальней глубоководной области открытого шельфа. В связи со значительной удалённостью от берега и, как следствие, почти полным отсутствием континентального стока, тонкодисперсный материал в виде частиц постепенно осаждался из ненасыщенной взвеси в зоне низкой гидродинамики ниже базиса штормовых волн. Об отсутствии волновых процессов свидетельствует горизонтальная слойчатость отложений. Присутствие остатков морских нектонных организмов указывает на нормальную

солёность бассейна, а скопления сульфидов маркируют восстановительные условия осадконакопления.



Рисунок 9 Фрагмент керна, глубоководные алевролиты типа ХА: 1, 2 - роостр белемнита в поперечном и продольном сечениях соответственно, 3 - скопление раковинного детрита и роостров белемнитов

Типы УВ-I, УВ-II

Тонкие часто отчетливые линзовидно-полосчатые чередования алевролитов глинистых темно-серых (преобладают) и песчаников тонкозернистых светло-серых, иногда известковистых. Для типа УВ-I характерно увеличение количества и мощности песчаных слойков к верхней части слоя, для типа УВ-II, напротив, уменьшение. Отмечаются текстуры взмучивания, подворота слойков, присутствуют разнонаправленные ходы илороющих организмов. В отложениях присутствуют

мелкие стяжения сульфидов и тонкие (до 2 мм) линзовидные скопления фрагментов двустворок. (Рисунок 10)

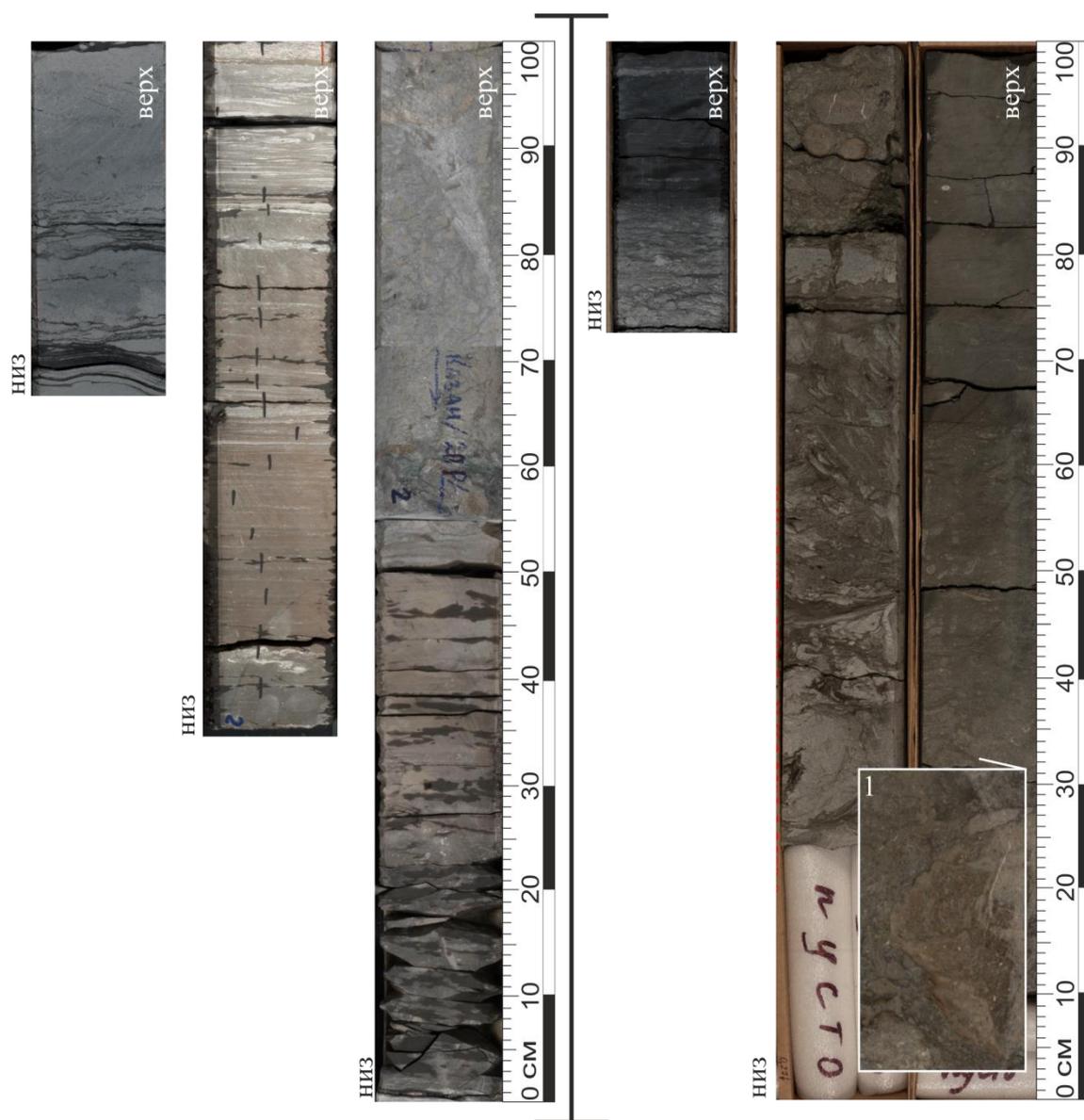


Рисунок 10 Фрагмент керна, альтерниты типа YB-I (слева) и типа YB-II (справа): 1 - стяжения сульфидов

Отложения рассмотренных типов формировались в обстановках открытого высокодинамичного шельфа между базами нормальных и штормовых волн при нормальной солености бассейна и восстановительных условиях. Между небольшими песчаными грядами, образованными слабыми волновыми процессами, отлагался тонкий алевро-пелитовый материал, увеличение доли которого в слое говорит о снижении гидродинамики, вызванном углублением бассейна, а уменьшение доли - о повышении вследствие обмеления моря. Таким образом, тип YB-I соответствует регрессивной фазе осадконакопления, а тип YB-II отвечает трансгрессивной стадии.

Тип УВ-III

Данный тип представлен волнистыми и линзовидно-полосчатыми чередованиями алевролитов глинистых тёмно-серых и песчаников тонкозернистых светло-серых. Присутствуют разнонаправленные ходы илороющих организмов. Для данного типа характерны отсутствие закономерности в размещении песчаных и алевро-пелитовых слойков и небольшая мощность. (Рисунок 11)

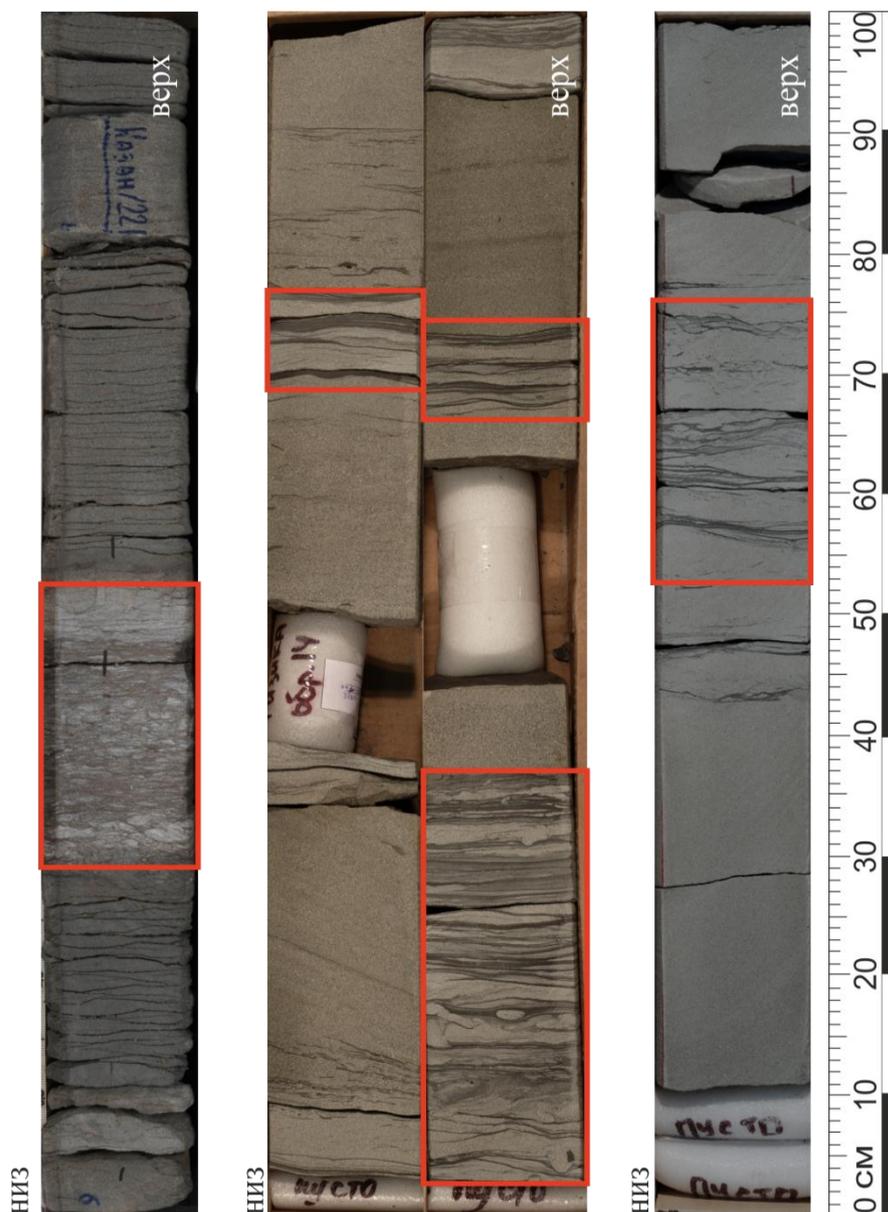


Рисунок 11 Фрагмент керна, альтерниты типа УВ-III (выделены красным)

Кроме того, слои типа УВ-III всегда располагаются между песчаными слоями.

Отложения данного типа формировались в депрессиях между песчаными аккумулятивными образованиями. Накопление материала проходило попеременно: песчаные слойки формировались под волновым воздействием во время штормов, алевро-пелитовые частицы осаждались из взвесей во время затишья.

Тип УС-II

К данному типу относятся песчаники от мелкозернистых в большей нижней части до тонкозернистых у кровли светло-серые, зеленовато-серые, часто известковистые. (Рисунок 12)

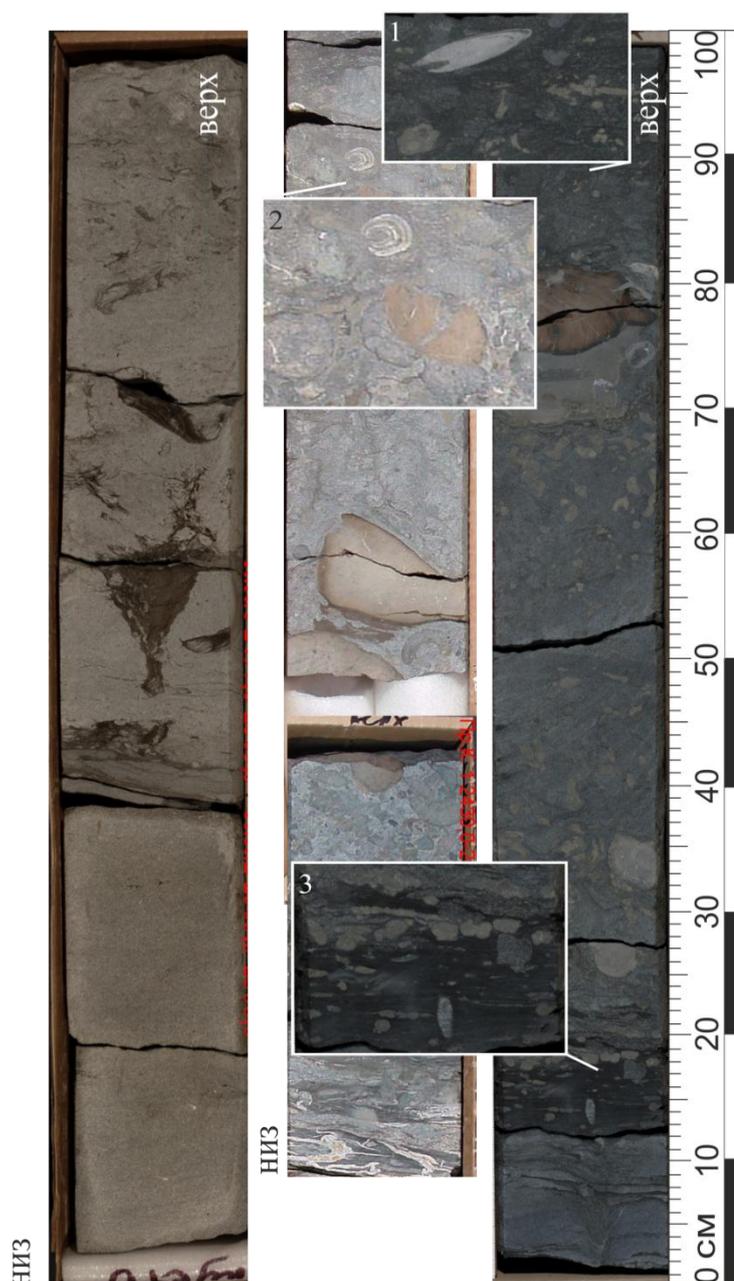


Рисунок 12 Фрагмент керна, песчаники типа УС-II: 1 - фрагмент раковины двустворчатого моллюска, 2 - ростр белемнита, 3 - конкреции сульфидов

Для песчаников данного типа характерны текстуры биотурбации и крупные разнонаправленные ходы илоедов. В слоях присутствуют раковины двустворчатых моллюсков, редкие фрагменты ростров белемнитов, а также многочисленные конкреции сульфидов размером до 2 см

Формирование слоев типа УС-II происходило на открытом шельфе под воздействием волн. Существенная биотурбированность осадков, вероятно, связана с

замедлением скорости привноса обломочного материала в дальнюю зону бассейна седиментации в следствие увеличения глубины.

Тип УС-III

Данный тип слагают песчаники от тонкозернистых до среднезернистых с максимумом гранулометрического состава в средней части слоя. (Рисунок 13)

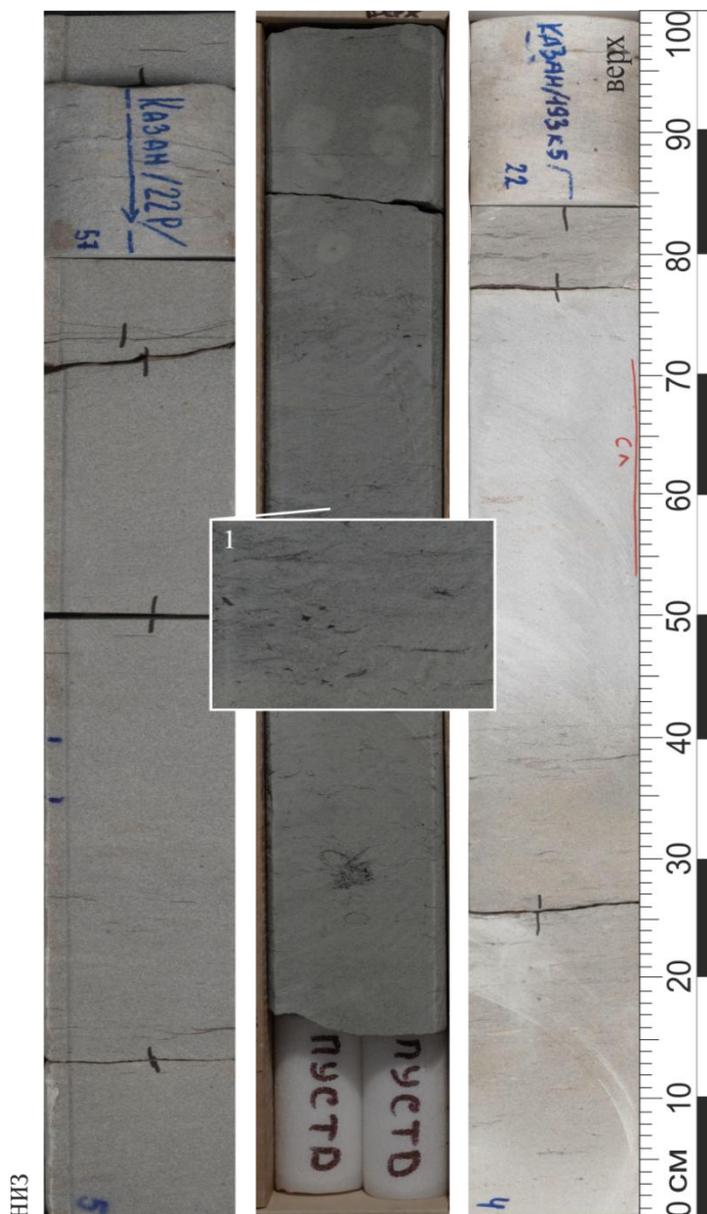


Рисунок 13 Фрагмент керна, песчаники типа УС-III: 1 - углефицированный растительный детрит

Песчаники светло-серые с волнистой слоистостью, намечаемой углисто-глинистыми намывами. Присутствует мелкий углефицированный растительный детрит и намывы сидерита, иногда редкие разнонаправленные ходы илоедов и песчано-карбонатные (кальцитовые) конкреционные линзы. В верхней части разреза в песчаниках фрагменты раковин двустворчатых моллюсков размером до 1 см.

Формирование отложений типа УС-III происходило в высокодинамичной зоне шельфа при осадении материала, привносимого с прибрежной равнины и отсортированного волнениями. Под действием волн формировались крупные песчаные положительные формы рельефа: островные бары и подводные валы.

Тип УС-IV

К типу УС-IV относятся песчаники от крупнозернистых в нижней части до тонкозернистых у кровли с массивной текстурой или косой однонаправленной слоистостью, намечаемой тонкими намывами алевро-пелитового материала. (Рисунок 14)

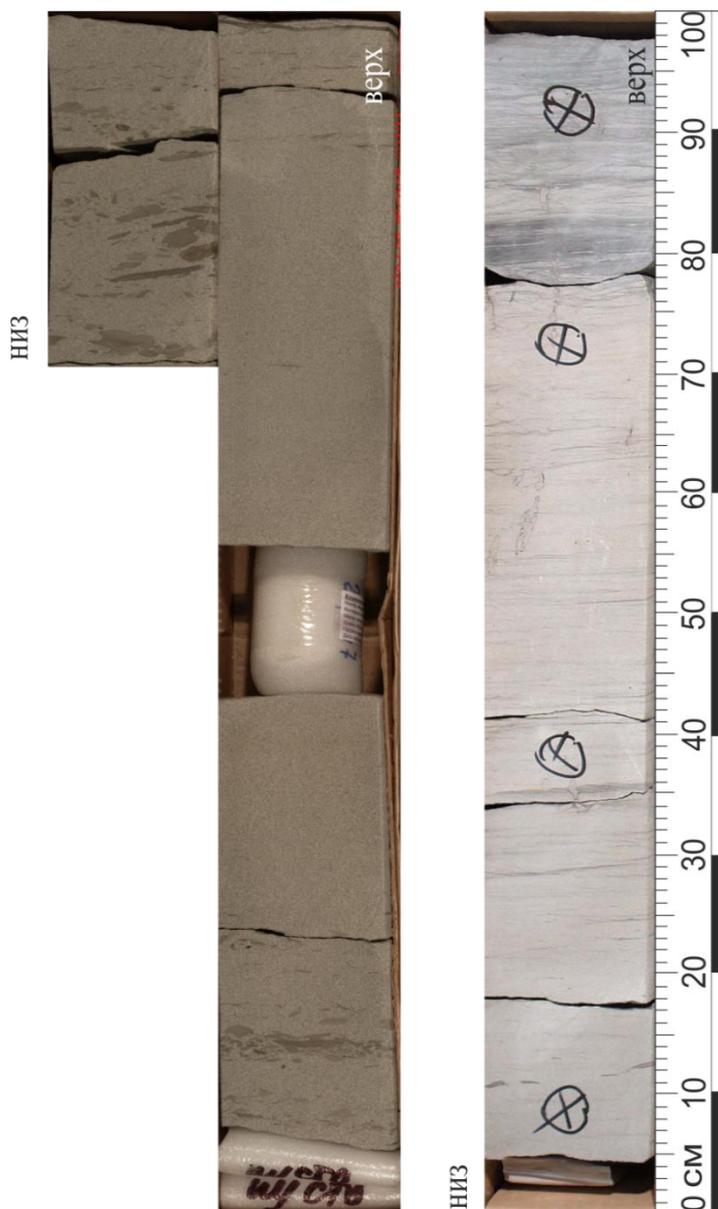


Рисунок 14 Фрагмент керна песчаники типа УС-IV

В основании слоёв эрозионный контакт. Для отложений данного типа характерно наличие многочисленных крупных обломков глинисто-алевритовых пород в

приподошвенной части. В верхней части слоя присутствуют вертикальные ходы илороющих организмов.

Формирование песчаников типа УС-IV происходило в условиях шельфа при повышенной гидродинамике и было связано с периодической волновой активностью во время штормов. Волновое воздействие часто приводило к локальным размывам слабо уплотнённых глинисто-алевритовых отложений, в результате чего в основании накапливаемого слоя образовывались галька и гравий. Впоследствии при снижении динамики среды отлагался более тонкий материала.

4.2 Изолированное мелководье (лагуна)

Типы ZB-I, ZB-II

Отложения данного типа представлены тонкими линзовидно-полосчатыми и волнистыми чередованиями алевритов глинистых темно-серых и песчаников тонкозернистых светло-серых. Для типа ZB-I характерно увеличение количества и мощности песчаных слойков к верхней части слоя, для типа ZB-II, в свою очередь, уменьшение. В слоях отмечаются текстуры биотурбации, разнонаправленные ходы илороющих организмов. В отложениях присутствует углефицированный детрит, остатки корней *in situ*, конкреции сидерита диаметром до 3 см и скопления раковинного детрита. (Рисунок 14)

Слои рассмотренных типов формировались в дальней части изолированного бассейна, при этом накопление алевро-пелитового материала происходило путём осаждения частиц из взвеси при низкой гидродинамике, привнос песчаного вещества со стороны открытого бассейна производился волновой деятельностью во время штормов, а растительные фрагменты поступали за счёт размыва береговых торфяников. На трансгрессивных стадиях вследствие приближения к тыловой части бара доля псаммитового материала в разрезе возрастала, в то время как на регрессивных фазах уменьшалась.

Кроме того, формирование слоёв типа ZB-I в ряде случаев было связано с развитием речной дельты в изолированном бассейне, когда накопление тонких алевро-пелитовых осадков лагуны чередовалось с внедрявшимися песками выдвигающейся дельты реки. В таком случае отложения характеризуются текстурами подворота слойков, взмучивания и просадок.



Рисунок 15 Фрагмент керна, альтерниты типа ZB-I (слева) и типа ZB-II (справа): 1 - раковинный детрит

Типы ZA-I, ZA-II

Алевролиты глинистые темно-серые с неотчетливой горизонтальной слоистостью, намечаемой незначительными изменениями соотношения алевроитовых и пелитовых компонентов, а также плитчатым расколом породы. Для типа ZA-I характерно увеличение размерности частиц к верхней части слоя, тогда как тип ZA-II отличается максимальной долей пелитовых частиц у кровли. Данным типам слоев присущи большое количество мелкого и среднего углефицированного растительного детрита, крупные остатки корней *in situ*, а также частые углистые прослои толщиной до 1 см.

Кроме того, в отложениях часто присутствуют тонкие намывы и конкреции сидерита размером до 2 см. (Рисунок 16)

Осадки накапливались в прибрежной части изолированного бассейна в зоне пониженной гидродинамики, где алевро-пелитовые частицы осаждались из взвеси. На близкое расположение береговой линии указывает обилие растительных остатков.

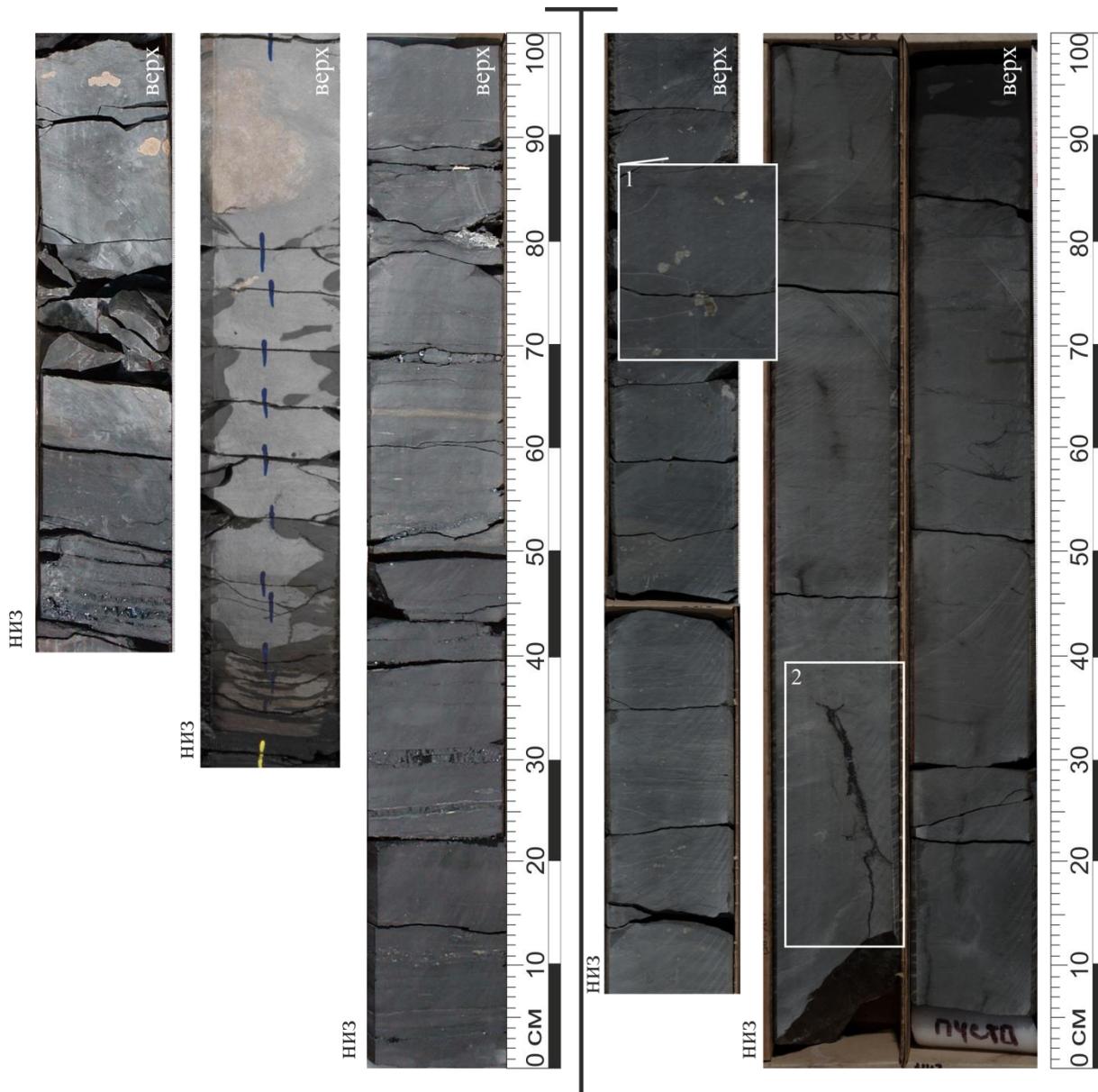


Рисунок 16 Фрагмент керна, алевропелиты типа ZA-I (слева) и типа ZA-II (справа): 1 - стяжения сульфидов, 2 - остаток корня *in situ*

4.3 Эстуарий и дельта изолированного побережья

Тип ZС-I

Отложения данного типа представлены песчаниками от мелкозернистых в основании до тонкозернистых в кровельной части, светло-серыми с неотчетливой волнистой слойчатостью, нарушенной биотурбацией. В слоях присутствуют

разнонаправленные ходы илороющих организмов. Для песчаников данного типа характерно уменьшение зернистости вверх по разрезу. (Рисунок 17)



Рисунок 17 Фрагмент керна, песчаники типа ZC-I

Песчаники данного типа формировались на трансгрессивной фазе осадконакопления, когда при повышении уровня моря происходило затопление устьевой части реки и образование воронкообразного залива - эстуария. По мере постепенного увеличения глубины бассейна осадконакопление замедлялось, откладывался все более тонкий псаммитовый материал. При снижении скорости накопления отложений участки дна заселял бентос.

Тип ZC-II

Данный тип сложен песчаниками от тонко- и мелкозернистых у подошвы до среднезернистых в кровле светло-серыми с косою однонаправленной слоистостью, намечаемой тонкими намывами алевро-пелитового материала. Для них характерно увеличение размера зерен вверх по разрезу. (Рисунок 18)

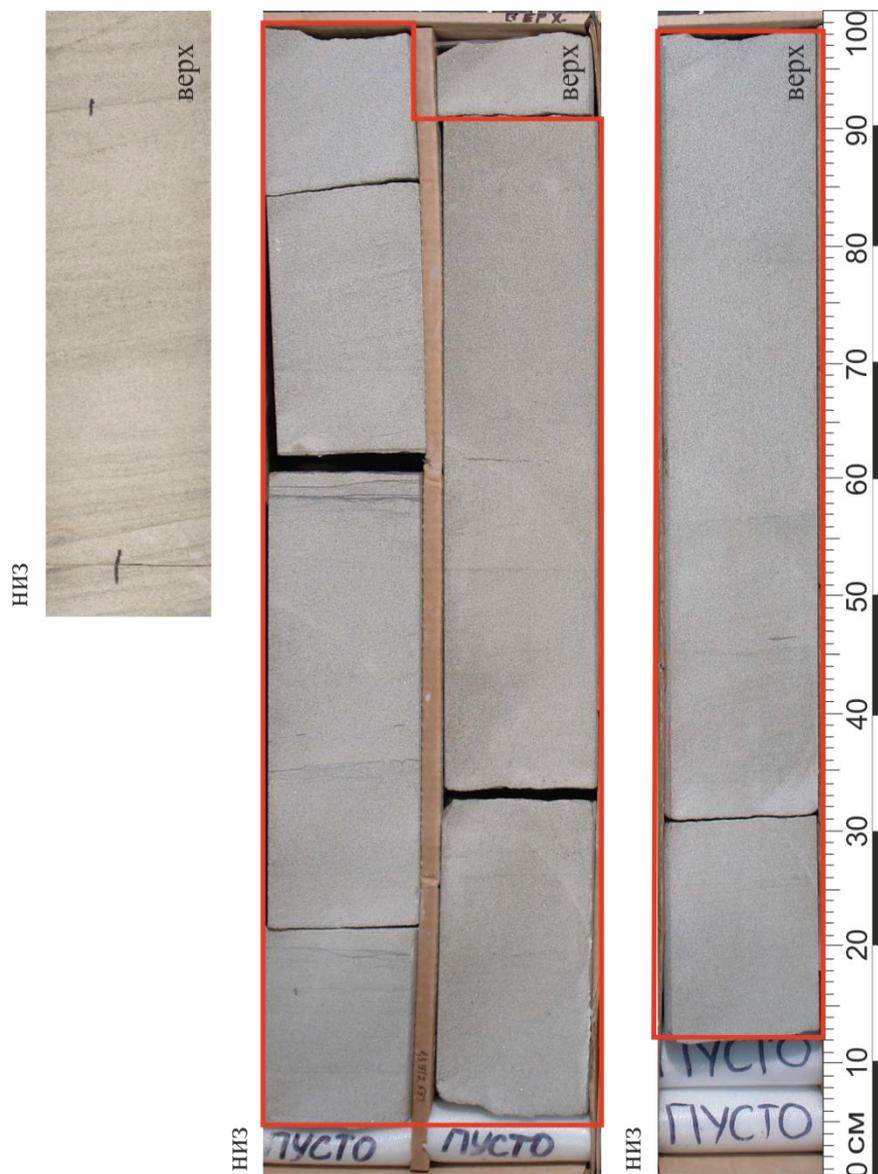


Рисунок 18 Фрагмент керна, песчаники типа ZC-II

Накопление песчаников происходило на регрессивных стадиях, когда за счёт углубления речной долины твёрдый сток в лагуну постепенно увеличивался, и в устье реки формировалась дельта.

Тип ZC-III

К типу ZC-III относятся песчаники от среднезернистых в нижней части до тонкозернистых у кровли, светло-серые и буровато-серые с волнистой и косою однонаправленной слоистостью. (Рисунок 19)



Рисунок 19 Фрагмент керна, песчаники типа ZC-III

Для отложений характерно уменьшение размера зёрен вверх по разрезу вплоть до перехода к прослоям алевролитов глинистых тёмно-серых. В слоях присутствует большое количество крупного углефицированного растительного детрита, остатков растений на межслойковых поверхностях и корней *in situ*.

Формирование данного типа связано с развитием дельтовых проток, которые заполнял песчаный материал. При заполнении проток псаммитовым веществом скорость осадконакопления снижалась, что приводило к накоплению алевропелитового материала в прикровельной части. На финальной стадии осадки подвергались процессам гидроморфного почвообразования.

4.4 Прибрежная равнина

Тип КГ

Данный тип отложений слагают угли черные с матовым и жирным блеском.
(Рисунок 17)

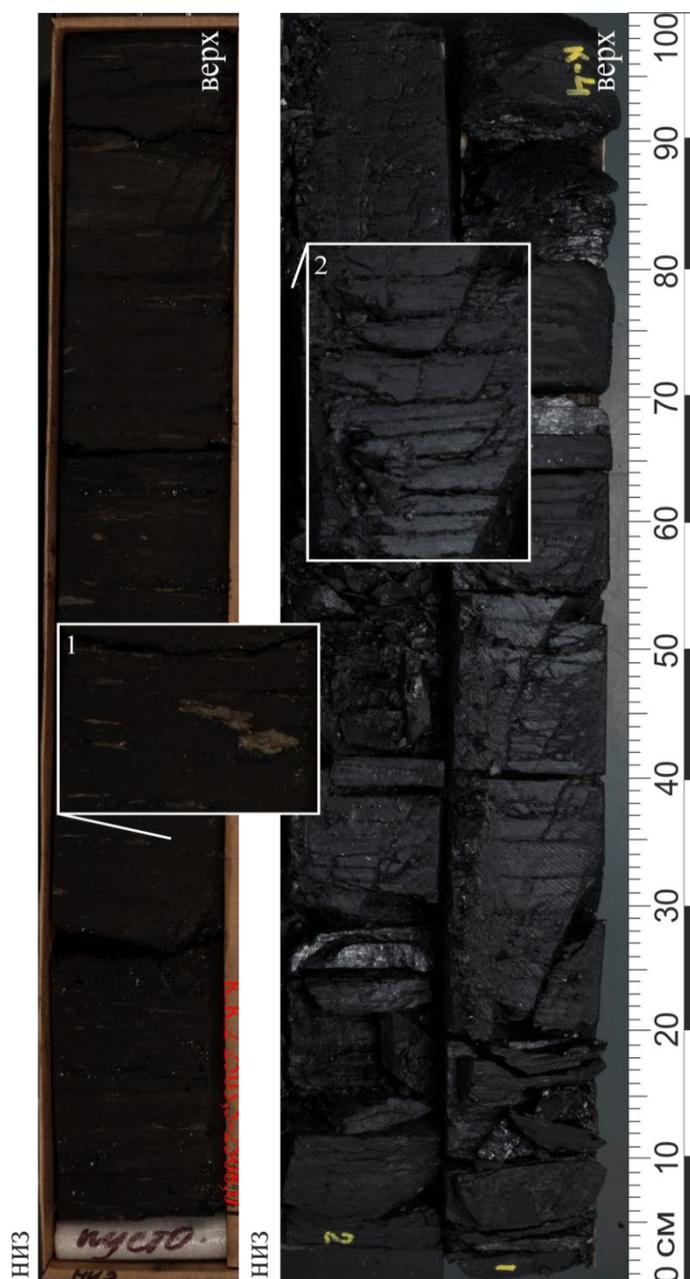


Рисунок 20 Фрагмент керна, угли типа КГ

Полосчатую текстуру намечает плитчатый раскол породы. В слоях присутствуют многочисленные стяжения сульфидов размером до 2 см.

Отложения данного типа формировались у уреза воды, где длительное развитие застойных условий приводило к возникновению болот с влаголюбивыми высшими растениями. После захоронения растительности образовывались торфяные массы, в последующем преобразованные процессами литогенеза в уголь.

5. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЦИКЛОТЕМ И СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Керн скважин даёт возможность наблюдать только случайные вертикальные сечения трёхмерных геологических тел. Такие многократно повторяющиеся в разрезах вертикальные слоевые последовательности Дж. Уэллер (Weller, 1930) назвал «циклотемами». Чтобы описать полное геологическое тело, изменчивое по латерали, необходимо установить закономерности изменения слоевой структуры циклотем и выстроить их в латеральные ряды. (С.Б. Шишлов, 2010)

С использованием «Концептуальной модели обстановок осадконакоплений...» в изучаемом стратиграфическом интервале были установлены циклотемы трёх генетических типов: эстуария и дельты изолированного побережья, лагуны и открытого шельфа. Строение и процесс формирования каждой циклотемы будет рассмотрен подробнее.

Первый тип трансгрессивно-регрессивных последовательностей — лагунный — широко распространён в пределах всего рассмотренного интервала. Идеальную циклотему лагуны первым описал А. В. Македонов. Для неё характерно увеличение размера зёрен и смена пелитового материала псаммитовым на трансгрессивной фазе. Это связано с тем, что по мере развития трансгрессии при подъёме уровня моря происходило подтопление островного бара и миграция обстановок осадконакопления в сторону суши. Кроме того, степень изоляции лагуны снижалась, из-за чего в её пределы транспортировалось больше кластического материала со стороны открытого бассейна. На регрессивной фазе, напротив, происходило накопление все более тонкого материала в расширяющихся обстановках подвижного и малоподвижного мелководья лагуны в связи со смещением бара в направлении от береговой линии. Окончание трансгрессивно-регрессивного цикла характеризуется процессами гидроморфного почвообразования и расширением области накопления торфяников, что в разрезе маркируется угольными пластами. Поэтому полную вертикальную последовательность слоёв лагуны отражает идеальная циклотема со структурной формулой: ZA-I → ZB-I → YC-III → ZB-II → ZA-II → KG.

В изученном интервале присутствуют как полные (идеальные) циклотемы со структурной формулой, включающей все структурно-генетические типы слоёв (Рисунок 21), так и редуцированные, где отсутствуют один или несколько типов.

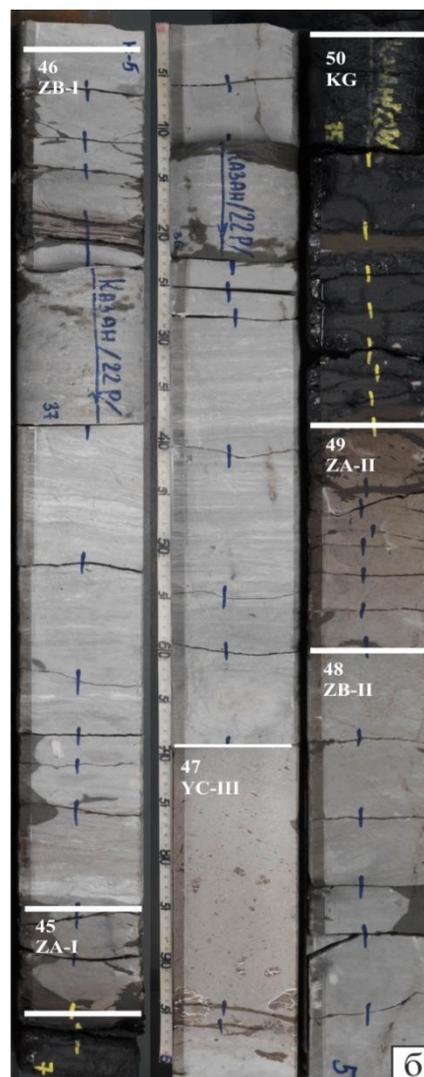
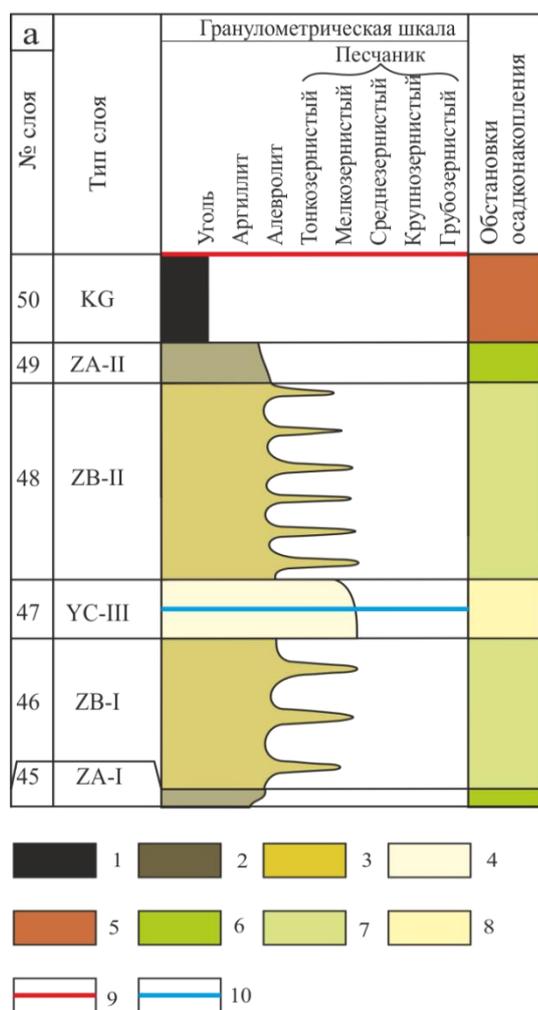


Рисунок 21 а) трансгрессивно-регрессивная последовательность, выделенная в скважине №22; б) фотография ядра - слоевая последовательность трансгрессивно-регрессивной фазы цикла.

Условные обозначения: 1 – уголь; 2 – аргиллиты и алевролиты; 3 – чередования аргиллитов, алевролитов и песчаников; 4 – песчаники; 5 – низовое болото; 6 – малоподвижное мелководье лагуны; 7 – подвижное мелководье лагуны; 8 – островной бар; 9 – регрессивный максимум; 10 – трансгрессивный максимум

Циклотемы **второго типа** образуются в обстановках эстуария и дельты реки, впадающей в лагуну. Для этого типа характерны преимущественно песчаный разрез, почти полное отсутствие морской фауны и обилие остатков флоры. Эти особенности отражает идеальная циклотема со структурной формулой: ZC-I → ZA-I → ZB-I → ZC-II → ZC-III → ZA-II → KG.

На трансгрессивной фазе накопление песчаного материала происходит в эстуарии, который образуется при затоплении устьевой части реки, вызванном поднятием уровня моря. При дальнейшей трансгрессии обстановки мигрируют в сторону берега и на смену песчаникам эстуария приходят отложения лагуны. На регрессивной стадии

происходит углубление речной долины, которое приводит к выносу терригенного материала в лагуну с образованием дельты. При выдвигании речной дельты алевропелитовые отложения прodelьты сменяются песками фронта дельты, дельтовой равнины и дельтовых проток. На финальной стадии дельтовая равнина заболачивается и здесь накапливаются торфяники. (Рисунок 22)

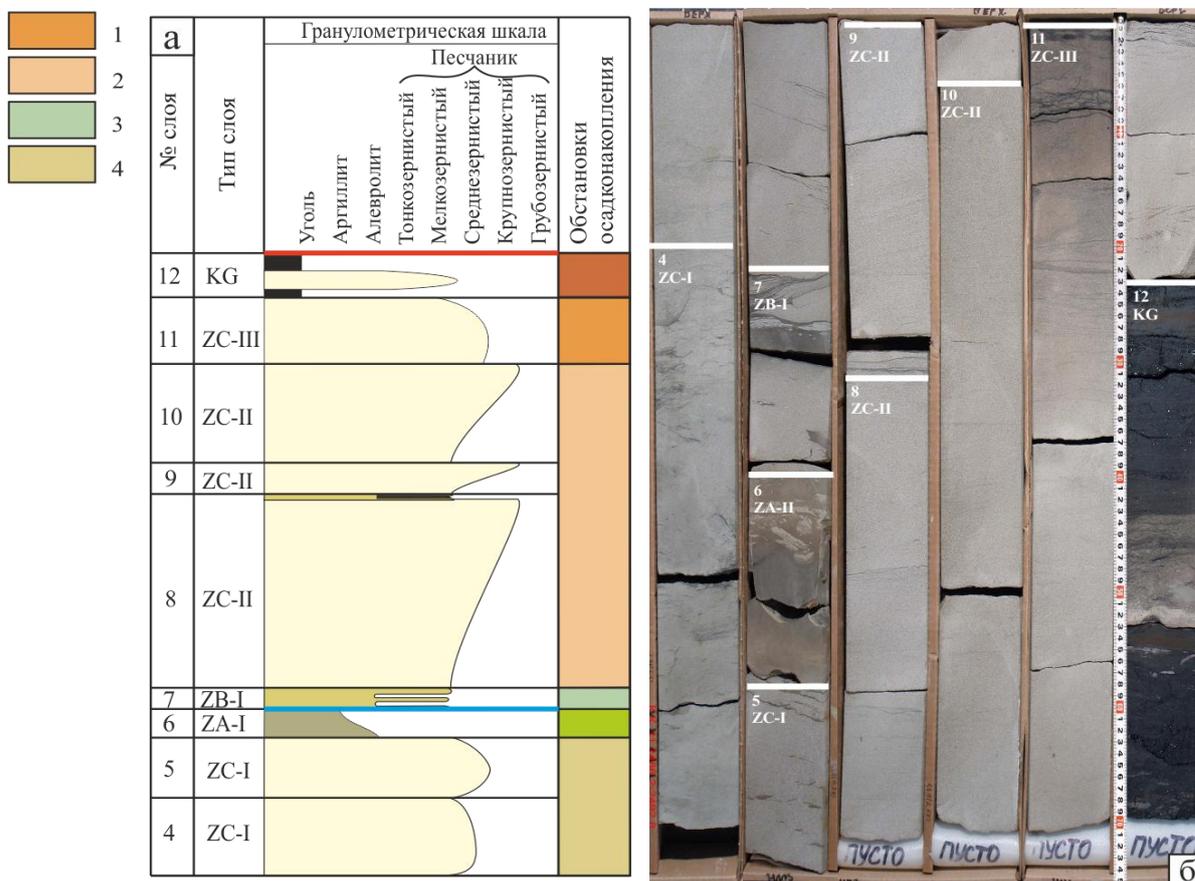


Рисунок 22 а) трансгрессивно-регрессивная последовательность, выделенная в скважине №15; б) фотография ядра - слоевая последовательность трансгрессивно-регрессивной фазы цикла.

Условные обозначения: 1 – дельтовая промоина; 2 – дельтовая равнина;

3 – прodelьта; 4 – эстуарий. Остальные условные обозначения см. на рис.21

В верхней части исследованного стратиграфического интервала установлены циклотемы **третьего типа** – открытого шельфа, которые маркируют начало келловей-оксфордской трансгрессии. Данный тип объединяет циклотемы открытого мелководья в нижней части разреза и глубоководного шельфа в верхней, поэтому для него характерно общее уменьшение размера накапливаемого материала вверх по разрезу.

Начало формирования отложений открытого мелководного шельфа на трансгрессивной фазе характеризуется накоплением псаммитового материала в обстановках островных баров и подводных песчаных валов. Дальнейший ход процесса осадконакопления сопряжен с продолжающимся повышением уровня моря, вследствие

чего сокращался объем привносимого кластического материала. При этом в разрезе песчаные слои сменяются на чередования алевро-пелитового и псаммитового веществ. Регрессивная стадия может быть охарактеризована обратным ходом описанных процессов.

Отложения глубоководного шельфа, в свою очередь, формировались при трансгрессиях большей амплитуды, когда береговая линия перемещалась на значительное удаление и континентальный сток практически прекращался. В связи с этим осадки накапливались путем осаждения из ненасыщенный взвесей.

Таким образом, полная циклотема открытого шельфа может быть описана структурной формулой $YC-II \rightarrow YB-III \rightarrow YC-II \rightarrow YB-II \rightarrow XA \rightarrow YB-I \rightarrow YC-III \rightarrow YC-IV$.

Однако в исследуемом интервале циклотема открытого шельфа несколько имеет несколько иной вид, отличный от идеального. (Рисунок 23)

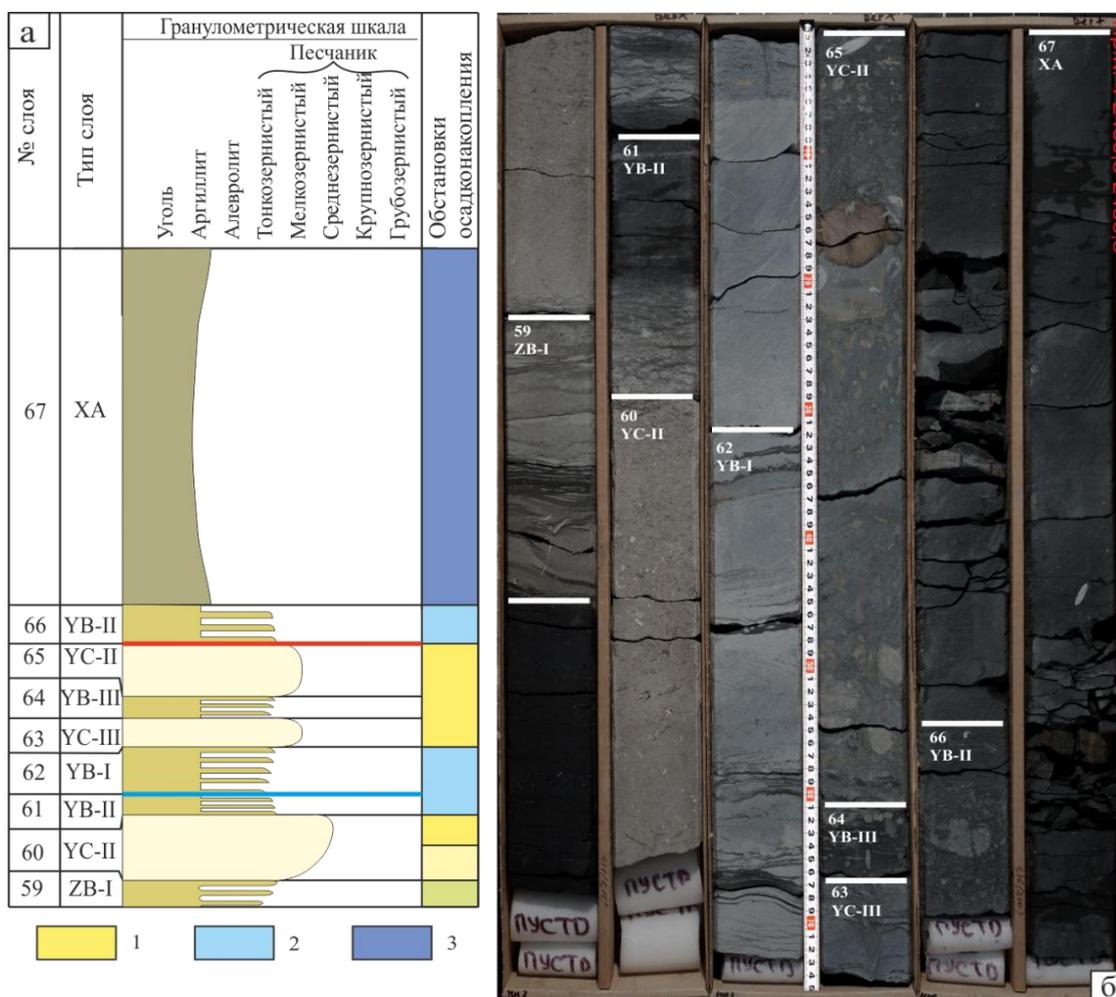


Рисунок 23 а) трансгрессивно-регрессивная последовательность, выделенная в скважине №18; б) фотография ядра - слоевая последовательность трансгрессивно-регрессивной фазы цикла. Условные обозначения: 1 – подводные песчаные вали; 2 – лоскутные пески; 3 – глубоководные илы. Остальные условные обозначения см. на рис. 21

6. КОРРЕЛЯЦИЯ

Проведение анализа вертикальных последовательностей слоёв с выделением циклотем обеспечило выявление в интервале следов трансгрессивно-регрессивных колебаний уровня моря, ставших основным критерием детальной корреляции частных разрезов. (Приложение 2)

Выделение границ васюганской свиты в исследуемом интервале производилось в соответствии с Решением 6-го Межведомственного стратиграфического совещания. Верхняя часть интервала (слои УВ-I, УВ-II, ХА) соответствует подошвам георгиевской и баженовской свит, выступившим в качестве опорных верхних границ, уверенно выделяемых в разрезе и на каротажных кривых. В связи с этим детальная корреляция скважин производилась сверху вниз, а в качестве основных реперов были выбраны угольные пласты, соответствующие последнему максимуму регрессии в пределах васюганской свиты.

В результате детальной корреляции в рассмотренном стратиграфическом интервале было установлено 6 трансгрессивно-регрессивных циклов осадконакопления, прослеженных в каждой скважине.

Кроме того, отложения исследуемого интервала на основе литологического состава с использованием разбивки К.Е. Закревского (К.Е. Закревский и др., 2016) были разбиты на 4 пласта: песчаные Ю₁³⁻⁴, Ю₁², Ю₁⁰ и угольную пачку У₁.

7. ЭВОЛЮЦИЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПЛАСТА Ю₁

Результатами рассмотрения порядка накопления отложений в трансгрессивно-регрессивных последовательностях стали литолого-генетические профили, отражающие закономерности латеральных изменений слоевой структуры и иллюстрирующие смену обстановок осадконакопления. (Приложения 3 – 5)

Анализ литолого-генетических профилей позволил выделить некоторые особенности рассмотренного интервала. Главной чертой, присущей всем разрезам, является широкое развитие лагунных обстановок осадконакопления, а также завершение осадконакопления глобальной трансгрессией в верхней части стратиграфического интервала.

На профилях 22–15–193–14–147 (Приложение 3) и 18–20–22 (Приложение 5) заметно, что в нижней части интервала с юга на север выдвигается дельтовая система. Выше по разрезу баровые обстановки сменяются лагунными в направлении с севера на юг. В направлении с юго-запада на северо-восток (Приложение 4) видна относительная

выдержанность обстановок осадконакопления, что даёт возможность выдвинуть предположение о совпадении направления построения разреза и береговой линии.

Итогом проделанной работы являлось построение серии палеогеографических схем в количестве 13 штук для узких интервалов геологического времени, соответствующих трансгрессивным (Tmax) и регрессивным (Rmax) максимумам, показывающих основные этапы формирования пластов Ю₁³⁻⁴ и Ю₁². (Рисунки 24, 25)

В результате показано, что интервал Ю₁³⁻⁴ формировался в течение двух (I и II) трансгрессивно-регрессивных циклов. (Рисунок 24)

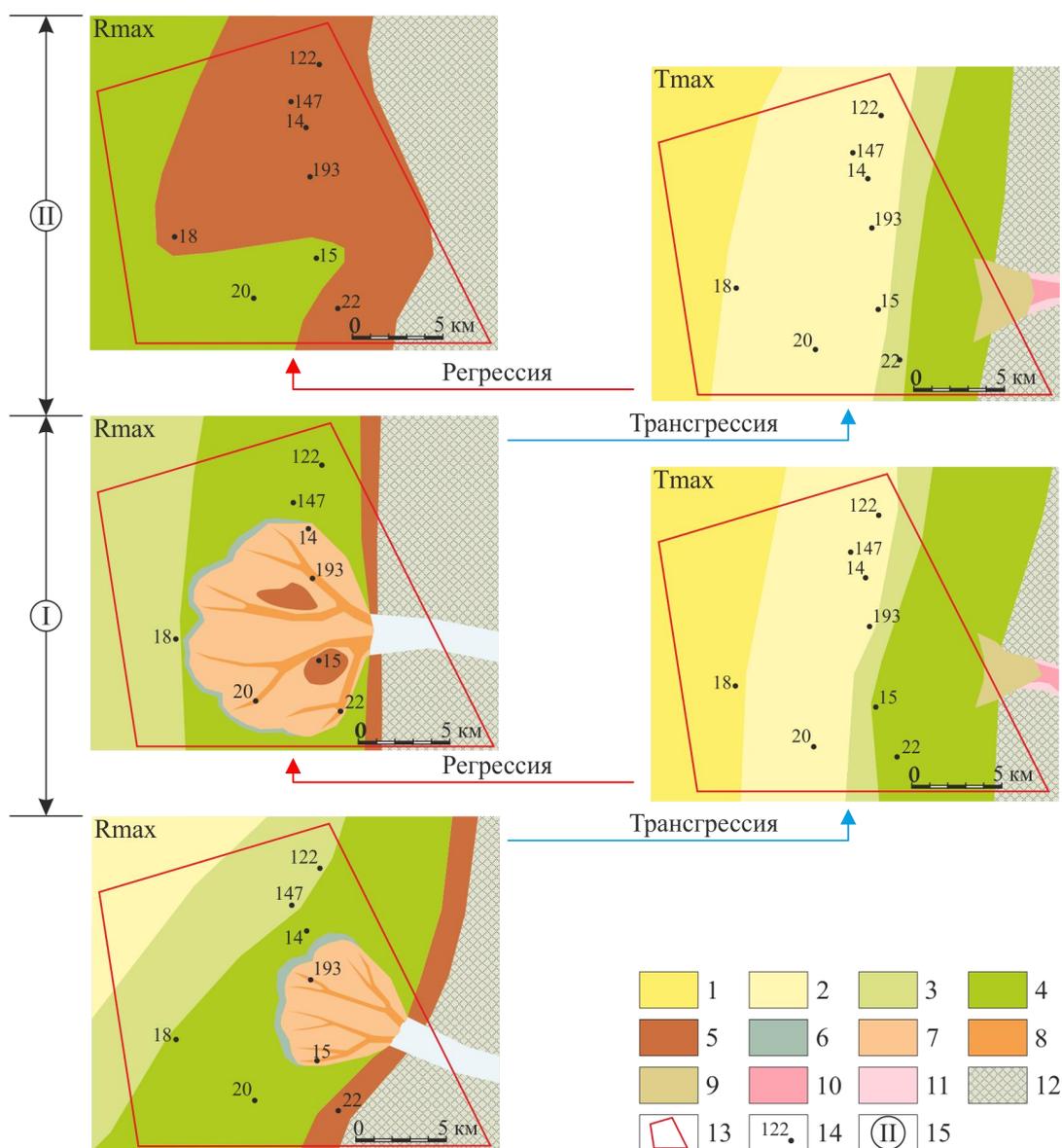


Рисунок 24 Палеогеографическая ситуация во время трансгрессивных (Tmax) и регрессивных (Rmax) максимумов при формировании пласта Ю₁³⁻⁴. 1–12: обстановки накопления: 1 – песков подводных валов, разделенных межваловыми депрессиями (чередования алевритов и песков), 2 – песков островных баров, 3 – чередований алевритов и песков подвижного мелководья лагуны, 4 – глин и алевритов малоподвижного мелководья лагуны, 5 – торфяников низовых болот; 6 –

чередований алевритов и песков продельты; 7 – песков дельтовой равнины; 8 – песков дельтовых протоков; 9 – песков эстуария; 10 – песков, гравийников и галечников русла; 11 – чередований алевролитов и песков поймы; 12 – абрадируемая суша; 13 – границы месторождения; 14 – скважины и их номера; 14 – номера трансгрессивно-регрессивных циклов седиментации.

В это время происходила эволюция лагунной и речной систем седиментации. На регрессивных фазах береговая линия и обстановки осадконакопления смещались в западном направлении. За счёт углубления речной долины твёрдый сток в лагуну увеличивался, в результате чего в изолированном бассейне в центральной части рассматриваемой площади образовывалась дельта реки. На трансгрессивных фазах береговая линия смещалась к востоку и алевро-пелитовые лагунные отложения перекрывались псаммитовыми осадками островных баров и подводных песчаных валов, имеющих субмеридиональное простирание. В устье впадающей в лагуну реки возникал воронкообразный залив – эстуарий. Можно предполагать, что в это время переуглубленную долину реки заполнял аллювиальный материал (Posamentier, Allen, 1999).

Между окончанием формирования пласта Ю₁³⁻⁴ и началом образования пласта Ю₁² на регрессивной фазе II и III циклов огромную площадь занимали торфяники низовых болот, последующее захоронение которых привело к формированию угольного пласта У₁ (Рисунок 25).

Образование пласта Ю₁² происходило в течение трёх (IV, V, VI) трансгрессивно-регрессивных циклов седиментации в обстановках лагуны и высокодинамичного шельфа (Рисунок 25).

На максимумах трансгрессий в обстановках баров и подводных валов накапливался песчаный материал. На трансгрессии пятого цикла произошло значительное смещение обстановок осадконакопления на юго-восток. В это время за счёт ветрового нагона вод, предположительно, произошло разрушение островного бара, вследствие чего накопленный материал был вынесен и переотложен в лагуне с образованием песчаной дельты прорыва. Регрессивные фазы осадконакопления отличаются накоплением алевро-пелитовых отложений низкодинамичного мелководья лагуны и торфяников низовых болот побережий.

Формирование пласта Ю₁² завершилось значительным увеличением глубины бассейна седиментации, которое привело к накоплению алевро-пелитовых отложений дальней области открытого шельфа (георгиевской свиты) на всей исследуемой площади.

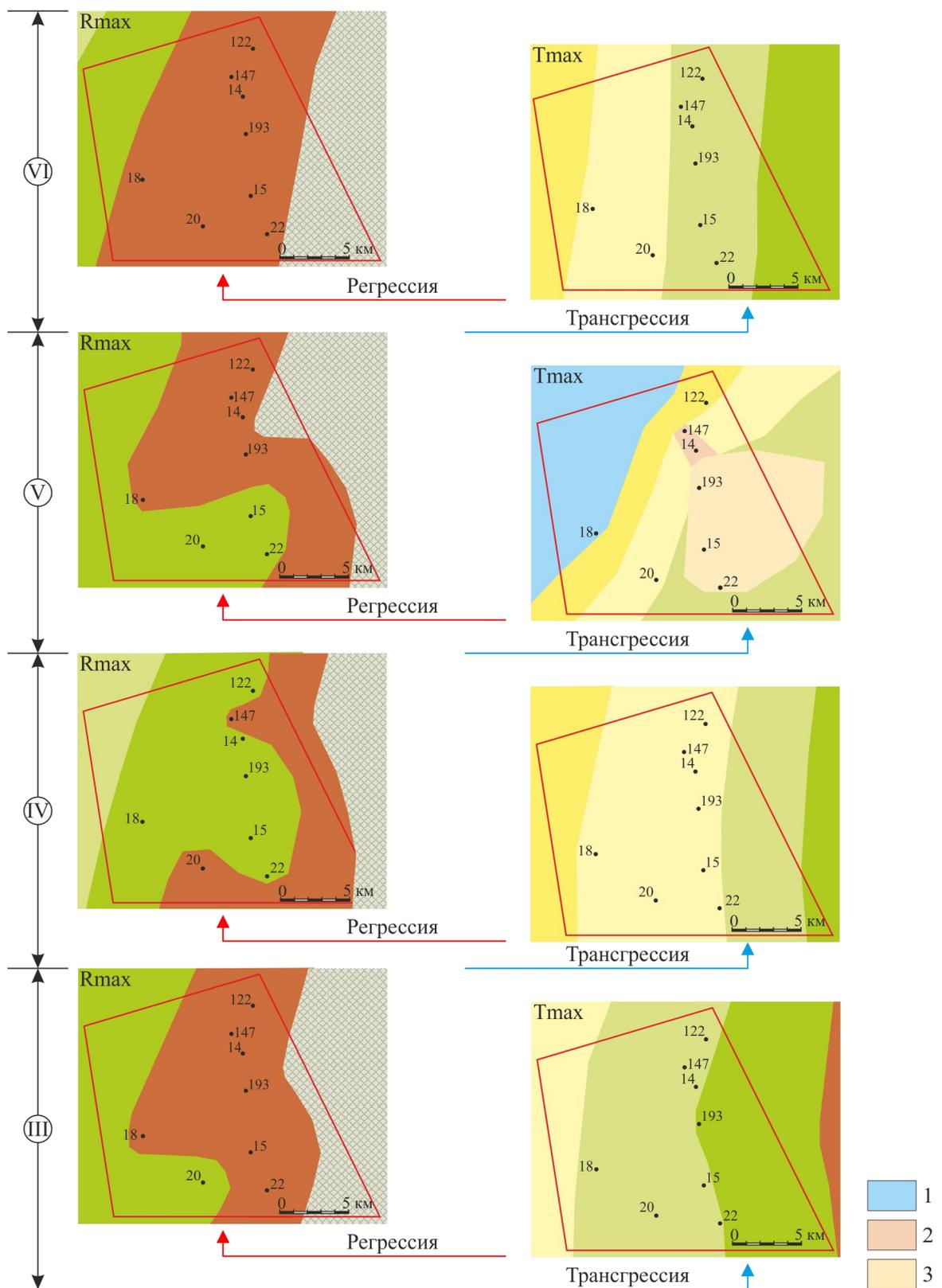


Рисунок 25 Палеогеографическая ситуация во время трансгрессивных (T_{max}) и регрессивных (R_{max}) максимумов при формировании пластов U_1 и $Ю_1^2$. 1–3: обстановки накопления: 1 – линзовидные чередования алевритов и песков открытого шельфа; 2 – пески с мелкой галькой канала прорыва; 3 – пески дельты прорыва. Остальные условные обозначения см. на рис. 24.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы было проведено изучение отложений Казанского месторождения Западной Сибири на основе структурно-генетического и литолого-фациального анализа по данным бурения (керновый материал) и диагностики фаций по геофизическим исследованиям восьми скважин.

Работа базировалась на применении концептуальной модели обстановок осадконакопления в верхнеюрско-раннемеловом эпиконтинентальном бассейне Западной Сибири.

В результате выполненного исследования для пластов Ю₁³⁻⁴ и Ю₁² реконструированы обстановки седиментации и впервые для отложений Казанского месторождения выделены циклотемы, сформировавшиеся в результате трансгрессивно-регрессивных изменений уровня моря и ставшие основой детальной корреляции частных разрезов. Кроме того, составлены три литолого-генетических профиля и серия из тринадцати палеогеографических схем для узких интервалов геологического времени. В отличие от опубликованных ранее довольно общих и статичных реконструкций, построенные в данной работе детальные схемы позволили проследить эволюцию палеогеографической ситуации при формировании горизонта Ю₁ васюганской свиты Казанского месторождения. В ходе исследования были реконструированы условия образования пластов Ю₁³⁻⁴ и Ю₁² Казанского месторождения.

В результате работы показано, что рассматриваемый стратиграфический интервал сформировался преимущественно в прибрежно-морских условиях в течение шести трансгрессивно-регрессивных циклов. При этом коллекторами углеводородов Казанского месторождения в этом стратиграфическом интервале являются песчаники пласта Ю₁³⁻⁴, которые накапливались в обстановках баров, эстуария и дельты реки, впадающей в лагуну, а также песчаные тела пласта Ю₁², сложенные преимущественно осадками островных баров и дельты прорыва. Вне границы лицензионного участка предполагается наличие речных аллювиальных отложений, перспективных на поиски углеводородов.

Полученные итоги во многом согласуются с результатами реконструкций, опубликованных ранее. Так, в очередной раз было подтверждено широкое развитие лагунных обстановок осадконакопления в разрезе и принадлежность отложений верхней части стратиграфического интервала к шельфовым фациям. Однако удалось выявить и новые особенности палеогеографии района работ. В нижней части

рассмотренного интервала было установлено наличие речных отложений, которые, например, не учитывались в модели К.В. Габовой и Г.Г Кравченко (2016).

Итоги работы могут быть использованы для прогнозирования распространения коллекторов и зон их выклинивания или замещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины, масштаб: 1:5000000. редактор И.И. Нестеров [Книга]. - Тюмень, 1976. - стр. 85.
2. Белозеров В.Б., Палеогеографические особенности формирования нефтеносных пластов васюганской свиты Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета, 2007. Т.311.№1, 67–72 с.
3. Вакуленко Л.Г., Дульцева О.В., Бурлева О.В., Строение и обстановки формирования васюганского горизонта (верхи бата-оксфорд) на территории Александровского свода (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 2011, т. 52, № 10, с. 1538–1556
4. Габова К.В., Кравченко Г.Г. Седментационная модель средне-позднеоксфордских отложений Казанской группы месторождений по результатам исследования керна (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327. № 11. 45–56
5. Габдуллин Р.Р. Нефтегазоносные бассейны мира / Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова. 2020. – 386 с.
6. Габова К.В., Кравченко Г.Г. Геохимия элементов-примесей верхнеюрских отложений Казанской группы месторождений / Габова К.В. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2016. – Т. 15, №19. – С. 105-113.
7. Гущина А.А., Султанова К.С. Условия осадконакопления на территории Западной Сибири в позднеюрское время // Геология, прогноз, поиски и разведка УВ / Материалы XXI Губкинских чтений (г. Москва, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 24-25 марта 2016г). / Москва, 2016. С. 86–90.
8. Даненберг Е.Е, Белозеров В.Б., Брылина Н.А, Геологическое строение и нефтегазоносность верхнеюрско-нижнемеловых отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты (Томская область). Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 291 с.
9. Дульцева О.В. Обстановки формирования подугольной толщи на юго-востоке Западно-Сибирской плиты // Геология, прогноз, поиски и разведка УВ / Материалы

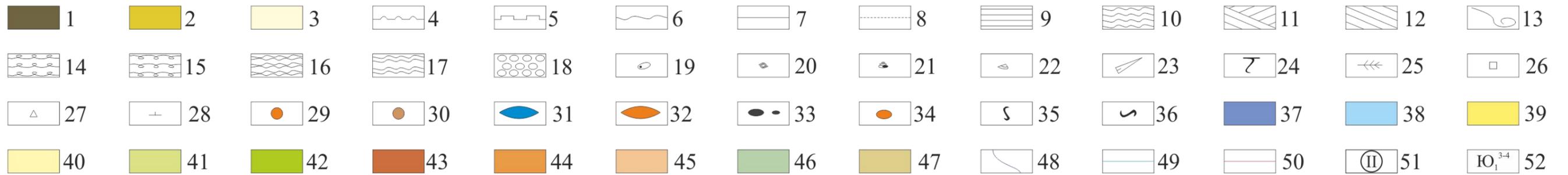
XXI Губкинских чтений (г. Москва, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 24-25 марта 2016г). / Москва, 2016. С. 90–98.

10. Закревский К.Е., Бобров А.В., Воробьев и др. Геологическое моделирование горизонта Ю1 Томской области / под ред. К.Е. Закревского. – Томск: Издательский Дом Томского гос. ун-та, 2016. – 154 с.
11. Зылева Л. И., Коркунов К. В., Козырев В. Е. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Серия Западно-Сибирская. Лист О-44 – Колпашево. Объяснительная записка / Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ», ООО «ГЕОТЭКС». – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2020. – 214 с. + 1 вкл.
12. Классификация запасов и ресурсов нефти и горючих газов. Нормативно-методическая документация. Издание второе, исправленное и дополненное. – М.: ЕСОЭН, НАЭН. 2018. 500 экз., 500 с.: ил.
13. 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
14. Муромцев В. С. Электрометрическая геология песчаных тел литологических ловушек нефти и газа [Книга]. - Л. : Недра, 1984. - стр. 259.
15. Немова В.Д., Матюхина Т.А. Зависимость содержания и состава органического вещества от литологических типов пород баженовской свиты // Экспозиция Нефть Газ. – 2018. – № 4. – С. 23–26.
16. 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
17. Скоробогатов В.А. Юрский продуктивный комплекс Западной Сибири: прошлое, настоящее, будущее // Научно-технический сборник · Вести газовой науки, 2017, № 3 (31), с. 36–58
18. Славкин В.С., Шик Н.С., Гусейнов А.А., Ермолова Т.Е. Прогноз развития песчаных тел в верхнеюрских отложениях Каймысовского свода // Геология нефти и газа, 1995, №10, с. 22–29

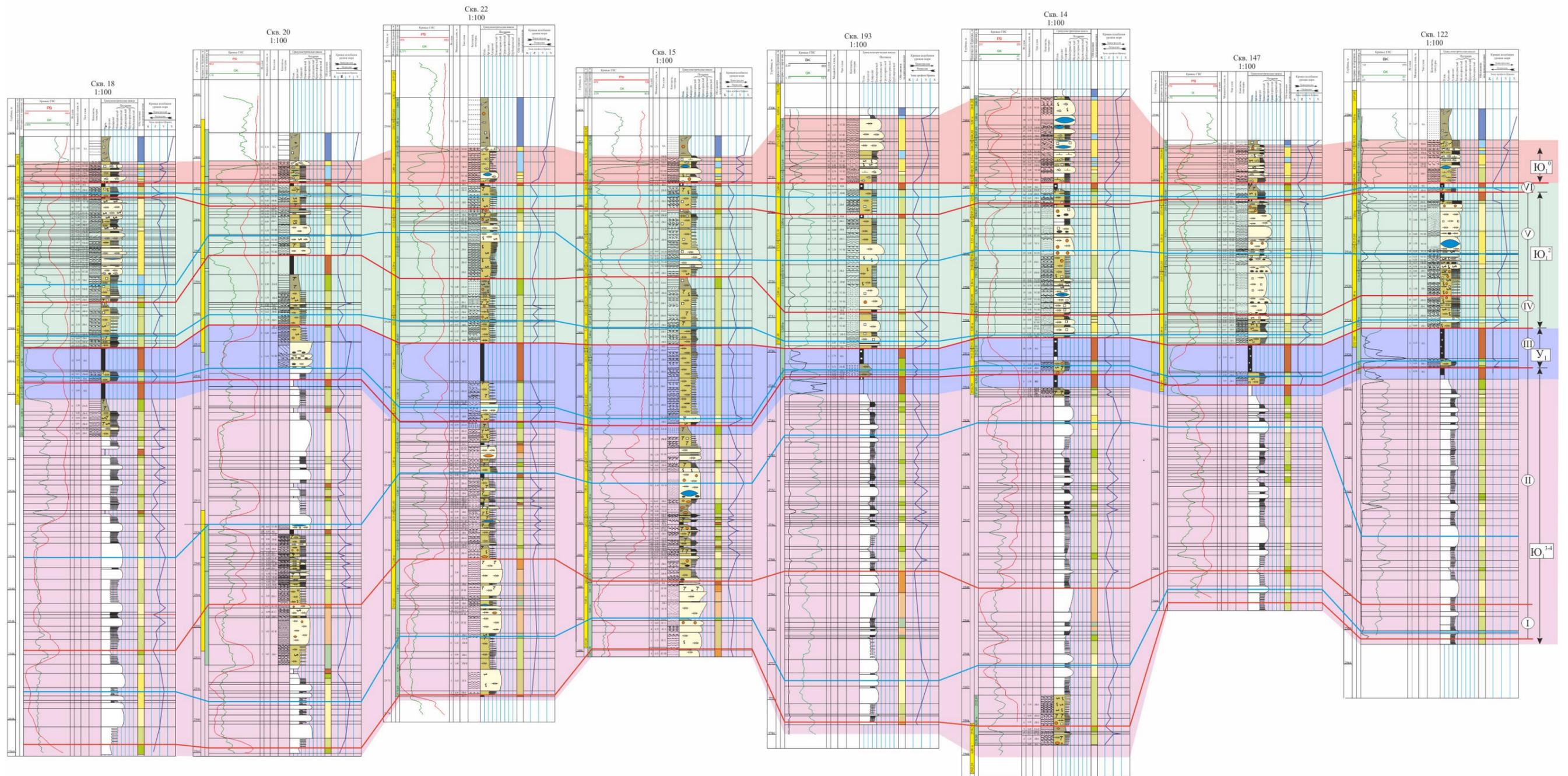
19. Тектоническая карта: Тектоническая карта юрского структурного яруса Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, масштаб: 1:5500000, составлена: Министерство природных ресурсов, Министерство энергетики РФ, Сибирское отделение РАН, 2001 г., редактор(ы): Беляев С.Ю., Конторович А.Э., Конторович В.А.
20. Черданцева Д.А., Краснощекова Л.А., Меркулов В.П. Реконструкция фациальных условий формирования пластов Ю₁¹ и Ю₁² Казанского месторождения углеводородов (Томская область) // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 9 – С. 115-120
21. Чернова О. С. Нефтегазоносные провинции России и сопредельных территорий. Учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 256 с.
22. Шиманский В.В., Низяева И.С. и др. Седиментационная модель нефтегазоносных отложений васюганской свиты северо-восточной части Широного Приобья // Перспективы нефтегазоносности и результаты ГРП №5, 2017, с. 21 — 30.
23. Шишлов С. Б. Структурно-генетический анализ осадочных формаций / С. Б. Шишлов. – СПб.: С.-Петербург. горн. ин-т; ЛЕМА, 2010. – 276 с.
24. Шишлов С.Б., Дубкова К.А. Обстановки осадконакопления и генетические типы циклотем юры – нижнего мела Западной Сибири. // Литогенез и минерогенез 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.
25. Шпуров И.В. Научно-методическое обоснование эффективной разработки трудноизвлекаемых запасов нефти юрских отложений Западной Сибири на основе детального геолого-технологического моделирования : Дис. ... д-ра техн. наук: Шпуров. И.В. – Тюмень, 2015, – 356 с.
26. Шурыгин Б.Н., Пинус О.В., Никитенко Б.Л. Сиквенс-стратиграфическая интерпретация келловей и верхней юры (васюганский горизонт) юго-востока Западной Сибири // Геология и геофизика, 1999, т. 40, № 6, с. 843–862
27. Posamentier, H.W., Allen, G.P. Siliciclastic Sequence Stratigraphy – Concepts and Applications. – Tulsa: SEPM (Society for Sedimentary Geology), 1999. – 216 p.

28. Walter J, Einleitung in die Geologie als Historische Wissenschaft / J Walter. // Lithogenesis der Gegenwart. – Jena: G. Fischer, 1894. – Bd. 3. – Pp. 535–1055.

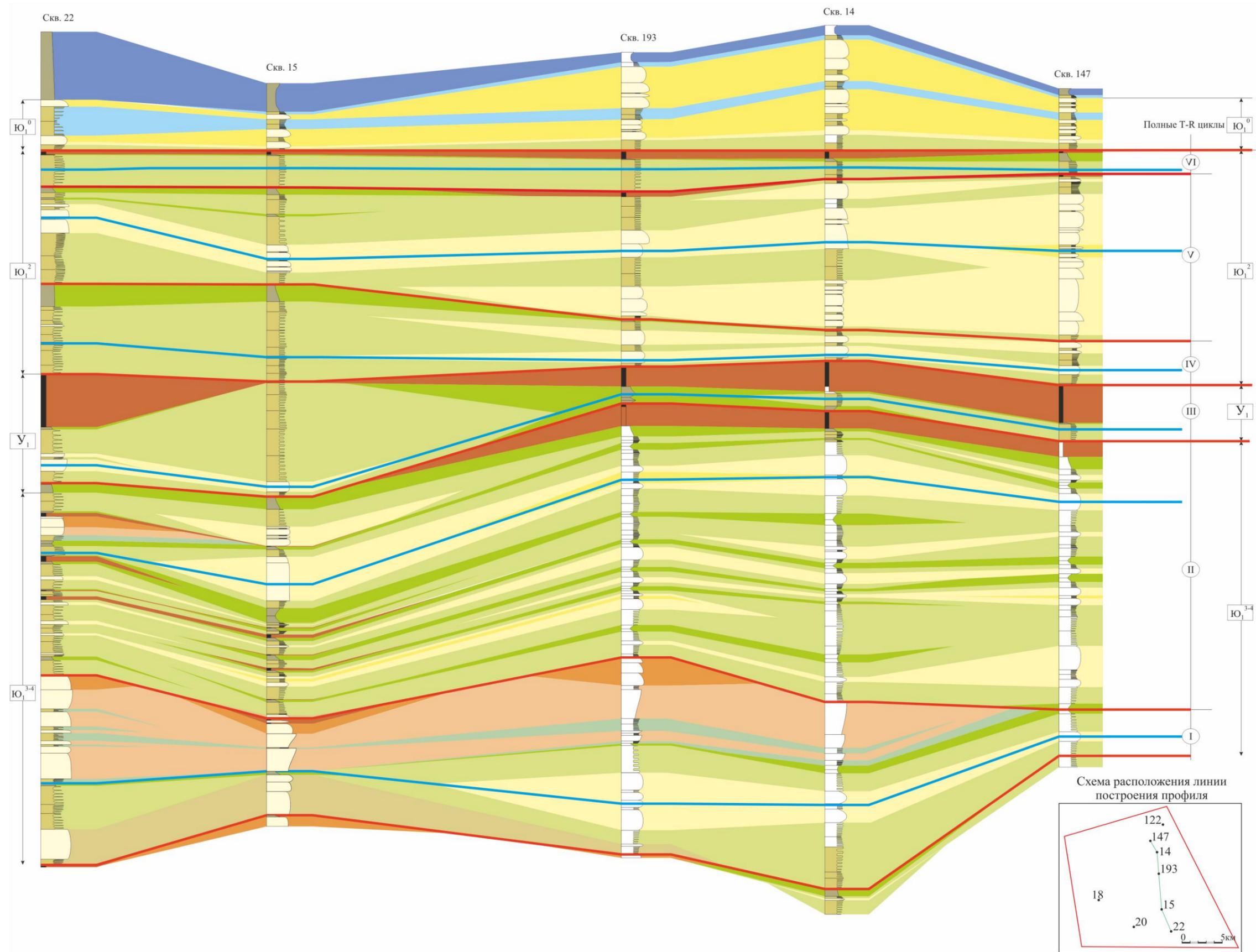
ПРИЛОЖЕНИЯ



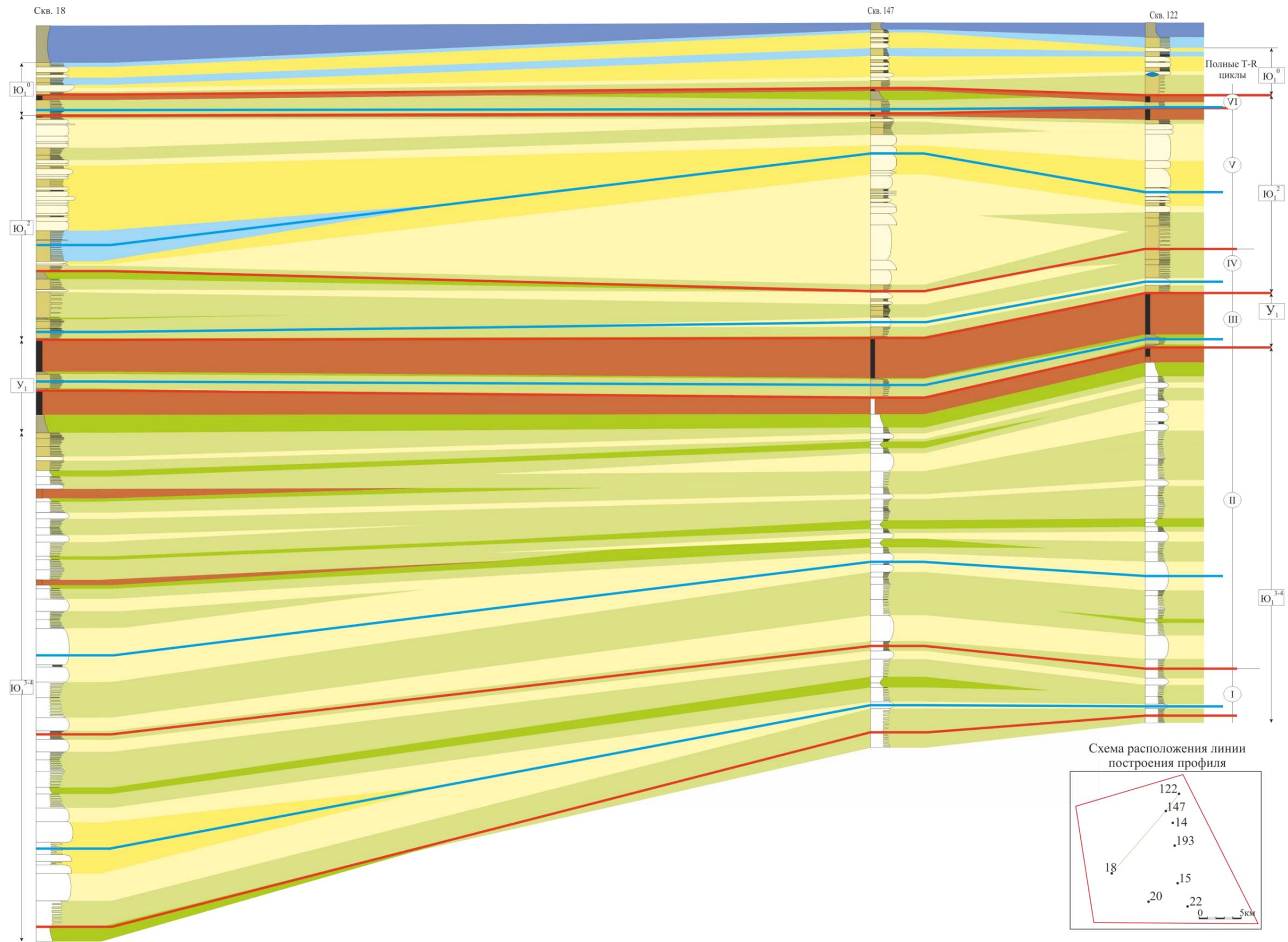
Приложение 1 Условные обозначения 1-3 породы: 1 – аргиллиты и алевролиты; 2 – чередование аргиллитов, алевролитов и песчаников; 3 – песчаники; 4 - 8 межслоевые поверхности: 4 – бугристая; 5 – неровная с просадками; 6 – волнистая; 7 – горизонтальная; 8 – постепенный переход; 9-18 текстуры: 9 – горизонтальная слоистость; 10 – волнистая слоистость; 11 – косая разнонаправленная; 12 – косая однонаправленная; 13 – текстуры оползания; 14 – текстуры биотурбации; 15 – взмучивания и просадок; 16 – линзовидно-полосчатое чередование слоев; 17 – волнистое чередование слоев; 18 – комковатая текстура; 19-25 органические остатки: 19 – остракоды; 20 – фораминиферы; 21 – гастроподы; 22 – двустворчатые моллюски; 23 – белемниты; 24 – корневые системы in situ; 25 – растительный детрит; 26-32 новообразования: 26 – выделения сульфидов; 27 – глауконит; 28 – известковистость; 29 – выделения сидерита; 30 – выделения фосфатов; 31 – кальцитовые конкреции; 32 – сидеритовые конкреции; 33 – галька и гравий глинисто-алевритовых пород; 34 – галька и гравий сидерита; 35 – вертикальные ходы илоедов; 36 – горизонтальные ходы илоедов; 37-47 обстановки осадконакопления: 37 – глубоководные илы; 38 – лоскутные пески; 39 – подводные песчаные валы; 40 – островной бар; 41 – подвижное мелководье лагуны; 42 – малоподвижное мелководье лагуны; 43 – низовое болото; 44 – дельтовая промоина; 45 – дельтовая равнина; 46 – продельта; 47 – эстуарий; 48 – кривая колебания уровня моря; 49 – трансгрессивный максимум; 50 – регрессивный максимум; 51 – номера трансгрессивно-регрессивных циклов седиментации; 52 – индексы выделенных пластов



Приложение 2 Схема корреляции скважин. Условные обозначения см. в Приложении 1



Приложение 3 Литолого-генетический профиль по линии 22 – 15 – 193 – 14 – 147. Условные обозначения см. в Приложении 1



Приложение 4 Литолого-генетический профиль по линии 18 – 147 – 122. Условные обозначения см. в Приложении 1

