

УДК 551.82/.832.2:552.578.061.4(571.56)

Бурова И.А.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, ins@vnigri.ru

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ВЕНД-НИЖНЕКЕМБРИЙСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОГО СКЛОНА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Предложена палеогеографическая реконструкция для венд-нижнекембрийского времени формирования сульфатно-галогебно-карбонатной осадочной толщи на западном склоне северной части Непско-Ботуобинской антеклизы. Реконструкция выполнена с помощью метода комплексирования кернаого материала с данными ГИС, структурно-генетического анализа и результатов сейсморазведки. В результате построения седиментационной модели были выявлены устойчивые вертикальные последовательности литолого-генетических типов пород и их латеральные изменения. Рассмотрены литолого-фациальные факторы распространения карбонатных пород-коллекторов и поисковые признаки, позволяющие прогнозировать формирование ловушек углеводородов на западном склоне северной части Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области.

Ключевые слова: *седиментационная модель, литолого-генетические типы пород, система напластования, парагенерация, трансгрессивно-регрессивный цикл, солеродный бассейн.*

Район исследований включает территорию западного склона северной части Непско-Ботуобинской антеклизы, в зоне сочленения Мирнинского выступа Непско-Ботуобинской антеклизы и Курейской синеклизы (НБА) (рис. 1).

НБА является крупным тектоническим элементом, юго-восточной части Сибирской платформы, связанным с поднятием фундамента, простирающимся с северо-востока на юго-запад. Протяженность антеклизы около 1000 км при максимальной ширине в центральной части около 400 км. Фундамент характеризуется сложным блоковым строением и разнообразным составом кристаллических пород – кристаллические сланцы, гнейсы, гранитогнейсы, граниты, гранодиориты. Отложения рифея на территории НБА отсутствуют.

Осадочная толща склона обладает практически сплошным субгоризонтально залегающим осадочным чехлом, представленным в основном, вендскими и нижнекембрийскими, и в небольшом объеме средне-верхнекембрийскими отложениями. Заканчивается стратиграфический разрез сокращенными и не повсеместно распространенными отложениями ордовика и пермо-триаса (рис. 2).

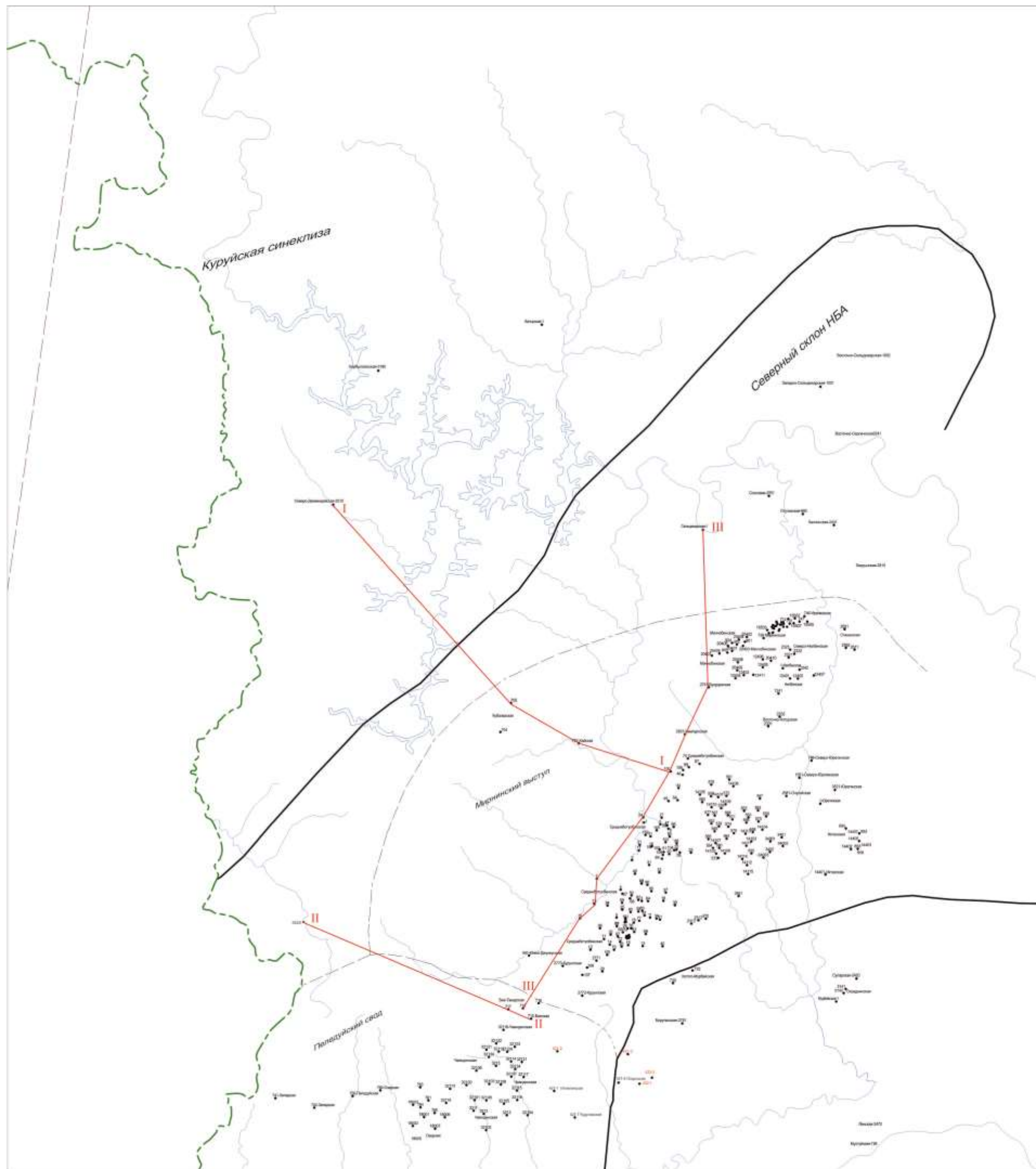


Рис. 1. Карта расположения скважин и профилей: I-I (рис. 6), II-II (рис. 7) и III-III (рис. 8)

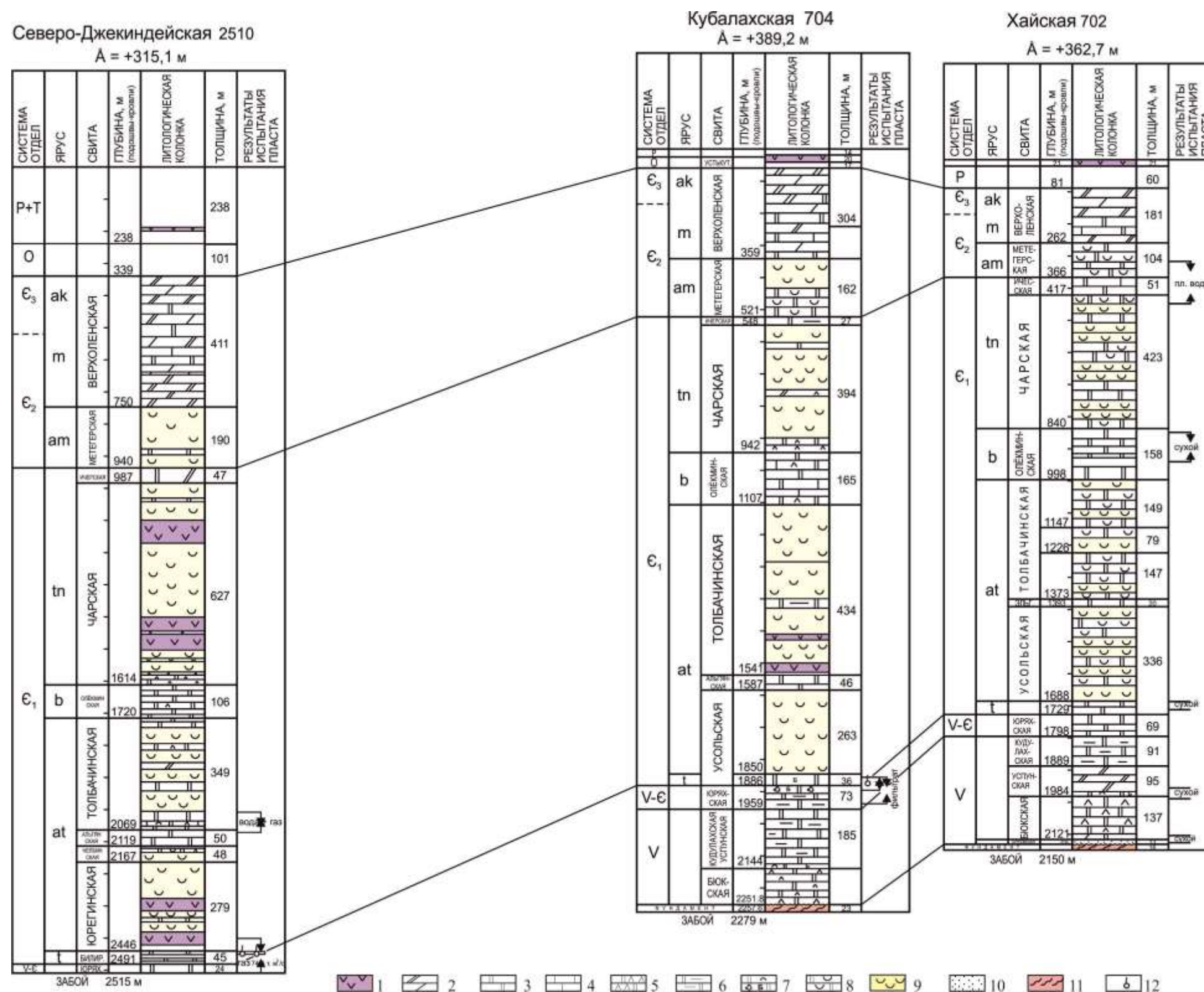


Рис. 2. Литолого-стратиграфический профиль по скважинам Северо-Джекиндейская 2510, Кубалахская 704 и Хайская 702

1 - траппы; 2 - мергели; 3 - доломиты; 4 - известняки; 5 - доломито-ангидритовые породы; 6 - доломиты глинистые; 7 - доломиты комковатые, кавернозные с битумом; 8 - доломиты засоленные; 9 - пласты каменной соли; 10 - песчаники; 11 - породы фундамента; 12 - газ.

Разрез осадочных отложений западного склона северной части НБА глубоким бурением охарактеризован слабо, непосредственно на склоне пробурено восемь скважин (табл. 1).

Таблица 1

**Паспорт, пробуренных скважин, пробуренных на западном склоне северной части
Непско-Ботуобинской антеклизы**

Номер	Площадь	Номер скважины	Альтитуда, м	Кровля вскрытых отложений, м	Забой, м	Возраст вскрытых отложений
1	Западно-Ботуобинская	362-0	338,4	2035	2065	архей
2	Кубалахская	704	389,2	2256	2279	архей
3	Кубалахская	705	376	2293	2378	архей
4	Северо-Джекиндейская	2510	315,1	2491	2515	юряхская св. V- ϵ_1
5	Сосновая	2551	349,7	2408	2412	архей
6	Сюльдюкарская	1	181,8	2206	2250	архей
7	Харбылагаская	3180	270,9	1934	2232	толбачанская свита ϵ_1
8	Хайская	702	362,7	2134	2152	архей

На северо-западе пробурены скважины Харбылагаская 3180 и Северо-Джекиндейская 2510, в северо-восточной части склона – Сюльдюкарская 1 и Сосновая 2551, в центре (западная часть Мирнинского выступа) – Кубалахские скв. 704, 705 и Хайская 702, на юго-западе – Западно-Ботуобинская 362-0.

Фундамент вскрыт скв. Сосновой 2551 - на глубине 2408 м. В скв. Северо-Джекиндейская скв. 2510 бурение было закончено в отложениях юряхской свиты (V₂- ϵ_1), в Харбылагаской скв. 3180 - в толбачанской свите (ϵ_1 at).

Лучше всего керном охарактеризованы отложения терригенной части разреза скважин. Из карбонатной части разреза наиболее полно представлена билирская свита.

Наряду с вышеназванными скважинами были проанализированы данные глубокого бурения, как отдельных скважин, так и скважин смежных месторождений (Среднеботуобинское, Таас-Юряхское, Чаяндинское, Маччобинское).

В ситуации, когда кернового материала недостаточно для построения седиментационной модели изучаемых отложений, применяется метод комплексирования кернового материала с данными ГИС, структурно-генетический анализ (секвесстратиграфический) и результаты сейсморазведки. Корреляция стратиграфических разрезов скважин проводится по данным ГИС и изучению керна, структурно-генетический анализ позволяет выявить устойчивые вертикальные последовательности литолого-генетических типов пород и их латеральные изменения [Бурова, 2013].

Вендско-нижнекембрийский осадочный комплекс Непско-Ботуобинской антеклизы отвечает достаточно крупному этапу седиментации и соответствует секвенции высокого порядка (мегасеквенции). Мегасеквенция делится на две секвенции более низкого порядка – на терригенную и карбонатную, которые соответствуют терригенно-карбонатному и сульфатно-галогенно-карбонатному подкомплексу осадочного бассейна [Бурова, 1997].

Терригенная секвенция имеет неполный состав и представлена трансгрессивной системой напластования (TSTтер) отложений непского регионального горизонта (РГ). Подталаканская несогласная поверхность граничит с фундаментом, ботуобинское несогласие отделяет терригенную систему напластования от карбонатной секвенции.

Карбонатная секвенция или сульфатно-галогенно-карбонатный седиментационный комплекс напластования имеет трехчленное строение.

- LST - система напластования низкого уровня моря соответствует отложениям тирского РГ;

- TST - трансгрессивная система напластования соответствует отложениям даниловского РГ. Предданиловский региональный перерыв отделяет LST от TST;

- HST - система напластования высокого уровня моря начинается в отложениях усольского РГ и заканчиваясь метегерскими солями среднего кембрия, отделяясь от TST по подошве подосинских солей (табл. 2).

Терригенная система напластования (секвенция)

На западном склоне северной части НБА вендские терригенные отложения непского РГ со стратиграфическим несогласием залегают на эрозионной поверхности фундамента. По результатам выполненных в 2012 году электроразведочных наблюдений МТЗ, проведенным по сейсмическим профилям, высокоомный горизонт соответствует поверхности фундамента и сейсмическому горизонту КВ. Интервал формирования волны КВ отождествляется с маломощной (первые метры) низкоскоростной толщей коры выветривания фундамента. По материалам бурения в скважинах Кубалахской 704 толщина коры выветривания составляет 3 м, в Кубалахской 705 – 1 м, в Батырской 1 – 0,5 м. К началу вендского периода северо-западная часть НБА и южная часть Курейской синеклизы были наиболее приподнятыми участками. Они составляют сводовую часть крупной положительной структуры – Катангской палеоантеклизы, проходящей также через Могдинскую, Преображенскую и Северо-Чонскую площади (Иркутская область). В этой зоне установились континентальные условия с минимальным накоплением осадков или полным его отсутствием (рис. 3).

Таблица 2

Секвестратиграфическое расчленение венд-нижнекембрийской осадочной толщи на системы напластования и выделение в ней нефтегазоносных комплексов

Система, отдел	Ярус	Индекс	Региональный горизонт	Пеледуйская структурно-фациальная зона (Г ₅)		Ботуобинская структурно-фациальная зона (Г ₄)			Сейсмические отражающие горизонты	Системы напластований	Секвенция		
				Свита	Продуктивный горизонт	Свита	Нефтегазоносный комплекс	Продуктивный горизонт					
Є ₃				верхоленская		джуктинская			K ₁ T	HST _к	карбонатная		
Є ₂	am	Є ₂ am		литвинцевская		бордонская							
			зелендеевский				метежерская	ичерско-метежерский					
	tn	Є ₁ tn	наманинский	ангарская	келорский	ичерская						ичерский - A ₁	
			чарский			чарская	олекминско-чарский						
	b	Є ₁ b	олекминский	булайская	биркинский	олекминская						олекминский - A ₃	
Є ₁	at	Є ₁ at	толбачанский	в.бельская		в.толбачанская	эльгянско-толбачанский					K ₁ T	
			эльгянский	н.бельская	атовский	н.толбачанская							
					христофоровский	эльгянская		эльгянский-A ₆					
		t	Є ₁ t	усольский	усольская	осинский	нелбинская	юряхско-усольский					I
						юрегинская						II	
						в.билирская	осинский-Б ₁ (О-I)						
V ₂	nd	Є ₁ -V ₂ nd	даниловский	даниловская	усть-кутский	юряхская		подосинский-Б ₂ (О-II)	II				
					преображенский	кудулахская		юряхский-Б _{3,4,5} (Ю-I,Ю-II)					
				тирский	тирский	парфеновский	в.бюкская (телгеспитская)		KB				
						н.бюкская (ботуобинская)	ербогаченский-Б ₁₁						
V ₁			непский	непская	ярактинский	курсовская		ботуобинский-В ₅	TST _{тер}	терригенная			
					улаханский		хамакинский-В ₁₀						
					хамакинский		улаханский-В ₁₂						
							талахский-В ₁₃						



галогенные отложения



карбонатные продуктивные горизонты



терригенные продуктивные горизонты

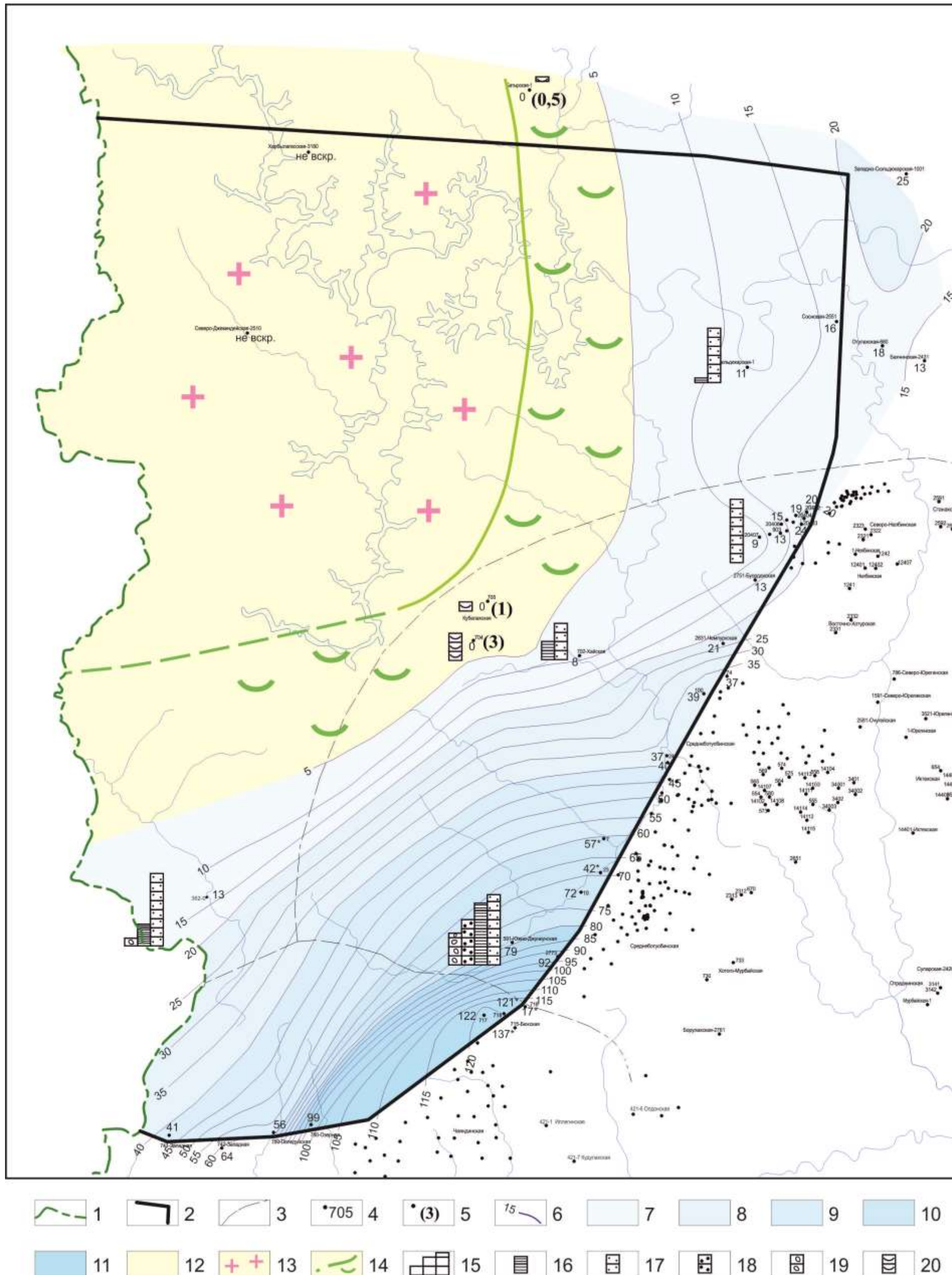


Рис. 3. Схема распространения и состава отложений курсовской свиты вендского времени на западном склоне северной части Непско-Ботубобинской антеклизы

1 - административная граница республики Саха; 2 - граница Западно-Ботубобинского участка; 3 - границы структур II порядка; 4 - точка расположения и номер скважины; 5 - толщина коры выветривания фундамента; 6 - изопакита отложений курсовской свиты; 7 - зона толщин от 5 м до 20 м; 8 - зона толщин от 20 м до 40 м; 9 - зона толщин от 40 м до 60 м; 10 - зона толщин от 60 м до 80 м; 11 - зона толщин от 80 м до 100 м и более; 12 - зона отсутствием отложений курсовской свиты; 13 - породы кристаллического фундамента; 14 - породы коры выветривания фундамента; 15 - гистограммы основных литолого-генетических типов пород курсовской свиты; 16 - аргиллиты; 17 - песчаники мелкозернистые с прослоями алевролитов; 18 - песчаники крупно-мелкозернистые с признаками содержания УВ; 19 - гравелиты; 20 - породы коры выветривания фундамента.

В Ботуобинской структурно-фациальной зоне (СФЗ) непскому РГ соответствуют отложения курсовской свиты нижнего венда. В это время здесь происходил размыв кристаллического фундамента, и шло формирование маломощных песчаных тел. Курсовская свита хорошо сопоставляется с непской свитой Ангаро-Ленской СФЗ по литологическому составу, положению в разрезе и ассоциациям микрофоссилий. Преимущественно это алевроитово-аргиллитовые породы, залегающие непосредственно на породах кристаллического фундамента. Толщина терригенного венда колеблется от 0 м до 122 м (Бюк-Танарская скв. 717). По имеющимся данным отложения курсовской свиты отсутствуют в Кубалахских скв. 704 и 705. Максимальные значения толщин наблюдаются в Бюк-Танарских скв. 717 и 716, находящихся на стыке Мирнинского выступа и Пеледуйского свода НБА. Прослеживается постепенное уменьшение толщин курсовской свиты с юго-запада на северо-восток, чем объясняется отсутствие отложений талахского (пласт В₁₃), улаханского (пласт В₁₂) и хамакинского (пласт В₁₀) продуктивных горизонтов.

Анализ распределения толщин курсовской свиты подтверждает, что свод палеоструктуры НБА находился западнее, в районе Кубалахских скважин, с пологим северо-восточным склоном и более крутым юго-западным.

Карбонатная система напластований (секвенция).

Новый важный период формирования осадочного толщи датируется верхним вендом V₂. В это время начинается эпоха биохеомогенного карбонатакопления, которая связана с обширным, крайне мелководным морем гигантских размеров.

Огромные размеры древнего морского бассейна и биохеомогенная специфика накопления карбонатного осадка, из водной морской среды, указывают на то, что при карбонатном осадконакоплении на первый план выдвигается такое понятия, как поверхность осадконакопления и процесс заполнения осадкоемкого пространства.

Тирская система напластования низкого уровня моря LST

Система напластований низкого уровня моря (LST), соответствует отложениям тирского РГ. Судя по толщинам карбонатных отложений тирского РГ, в период их накопления происходит равномерное, устойчивое вертикальное поднятие дна морского бассейна в Сюджеро-Непском фациальном районе (Г), где формируется неполный стратиграфический разрез тирской свиты. В Предпатомско-Вилюйском фациальном районе (Д), в это же время, в результате постепенного опускания дна бассейна осадконакопления, формируется соленосно-карбонатная формация бюкской свиты венда (телгеспитская, торсальская соленосная, аянская пачки). Другими словами, система напластования LST отложений тирского РГ формируются в режиме глобальной морской трансгрессии, при продвижении приливно-отливных низин на сушу с востока на запад платформы.

На западном склоне северной части Непско-Ботуобинской антеклизы отложения бюкской свиты несогласно (ботуобинский перерыв) перекрывают терригенные отложения курсовской свиты и породы фундамента. Здесь разрез бюкской свиты, сокращен и делится, на две подсвиты: нижняя сложена терригенными отложениями ботуобинской свиты, верхняя подсвита, является аналогом телгеспитской свиты Предпатомско-Вилуйского фациального района (Д) (см. табл. 2).

Отложения ботуобинской свиты, сложены песчаниками кварцевыми, в основном мелко- и среднезернистыми, в верхней части крупно - и грубозернистыми, хорошо окатанными и отсортированными с небольшим количеством цемента. Зрелый состав песчаников указывает на длительное время перемыва, переработки, переотложения терригенного материала в прибрежно-морских условиях.

На большей части западного склона северной части НБА ботуобинские песчаники отсутствуют или представлены маломощными смешанными породами: аргиллитами, алевролитами, ангидритами, реже песчаниками с карбонатным цементом. В прослоях аргиллитов встречены трещины усыхания, заполненные карбонатным материалом. В некоторых скважинах наблюдаются следы осушения и смена глинистых литофаций на карбонатные. Ботуобинские песчаники формируются, в основном, в виде крупных песчаных тел, по восточному склону палеоподнятия (рис. 4).

Залежи углеводородов (УВ), обнаруженные в песчаниках ботуобинского продуктивного горизонта, связаны с аккумулятивными формами рельефа, в основном, с баровыми телами. Предполагают, что крупное Среднеботуобинское месторождение приурочено к шельфовой впадине, расположенной в верхней части седиментационного стока.

В результате поступательного продвижения моря (общая трансгрессия) в бюкское время устанавливаются обстановки приливно-отливных равнин, с чередованием регрессивных и трансгрессивных фаз систем напластования. Когда условия крайнего обмеления или отсутствия седиментации (перерывы осадконакопления) чередуются с условиями мелководного моря. Комплекс прибрежно-морских фаций (по современным наблюдениям) включает весьма разнообразные обстановки и отложения. Прежде всего, сюда относится литораль, т.е. область моря, расположенная между уровнями самого высокого прилива и самого низкого отлива.

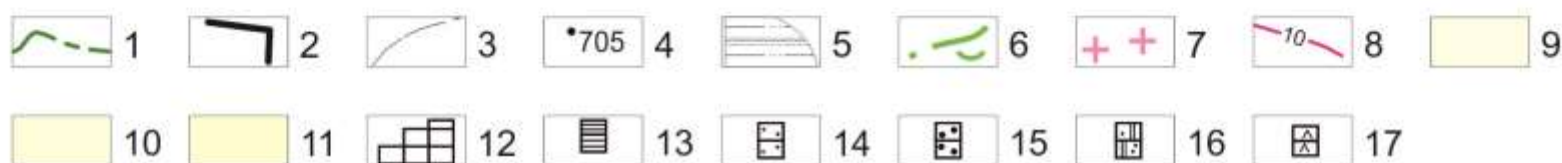
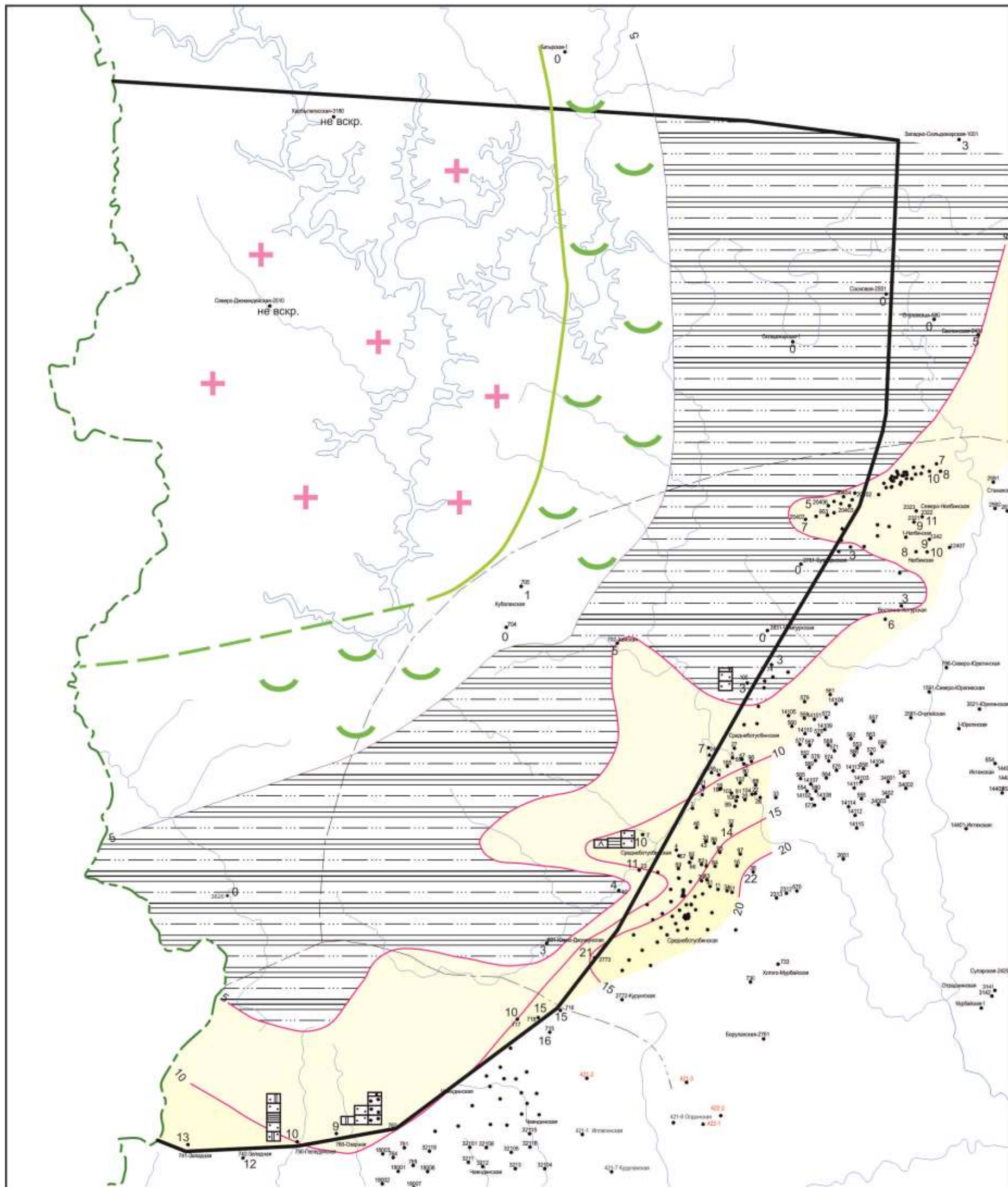


Рис. 4. Схема распространения и состава отложений ботубинской свиты (нижнебюкская подсвита) вендского времени на западном склоне северной части Непско-Ботубинской антеклизы

1 - административная граница республики Саха; 2 - граница Западно-Ботубинского участка; 3 - границы структур II порядка; 4 - точка расположения и номер скважины; 5 - породы курсовской свиты; 6 - породы коры выветривания фундамента; 7 - породы кристаллического фундамента; 8 - изопахита отложений ботубинского горизонта; 9 - зона толщин от 5 м до 10 м; 10 - зона толщин от 10 м до 15 м; 11 - зона толщин от 15 м до 20 м; 12 - гистограммы основных литолого-генетических типов пород ботубинского горизонта; 13 - аргиллиты; 14 - песчаники мелкозернистые с прослоями алевролитов; 15 - песчаники крупно-мелкозернистые с признаками содержания УВ; 16 - алевролиты с карбонатным цементом или доломиты алевролитистые; 17 - прослои ангидритовых пород.

Прибрежная часть суши, располагающаяся выше уровня полного прилива, называется надлитторалью, (супралитторалью), а прибрежная часть моря, лежащая ниже уровня полного отлива – сублитторалью, то есть области мелководного участка морского шельфа, где интенсивно сказывается деятельность прибрежных волнений, прибоя. Заметим, что в древних мелководных эпиконтинентальных морях с карбонатным осадконакоплением не могло быть интенсивных приливно-отливных течений, с интенсивным переносом осадочного материала [Кузнецов, 2012, с. 80].

В субаэральных условиях мелководья и осушения карбонатного осадка происходит очень быстрая его литификация. Появляются характерные текстурные особенности пород – трещины усыхания, брекчиевидность, в результате испарения морской воды образуются сульфаты, каменная соль. Появление литифицированных корочек, их дробление, появление трещин усыхания, формирует такой тип карбонатной породы, как обломочный. Широко развиты водорослевые покровы, образующие, распространенные по площади и достаточно мощные водорослевые маты. Строматолиты (биоседиментационные структуры) «уникальные продукты жизнедеятельности цианобактериальных сообществ», считаются хорошим признаком литоральных или сублиторальных обстановок приливно-отливных равнин с глубинами бассейна в несколько метров (до 10 м.). В водорослевых породах отмечаются специфические пустоты, связанные с разложением органического вещества, которое ведет к образованию газовых пузырьков, сохраняющихся в осадке. В строматолитовых структурах пустоты связаны с неравномерным нарастанием водорослевых корочек.

Толщина бюкской свиты колеблется от 40-42 м (Западные скв. 741, 742) до 177 м (Сосновая скв. 2551), постепенно увеличиваясь в северо-восточном направлении (рис. 5).

Прослои водорослевых (микрофитолитовых) доломитов со строматолитовой структурой выделяются в объеме тирского РГ (бюкская = телгеспитская свита) на территории Непского палеоподнятия (ербогаченский продуктивный горизонт (ПГ)), где его распространение контролируется значениями толщин от 10 м до 30-40 м.

На западном склоне северной части НБА, где по геофизическим данным обрисовывается палеоподнятие. По аналогии с Непским палеоподнятием предполагается развитие водорослевых доломитов (строматолитов) аналогичного происхождения, с хорошими емкостными характеристиками, сформировавшимися на склоне предполагаемой палеоструктуры.

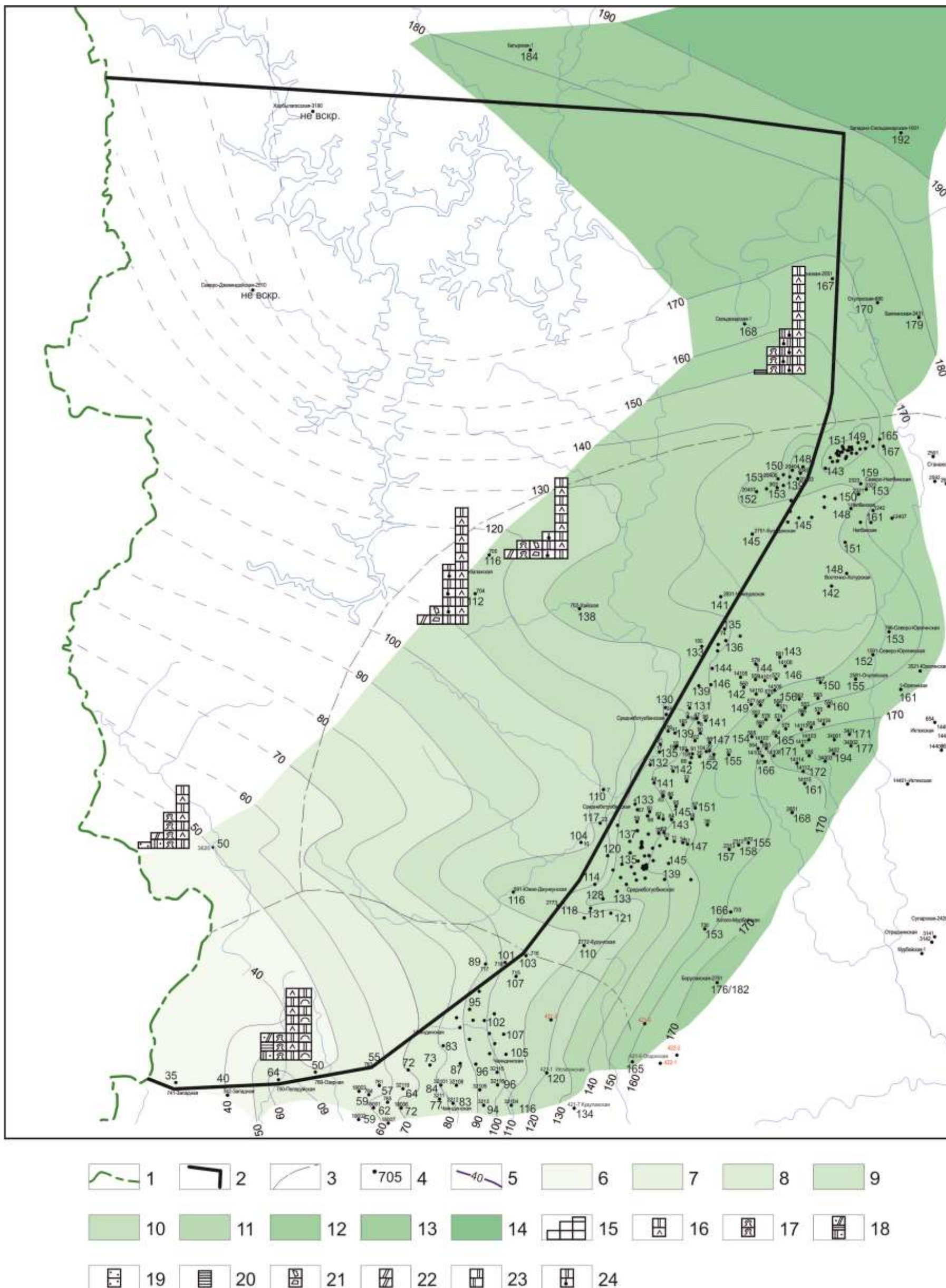


Рис. 5. Схема распространения и состава отложений верхнебукской подсвиты (аналог телгеспитской свиты) вендского времени на западном склоне северной части Непско-Ботубинской антеклизы

1 - административная граница республики Саха; 2 - граница Западно-Ботубинского участка; 3 - границы структур II порядка; 4 - точка расположения и номер скважины; 5 - изопакта отложений буюкской свиты: 6 - зона толщин менее 5 м; 7 - зона толщин от 50 м до 70 м; 8 - зона толщин от 70 м до 90 м; 9 - зона толщин от 90 м до 110 м; 10 - зона толщин от 110 м до 130 м; 11 - зона толщин от 130 м до 150 м; 12 - зона толщин от 150 м до 170 м; 13 - зона толщин от 170 м до 190 м; 14 - зона толщин более 190 м; 15 - гистограммы основных литолого-генетических типов пород буюкской свиты; 16 - доломито-ангидритовые породы; 17 - доломиты строматолитовые (водорослевые); 18 - смешанные породы: доломит алевритистый, глинистый до мергеля, с прослоями песчаников, алевролитов и аргиллитов; 19 - алевролиты и песчаники, тонкослоистые с прожилками аргиллитов; 20 - аргиллиты алевритистые, с тонкими прослойками доломита глинистого (мергеля); 21 - карбонатная брекчия; 22 - мергель плитчатый с прослоями аргиллитов, с плоскогалечным конгломератом; 23 - доломиты однородные мелко-среднезернистые; 24 - доломиты с признаками содержания УВ (запах газа, выходы нефти по трещинам).

Даниловская трансгрессивная система напластования TST

К началу даниловского времени тектонический режим на всей площади платформы стабилизируется, скорости погружения дна моря повсеместно выравниваются. Отложения системы напластования накапливаются в условиях мелководного эпиконтинентального морского бассейна, формируя карбонатную платформу. При этом тектоническое погружение дна морского бассейна происходит равномерно на огромной площади платформы, на которой создаются оптимальные глубины осадкоёмкого пространства для равномерного карбонатного осадконакопления.

Трансгрессивная система напластования соответствует отложениям даниловского РГ, объединяя успунскую, кудулахскую свиты верхнего венда и юряхскую свиту венда-нижнего кембрия. Суммарные толщины отложений даниловского РГ на западном склоне северной части НБА колеблются от 216 м до 329 м, постепенно увеличиваясь в северо-восточном направлении.

Трансгрессивная система напластования выделяется на кривых РК по высоким показаниям естественной радиоактивности пород и начинается с отложений преобразенского продуктивного горизонта (пласт Б₁₀), толщина которого выдержана на большой территории Восточной Сибири и составляет 20-22 м. Доломиты преобразенского горизонта выделяются в разрезе по аномально высоким значениям КС (электрокаротажный репер М₂) и низкими показаниями ГК радиоактивного каротажа.

Отложения преобразенского ПГ сложены тремя основными литолого-генетическими типами пород: хемогенным, микрофитолитовым и органогенно-обломочным. Образование пород происходило в условиях мелководного эпиконтинентального морского бассейна. На территории западного склона северной части НБА разрез преобразенского ПГ представлен хемогенными и органогенными доломитами с прослоями ангидритов, ангидрито-доломитов, глинистых доломитов, составляющих 20-50% разреза, толщина уменьшается в северо-восточном направлении до 8-10 м. Здесь проходит изопакита эффективных коллекторов преобразенского ПГ с наименьшими значениями – 2,5 м. [Шемин, 2011]

Для всей системы напластования высокого уровня моря - TST характерно понижение глинистости вверх по разрезу, за счет накопления “чистых” карбонатных пород в регрессивные фазы осадконакопления, которые объясняются региональными колебаниями относительного уровня моря с определенной амплитудой и периодичностью. Повышенное содержание “чистых” незаглинизированных доломитов наблюдается в юряхской свите, где выделяются пласты-коллекторы Б₅, Б₄, Б₃ (месторождения Верхневилучанское, Вилуйско-Джербинское).

На западном склоне северной части НБА отложения юрхской свиты по составу ближе к устькутскому продуктивному горизонту Пеледуйской СФЗ (Г₅), где выделяется два пласта коллектора в нижней и верхней части. Толщины юрхской свиты на западном склоне северной части НБА колеблются от 55 м в южной части, немного увеличиваясь на север до 95 м. Нижняя подсвита, сложена известняками и доломитами. В отложениях подсвиты были определены микрофитолиты и известковистые водоросли. Мощность свиты 10-29 м. Верхняя подсвита, сложена доломитами прослоями микрофитолитовыми, участками известковистые до перехода в известняки, прослоями известняки строматолитовые. Участками породы мелко кавернозные, пропитаны нефтью. В отложениях подсвиты, определены известковистые водоросли, акритархи, микрофитолиты, строматолиты, хиолиты. Мощность подсвиты, составляет 36-81 м.

Анализ данных оперативной обработки материалов ГИС по выделению пластов-коллекторов в проницаемой части разреза юрхско-усольского нефтегазоносного комплекса (НГК), а также схема сопоставления разрезов скважин показал, что на северном склоне НБА пласты-коллекторы Б₃, Б₄, Б₅ (Ю-I, Ю-II, Ю-III) отсутствуют (рис. 6-8).

Система напластования высокого стояния уровня моря HST

Система напластования высокого уровня моря карбонатной секвенции представляет собой толщу сульфатно-галогенно-карбонатных отложений мощностью от 1219 м до 1492 м (рис. 9).

Толща представляет собой переслаивание пластов каменной соли различной толщины с карбонатными хемогенными (тонко-мелкозернистыми, сульфатными), биогенными (комковато-сгустковыми) и ангидрито-доломитовыми породами, реже мергелями. По набору литолого-генетических типов пород это сложно построенный многоярусный солеродный бассейн, формирование которого происходило как в глубоководных, так и в субаэральных обстановках, существовавших одновременно и появлявшихся в результате осушения и заполнения бассейна. Мощности хемогенных доломитов часто превышают мощности пластов каменной соли. Сульфатные отложения занимают угнетенное положение в общем разрезе и мало заметны.

Сульфатно-галогенно-карбонатная толща Восточно-Сибирской платформы начала формироваться в томмотское время (билирская свита) нижнего кембрия и закончилось её формирование в амгинское время среднего кембрия.

По мнению А.А. Иванова и М.Л. Вороновой (1972) в формировании мощной толщи галогенных отложений основную роль играют два процесса: первый – поступление в бассейн водных масс, т.е. должен выдерживаться водный баланс бассейна и его гидродинамический режим; второй - испарение водных масс с акваторий бассейнов.

ГАЖЕНСКАЯ СФЗ

СЮГДЖЕРСКО - МАРХИНСКАЯ СФЗ

БОТУОБИНСКАЯ СФЗ

I

I

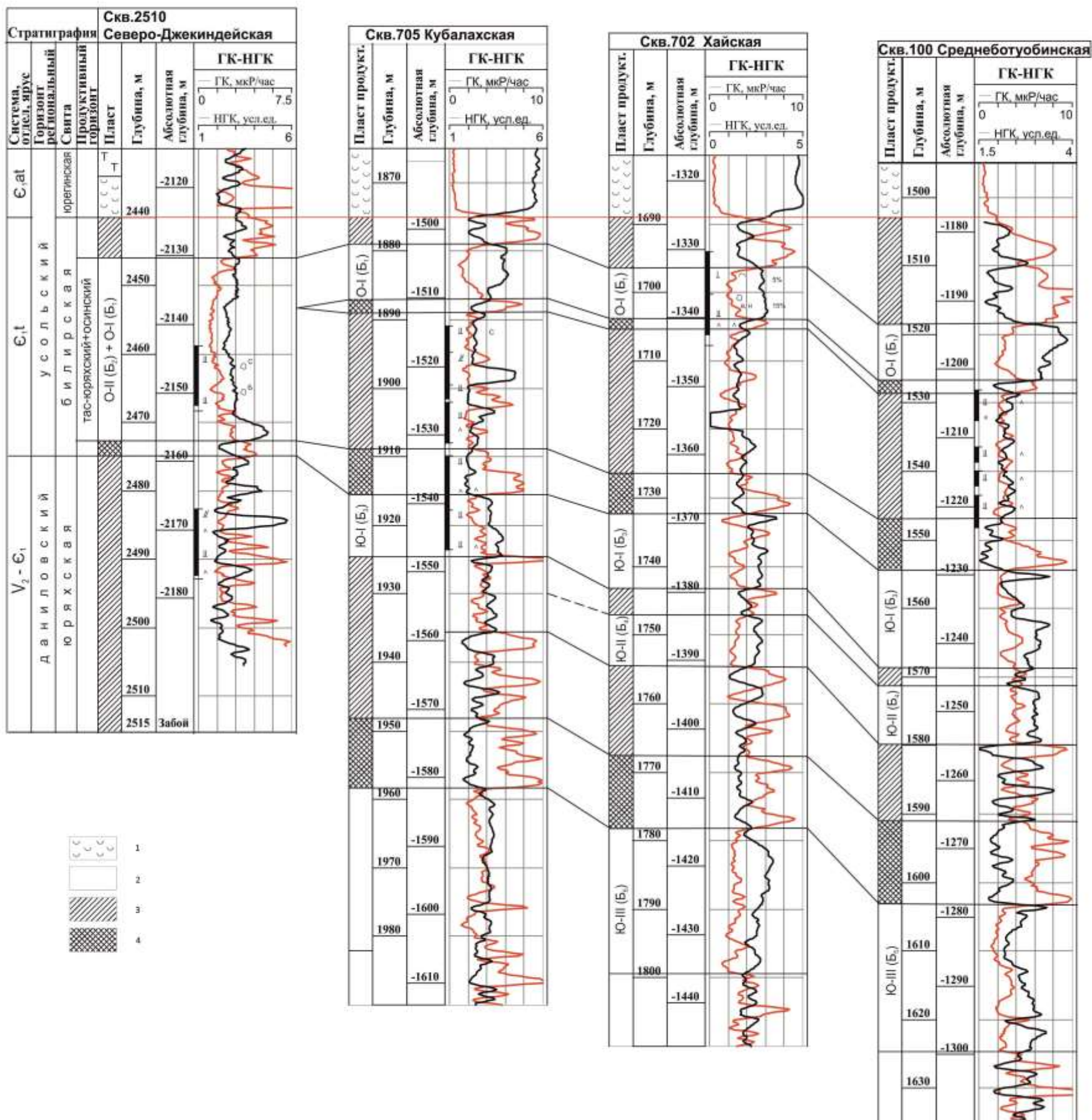


Рис. 6. Схема корреляции отложений юрхской и билирской свит венда-нижнего кембрия западного склона Непско-Ботубобинской антеклизы по профилю I-I (Северо-Джекиндейская скв. 2510-Среднеботубобинская скв. 100)
 1 – пласт солевой, 2 – пласт-коллектор, 3 – пласт-не коллектор, 4 – пласт-репер. Расположение профиля I-I см. на рис. 1.

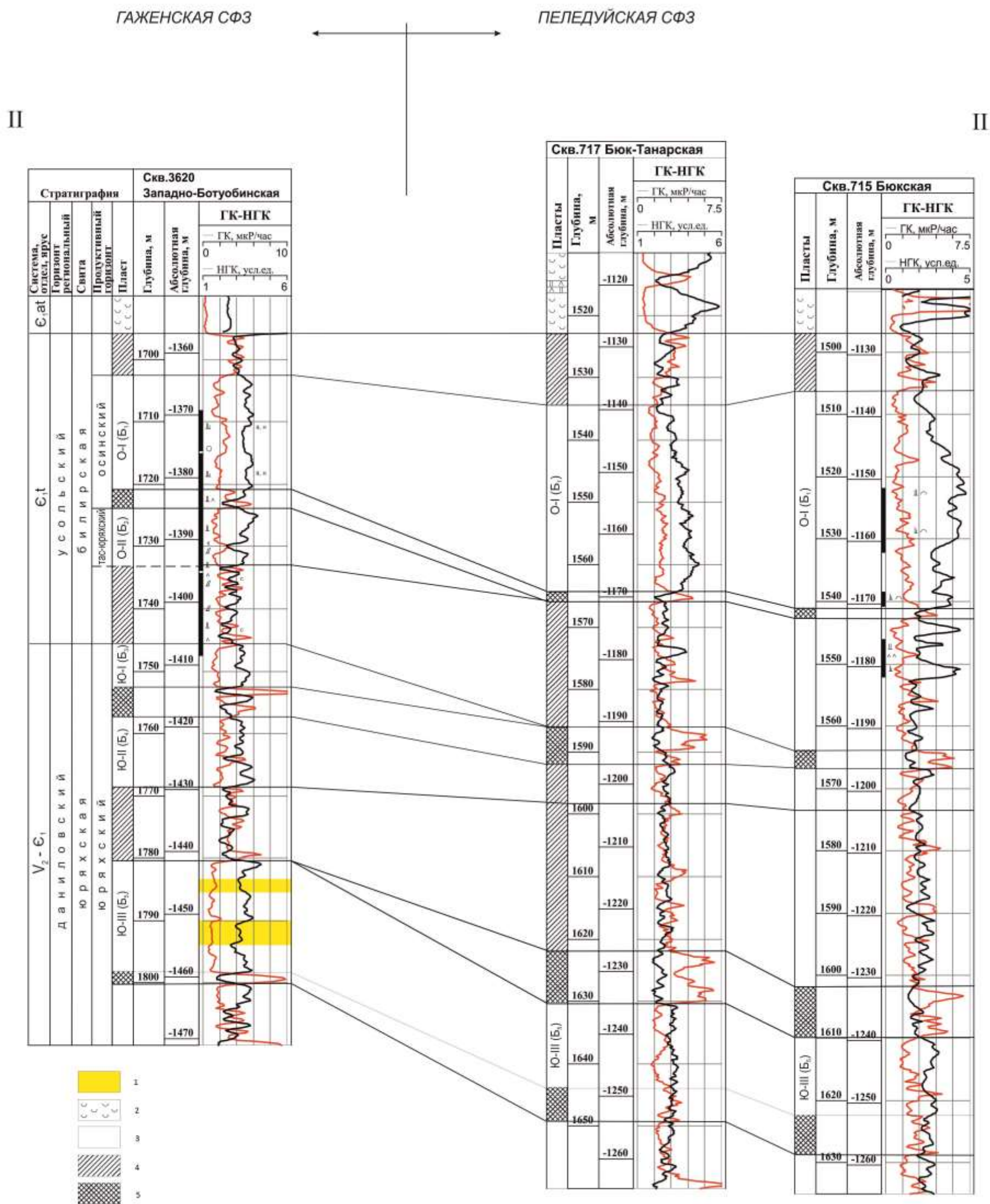


Рис. 7. Схема корреляции отложений юрской и билирской свит венда-нижнего кембрия западного склона Непско-Ботубинской антеклизы по профилю П-П (Западно-Ботубинская скв. 3620-Бюкская скв. 750)

1 – пласты-коллекторы по ГИС, 2 – пласт солевой, 3 – пласт-коллектор, 4 – пласт-не коллектор, 5 – пласт-репер. Расположение профиля П-П см. на рис. 1.

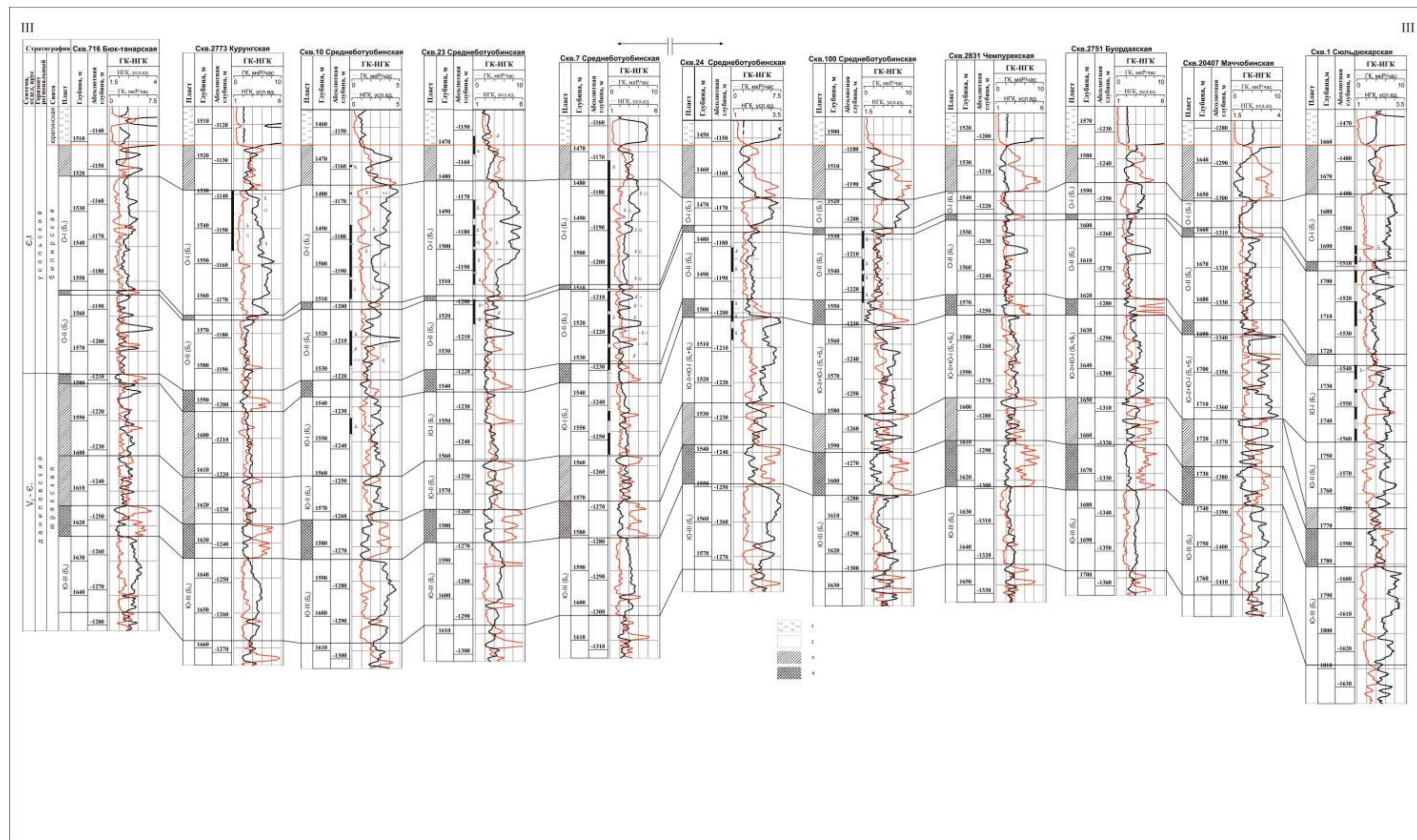


Рис. 8. Схема корреляции отложений юрхской и билырской свит венда-нижнего кембрия западного склона Непско-Ботубинской антеклизы по профилю III-III (Бюк-Танарская скв. 716-Сольдюкарская скв. 1)

1 – пласт солевой, 2 – пласт-коллектор, 3 – пласт-не коллектор, 4 – пласт-репер. Расположение профиля III-III см. на рис. 1.

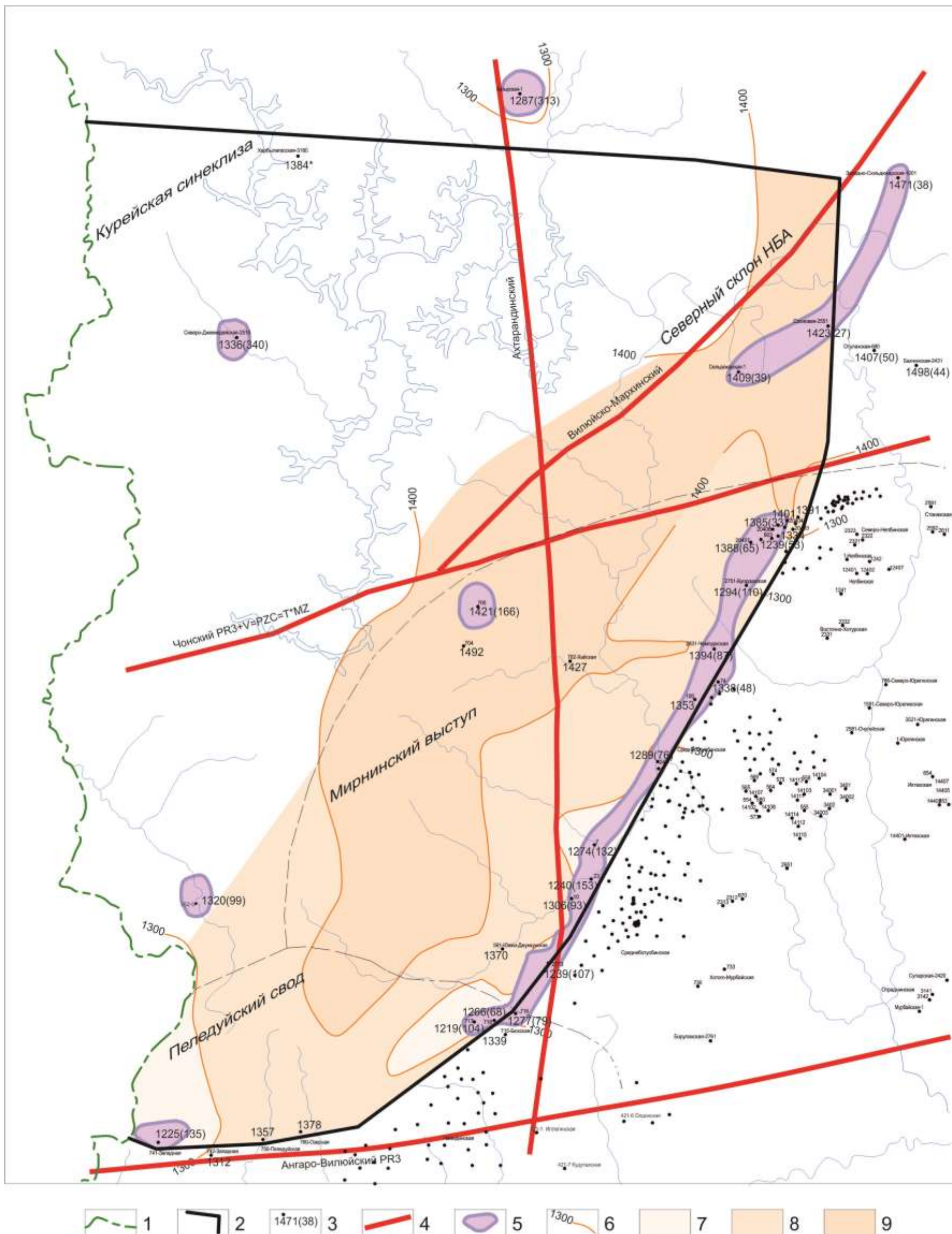


Рис. 9. Карта мощности сульфатно-галогенно-карбонатных отложений (системы напластования НСТ)

нижнего кембрия западного склона северной части Непско-Ботубинской антеклизы и наличия в ней трапповых тел

1 - административная граница республики Саха; 2 - граница Западно-Ботубинского участка; 3 - границы структур II порядка; 4 - точка расположения и номер скважины; 5-значение мощности сульфатно-галогенно-карбонатной толщи нижнего кембрия (толщина трапповых тел); 6 – разломы; 7 – границы распространения трапповых тел в толще системы напластования НСТ; 8 - изопакшта отложений; 9 - зона толщин менее 1300 м; 10 - зона толщин от 1300 м до 1400 м; 11 - зона толщин более 1400 м.

Эти два процесса должны быть взаимосвязаны, так как превышение одного фактора над другим приводило бы, к нарушению процесса соленакопления.

Так при поступлении в бассейн новой порции морских вод понижалась концентрация рапы – кристаллизация каменной соли сменялась выпадением сульфата кальция в виде гипса или ангидрита, кристаллизация калийных солей сменялась выпадением хлористого натрия и т.д. При еще большем разбавлении – происходило формирование карбонатных осадков не только хемогенного, но и органогенного происхождения (например, водорослевых известняков и доломитов, содержащих морскую фауну).

Выпадал ангидрит (гипс) тонкие прослои и желваки, которого часто обнаруживаются в подошве и кровле внутри соляных карбонатно-глинистых пачек и слоев. При значительном превышении притока слабо соленых и пресных вод над испарением накопление галогенных осадков совсем прекращалось.

Выпадение в солеродных бассейнах хемогенных компонентов в твердый осадок обеспечивалось в первую очередь процессами солнечного испарения в условиях аридного климата, что доводило минерализацию воды бассейна до состояния рассола (рапы), из которого в соответствии с концентрацией, температурой и составом кристаллизовались соли. При этом, по мнению авторов, древние солеродные бассейны континентального генезиса совершенно не получали питание за счет морских вод, а питались водами поверхностного и подземного стоков и метеорными осадками. При превышении испарения над притоком вод солеродные бассейны высыхали и прекращали свое существование.

В результате, гидродинамический режим, и водный баланс солеродных бассейнов обуславливали устойчивые вертикальные последовательности литолого-генетических типов пород в формировании солеродного осадочного бассейна. Сульфатно-галогенно-карбонатная толща нижнего кембрия относится к такому типу формирования солеродного бассейна, когда в подошве галогенного комплекса располагаются карбонаты органогенного происхождения: водорослевые известняки и доломиты, содержащие морскую фауну (Иванов, Воронова, 1972).

Выше описанные процессы тесно связаны с тектоническими (колебательными) движениями дна солеродных бассейнов. Длительная стабилизация тектонического режима приводила к остановке осадконакопления. Для поддержания устойчивого осадконакопления необходимо сохранение определенной скорости прогибания дна бассейна.

В процессе регрессивно-трансгрессивного цикла осадконакопления толщи образуется система слоев – парагенерация или геологическое тело, по набору литолого-генетических типов пород и виду отношений, образованных ими однородных тел (слоев, пластов, линз) отличающееся от смежных геологических тел.

Каждая парагенерация образуется в процессе заполнения осадкоемкого пространства, которое представляет собой разницу между поверхностью отрицательной формы рельефа и профилем равновесия. Следствием возникновения осадкоемкого пространства является формирование латерального ряда седиментационных систем. Эволюция латерального ряда седиментационных систем приводит к формированию последовательности слоев, которая состоит из двух групп: нижней – трансгрессивной и верхней – регрессивной. [Шишлов, 2010]

Опираясь на выше изложенную теорию колебательных движений уровня моря, всю нижнекембрийскую сульфатно-галогенно-карбонатных толщ - HST можно разделить на повторяющиеся системы напластования – парагенерации или тракты (см. табл. 2).

Это следующие системы напластования: 1) билирско-юрегинская - HST₁ толщиной от 310 м до 470 м; 2) эльгянско-толбачанская – HST₂ толщиной от 300 м до 480 м; 3) олекминско-чарская – HST₃ толщиной от 225 м до 780 м; 4) ичерско-метегерская – HST₄, толщиной от 175 м до 480 м.

В нижней части каждого тракта высокого стояния уровня моря HST отлагались водорослевые известняки и доломиты, содержащие морскую фауну – отложения билирской, эльгянской, олекминской, ичерской свит. В верхней части сульфатно-галогенно-карбонатные отложения усольской (юрегинской), толбачанской, чарской, метегерской свит, в которых были подсчитаны и закартированы значения суммарных толщин пластов каменной соли, выделенные по записям кривых радиоактивного каротажа. В результате картирования обрисованы области распространения нижнекембрийских солеродных бассейнов. (Бурова, 2011).

С позиции геологов-нефтяников выделенные системы напластования можно рассматривать как НГК, содержащие скопления УВ в нижней - проницаемой части разреза, изоляция которой обеспечивается породами с низкими фильтрационными свойствами в верхней части разреза, в данном случае – это сульфатно-галогенно-карбонатные отложения усольской (юрегинской), толбачанской, чарской, метегерской свит. На западном склоне северной части НБА, который находится на территории Непско-Ботубинской нефтегазоносной области выделяются следующие НГК: 1) билирско-юрегинский НГК; 2) эльгянско-толбачанский НГК; 3) олекминско-чарский НГК; 4) ичерско-метегерский НГК. Последние три НГК недостаточно изучены, так как все внимание геологоразведки было направлено на изучение билирско-юрегинского НГК.

Билирско-юрегинская система напластования высокого стояния уровня моря HST₁ или билирско-юрегинский НГК

Система напластования высокого стояния уровня моря HST₁ включает билирскую свиту томмотского яруса, юрегинскую и нелбинскую свиты атдабанского яруса нижнего

кембрия. Она сформировалась как гигантский солеродный бассейн с максимальными толщинами пластов соли в Ангаро-Ленском фациальном районе. На западном склоне северной части НБА суммарные толщины пластов каменной соли в разрезе постепенно уменьшается от 200 м в южной части склона до 50 м в северной части.

В подошве системы напластования выделяется билирская свита, которая охарактеризована археоциатами, водорослями, хиолительминтами и другими органическими остатками, соответствующие большей части томмотского и низам атдабанского ярусов. Наименьшие значения толщин (30-35 м) билирской свиты, распространены на значительной площади центральной части западного склона НБА. Увеличение толщины билирской свиты наблюдается как в северном (от 35 м до 94 м), так и в южном (от 35 м до 90 м) направлении склона. Отложения билирской свиты, представлены преимущественно известняками водорослевыми доломитизированными с признаками содержания в породах УВ, а также доломитами зернистыми, хемогенного происхождения, доломитами глинистыми (до мергелей), доломито-ангидритами (рис. 10).

Билирская свита здесь делится на две подсвиты: нижнюю и верхнюю.

В разрезе нижнебилирской подсвиты выделяется подосинский ПГ (пласт Б₂ или О-II), а в нижней части верхнебилирской подсвиты - выделяется аналог осинского ПГ (пласт Б₁ или О-I).

Подосинский или тасюряхский ПГ (пласт - Б₂ или О-II). Нефтегазоносность подосинского ПГ подтверждается открытием месторождений на территории Мирнинского выступа НБА Тасюряхского месторождения и Среднеботуобинского месторождения. Здесь он выделяется как тасюряхский ПГ (подосинская пачка под индексом О-II). На западном склоне северной части НБА пласт О-II не проявляется. (см. рис. 6-8)

Осинский продуктивный горизонт (пласт Б₁, или О-I). Установлено, что породами-коллекторами в осинском продуктивном горизонте являются известняки водорослевые, интенсивно доломитизированные. В известняках водорослевых кроме межзерновой пористости в доломитизированных участках, наблюдаются поры выщелачивания по форменным элементам (комки и сгустки). Кроме этого за счет процесса выщелачивания образуются короткие извилистые каналы, соединяющие открытые поры выщелачивания между собой. Количество открытых трещин, по наблюдениям в шлифах, незначительное. Это извилистые, горизонтальные и вертикальные микротрещины, затухающие в пределах шлифа, часто проходящие по стилолитовым швам. Среднее значение трещинной проницаемости (K_T) в известняках не превышают $3,16 \times 10^{-3}$ мкм², в доломитах – $4,9 \times 10^{-3}$ мкм². По данным исследований физики пласта средние значения открытой пористости в доломитах от 3,4 до 15,7%, газопроницаемости от $2,5 \times 10^{-3}$ мкм² до $444,4 \times 10^{-3}$ мкм².

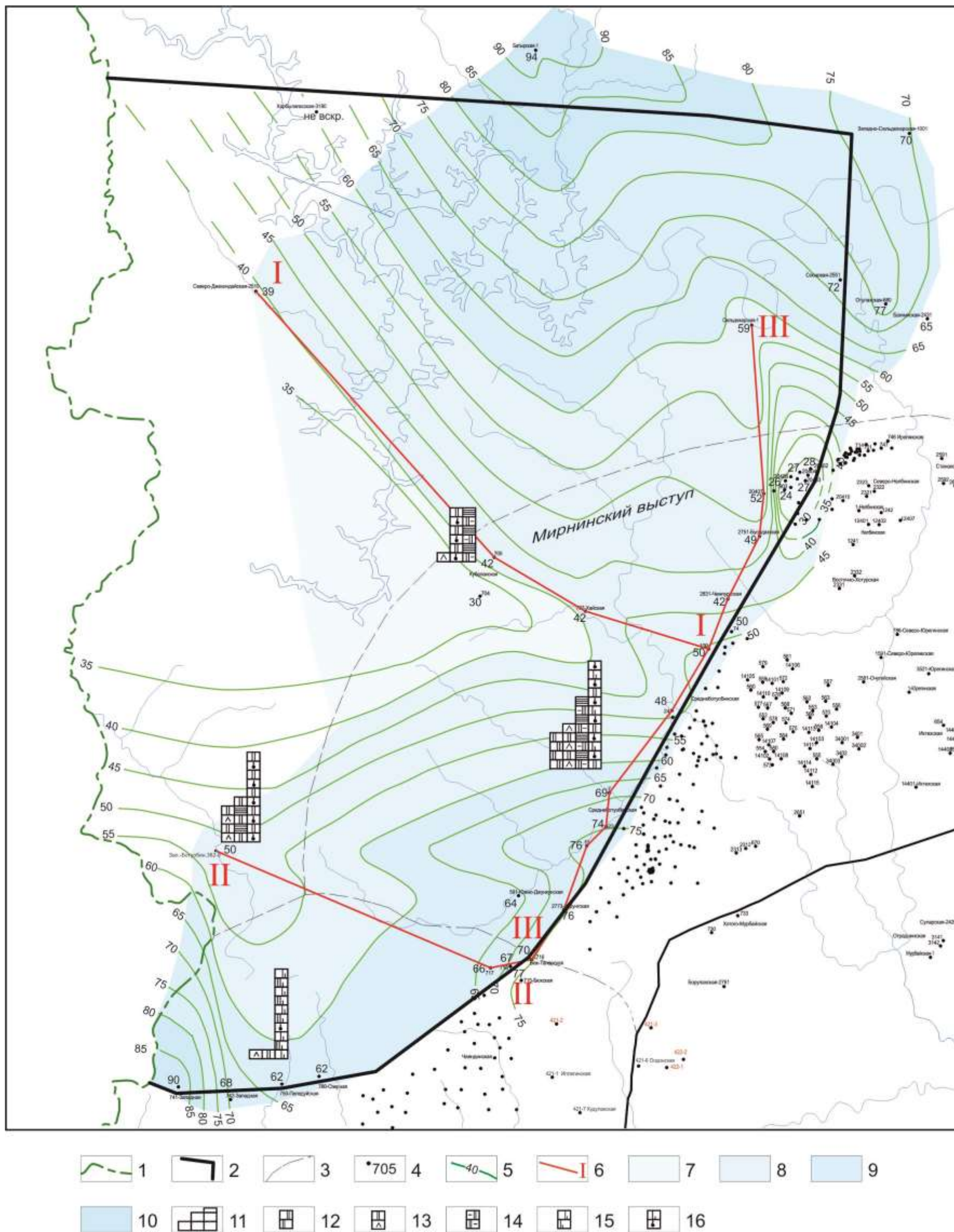


Рис. 10. Схема распределения и состава отложений билирской свиты томмотского времени (С₁,t) на западном склоне северной части Непско-Ботубобинской антеклизы

1 - административная граница республики Саха; 2 - граница Западно-Ботубобинского участка; 3 - границы структур II порядка; 4 - точка расположения и номер скважины; 5 - изопахита билирской свиты; 6 - линия профиля; 7 - зона толщин менее 40 м; 8 - зона толщин от 40 м до 60 м; 9 - зона толщин от 60 м до 80 м; 10 - зона толщин более 80 м; 11 - гистограммы основных литолого-генетических типов пород билирской свиты; 12 - доломиты зернистые, хемогенные; 13 - доломито-ангидриты; 14 - доломиты глинистые; 15 - известняки доломитизированные; 16 - известняки доломитизированные с признаками содержания УВ.

В известняках, соответственно, пористость от 3,26 до 8,09% и газопроницаемость от $0,05 \times 10^{-3}$ мкм² до $5,5 \times 10^{-3}$ мкм². Среди пород осинского ПГ распространены коллекторы смешанного типа: каверно-поровые, трещинно-поровые и каверново-трещинно-поровые.

Палеофациальные условия накопления осинского продуктивного горизонта (верхнебилирская подсвита).

На территории западного склона северной части НБА водорослевые постройки не имеют преимущественного распространения. Разрез билирской свиты примерно лишь на 2/3 сложен известняками, сформированными в зоне шельфовой лагуны. Здесь водорослевые постройки замещаются хемогенными карбонатными породами – зернистыми известняками, доломитами, в различной степени, содержащие тонкодисперсный карбонат и глинистую примесь (табл. 3).

Таблица 3

Палеообстановки и литолого-генетические типы пород в осинском горизонте

Обстановки	Типы пород
супралитораль	Хемогенные доломиты ангидритизированные, хемогенные известняки. Доломиты ангидритовые.
литораль	Известняки водорослевые комковато-сгустковые, с форменными элементами, представленные проблематичными водорослевыми остатками неправильной округлой формы, сложены микротонкозернистым карбонатом.
	Постройки водорослевых известняков сложены водорослями каркасных форм – Renalcis, Marcovella, кустики Eryphyton, Botomaella, Kozilophyton, фауны – археоциаты, трилобиты.
сублитораль	Зернистые известняки и доломиты, тонкодисперсные, глинистые, прослой мергелей.

Чтобы проследить распространение водорослевых построек на территории, был использован поисковый признак «водорослевой литофации».

Так как осинский продуктивный горизонт выделялся как пачка карбонатных пород водорослевой фации (О-I), проследим изменение ее толщины, опираясь на физические характеристики этого литотипа, снятые с кривых РК. Выделенный признак «толщины водорослевой литофации» - признак, который позволит оценить содержания пород водорослевой фации в карбонатных отложениях продуктивного горизонта, что в свою очередь даст возможность оценить фациальную обстановку того времени. Показателем признака принимается коэффициент “известковистости” - $K_{изв}$, который определяет долю участия пород водорослевой фации в общей толщины горизонта:

На диаграммах радиоактивного каротажа слои водорослевых пород выделяются характерной записью кривых. Диаграмма НГК характеризуется мощной, ”массивной”

записью с повышенными значениями интенсивности наведенного гамма-излучения, со значениями от 1,8 усл. ед. до 5,0 усл. ед., диаграмма ГК характеризуется пониженными значениями от 0,45 мкр/час до 4,15 мкр/час, в среднем 1,76 мкр/час. На этом основании скоррелированы разрезы скважин по профилям (рис. 11 профиль I-I, рис. 12 профиль II-II).

В результате литолого-фациального анализа было закартировано зональное распространения «водорослевой литофаии» и построена литологическая карта билирской свиты, которая дала возможность проследить распространение выделенных породных ассоциаций и пород-коллекторов по площади исследуемого участка. На карте выделены четыре зоны (рис. 13).

Зона 1. В этой зоне в осинское время карбонатное осадконакопление проходило в условиях обширного тепловодного эпиконтинентального бассейна - мелководный, хорошо освещенный седиментационный бассейн с устойчивой гидродинамикой, где накапливались карбонатные илы. Основная масса ила формировалась проблематичными водорослевыми остатками в виде скоплений сгустков, комочков, нитей, кустиков, а также пластовых строматолитов. На относительно ровном дне росли луга водорослей (в ископаемом состоянии - биостромы). Достигая поверхности уровня моря, при ветре и сильном волнении, колонии водорослей разрушались и захоранивались тут же на месте *in situ*. Колонии формировались низкорослыми кустистыми, обволакивающими и трубчатыми формами водорослей, в которых селилась первая нижнекембрийская фауна - трилобиты, гастроподы и другие. [Полякова и др., 1986]

Наиболее крупные водорослевые постройки закартированы в районе Верхнечонской скв. 150 – толщина 78 м и Куландинская скв. 791 – толщина 76 м. Здесь водорослевые постройки – холмы, банки, группировались в широкие гряды. В пространстве между постройками накапливался карбонатный микритовый ил, но намного медленнее, в сравнении со скоростью роста водорослевых построек. На карте отмечаются резкие перепады толщин осинского горизонта, который выделяется как пачка карбонатных пород водорослевой фаии, заключенная между пластами солей (подосинских и усольских). Максимальные толщины водорослевых построек контролируются зоной выклинивания подосинских солей и толщиной усольских солей более 250 м.

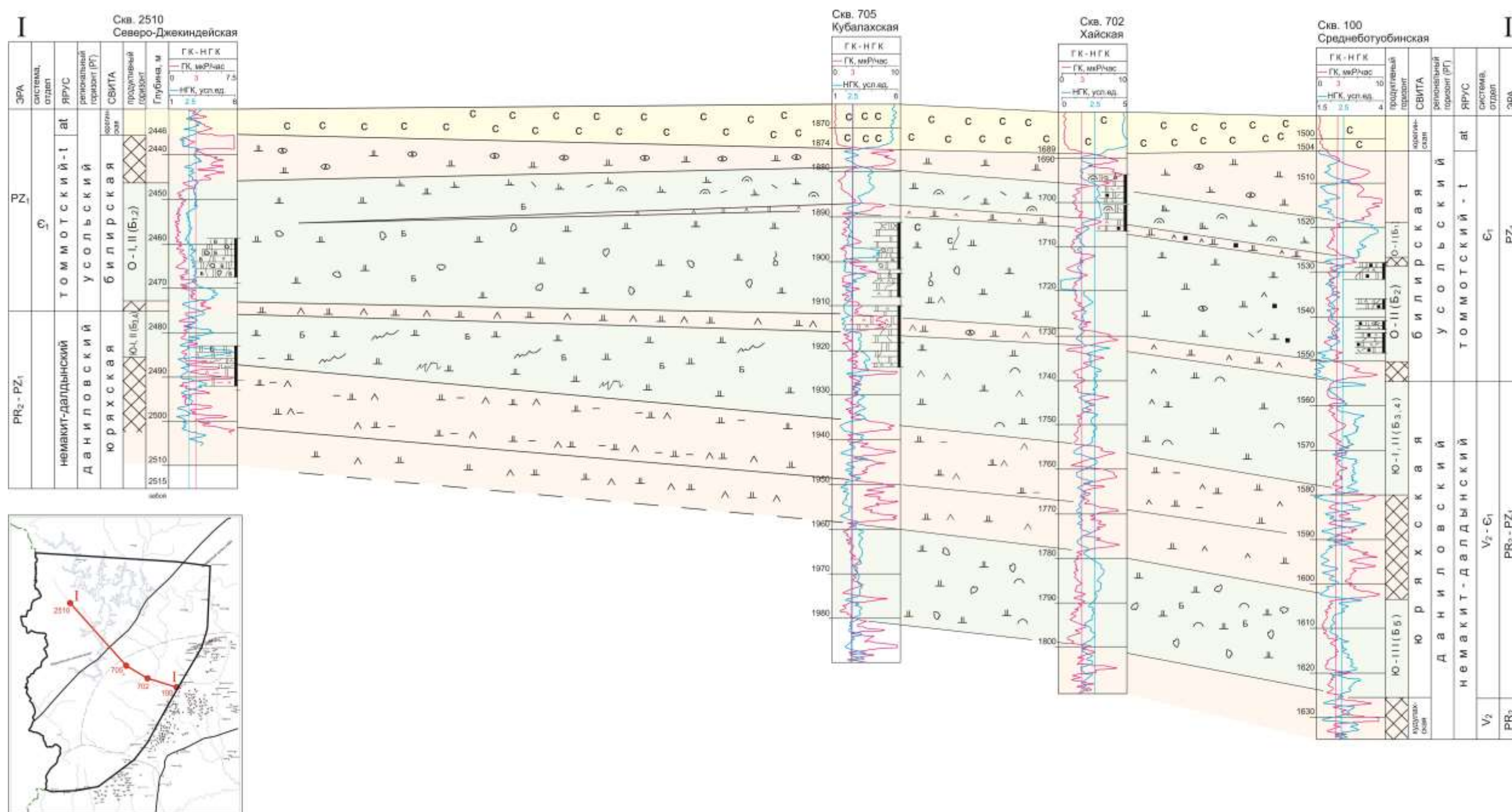


Рис. 11. Литолого-стратиграфический палеофиль I-I в отложениях юряхской и билирской свит, выполненный по подошве юрегинских солей в северной части западного склона Непско-Ботубинской антеклизы
Условные обозначения см. на рис. 2.

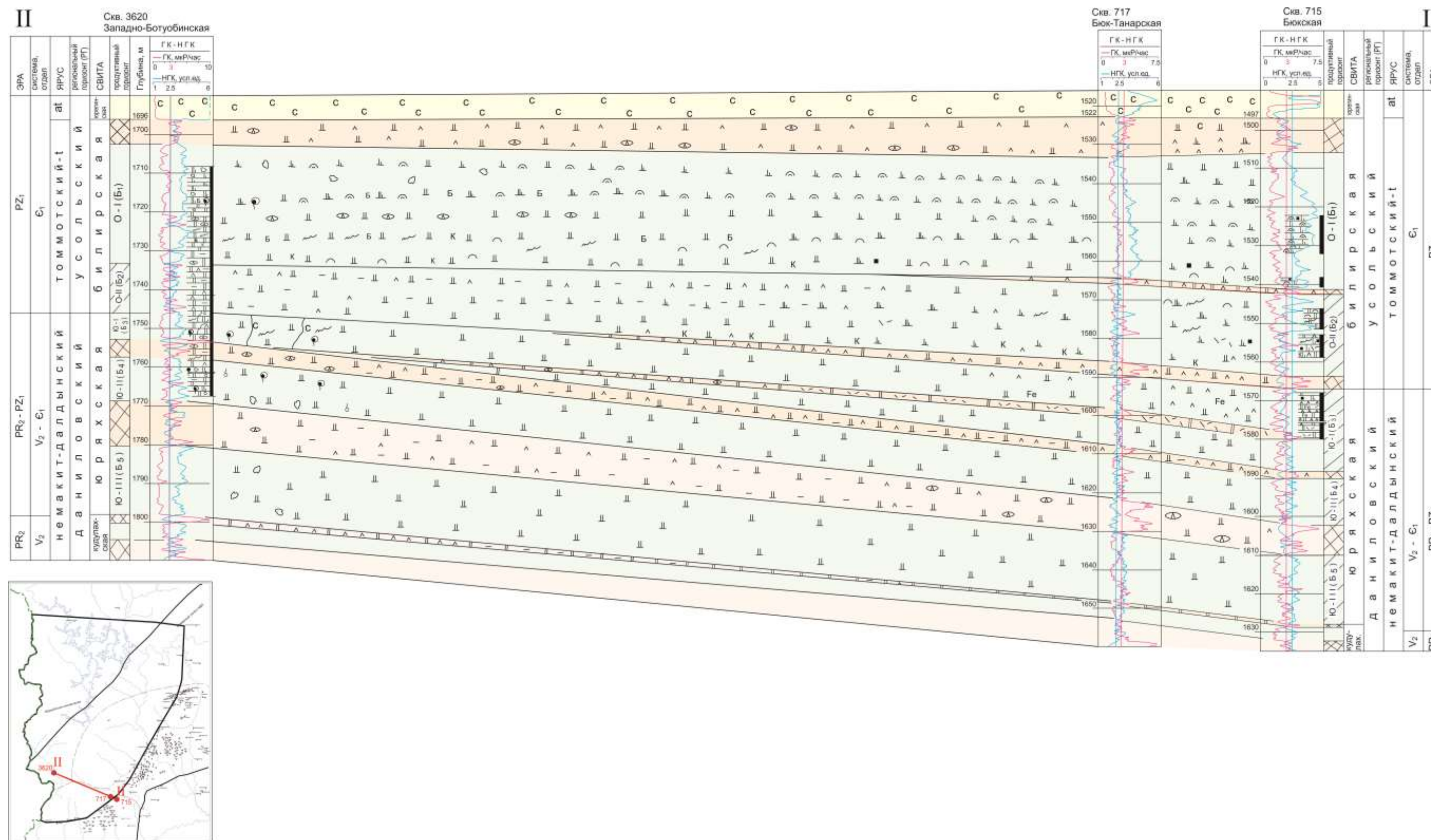


Рис. 12. Литолого-стратиграфический палеофиль II-II в отложениях юрхской и билирской свит, выполненный по подошве юрегинских солей в южной части западного склона Непско-Ботубинской антeклизы
Условные обозначения см. на рис. 2.

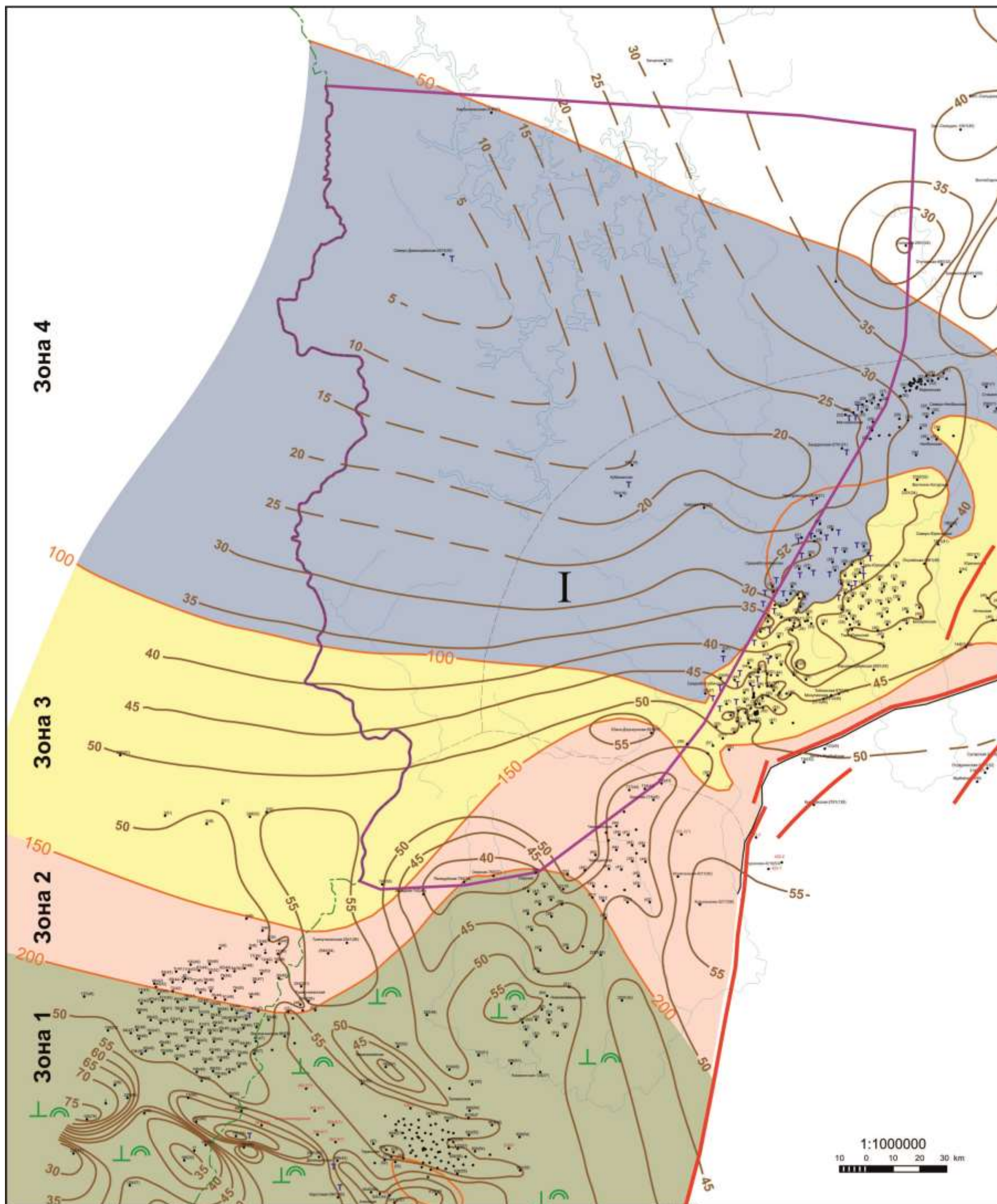


Рис. 13. Схема распределения и состава отложений осинского горизонта билирского времени (ϵ_1 , t) на западном склоне северной части Непско-Ботубинской антеклизы

1 - административная граница республики Саха; 2 - граница Западно-Ботубинского участка; 3 - границы структур II порядка; 4 - точка расположения и номер скважины; 5 - изопахита осинского горизонта; 6 - изопахита пластов соли юрегинской свиты; 7 - разломы; 8 - трапповые тела (интрузии) в разрезе юрегинской свиты; 9 - известковые водорослевые постройки; 10 - зона 1 литоральная зона мелководного морского бассейна с благоприятными условиями для формирования колоний водорослей кустистых, обволакивающих, трубчатых форм содержащих первую раннекембрийскую фауну - трилобиты, гастроподы и другие; 11 - зона 2 накопление карбонатных илов с проблематичными водорослевыми остатками в виде комочков, сгустков; 12 - зона 3 постепенного замещения карбонатов с водорослевой текстурой на карбонаты хемогенные с зернистой однородной текстурой; 13 - зона преимущественного накопления хемогенных карбонатов.

Зона 2. Толщины осинского продуктивного горизонта (О-I) южнее исследуемой территории (площади Верхнечонская, Вакунайская, Центрально-Талаканская, Озерная, Чаяндинская) составляют в среднем от 40 м до 57 м. Здесь подосинских солей уже не наблюдается, а отмеченные значения толщин О-I контролируются зоной распространения усольских солей толщиной 200-150 м. Эта зона прослеживается широкой полосой, с запада на восток до южной границы исследуемого объекта. В этой зоне таких крупных водорослевых построек, какие наблюдаются в первой зоне, нет. По результатам палеофациального анализа в этой зоне возможно существовали обстановки мелководного шельфа, в которой рост водорослевых построек был явно замедлен.

Зона 3. В следующей зоне, контролируемой значениями толщины усольской покрывки от 150 м до 100 м. Прослеживается постепенное уменьшение толщин О-I от 50 м до 30 м на севере. В эту зоны попадают южная часть Среднеботуобинской и Таас-Юряхская площади. Рост водорослевых построек наблюдается в этой зоне вдоль мало амплитудных разломов. На структурной карте небольшие биостромные тела толщиной до 50 м зафиксированы вдоль разломов.

Зона 4. Широкая зона контролируется значениями толщин солей усольской свиты от 100 м до 50 м. Толщины О-I колеблются в пределах от 30 м и меньше, резко сокращаясь на северо-западном склоне НБА, до 14,5 м в Кубалахской скв. 704, полностью литологически выклиниваясь в разрезе Северо-Джекиндейской скв. 2510.

Зона характеризуется преимущественным хемогенным осадконакоплением обстановки мелководного шельфа, чередующиеся с обстановками накопления карбонатного ила с проблематичными водорослевыми остатками в виде скоплений сгустков, комочков, водорослевые постройки здесь отсутствуют.

Обобщая полученные данные можно сказать, что на территории западного склона северной части НБА доля водорослевых известняков в разрезе билирской свиты уменьшается, постепенно замещаясь хемогенными карбонатными породами – зернистыми известняками, доломитами, в разной степени содержащими тонкодисперсный карбонат и глинистую примесь. Отмечается зависимость постепенного уменьшения значений «водорослевой литофации» от уменьшения суммарной толщины прослоев соли в вышележащих отложениях юрегинской свиты. Здесь явно просматривается литологический фактор, влияющий на распространение пород-коллекторов в разрезе НГК.

В то же время на фоне уменьшения толщин всей билирской свиты и литологического замещения водорослевых пород на хемогенные в 4 зоне, казалось бы, совершенно не перспективной в плане развития карбонатного коллектора, из Северо-Джекиндейской скв. 251-0 получаем приток газа дебитом 74,5 тыс. м³/сут. При этом в разрезе скважины,

вместо солей юрегинской свиты усольского РГ, залегает трапповое тело, что указывает на ближайшее расположение трещиноватой зоны. Этот факт подтверждает влияние тектоники на распространение коллекторов в карбонатных породах.

Поэтому важной особенностью прогноза нефтегазоносных карбонатных объектов со сложным типом коллекторов является обнаружение трещиноватых зон, связанных с перескоками траппов, фиксирующихся в усольской (юрегинской) свите. При этом участки распространения эффективных коллекторов в карбонатах фактически можно считать неструктурными ловушками УВ.

Литература

Бурова И.А. Комплексный метод поиска карбонатных коллекторов Восточной Сибири // Нефтегазогеологический прогноз и перспективы развития нефтегазового комплекса Востока России: сб. материалов научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 17-21 июня 2013). - СПб.: ФГУП «ВНИГРИ», 2013. - 492 с.

Бурова И.А. Методы прогноза эффективных коллекторов-ловушек углеводородов в карбонатных толщах Сибирской платформы // Геология, методы поисков, разведки и оценки м-ний топливно-энергетического сырья: Обзор / АОЗТ «Геоинформмарк». – М., 1997. – 50 с.

Бурова И.А., Кубетова Н.Л., Шостак К.В. Распространение основных соленосных толщ в верхневендско-нижнекембрийском осадочном комплексе Западной Якутии // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. - Т.6. - №4. - http://www.ngtp.ru/rub/4/46_2011.pdf

Иванов А.А., Воронова М.Л. Галогенные формации (минеральный состав, типы и условия образования; методы поисков и разведки месторождений минеральных солей). Недра, 1972. – 328 с.

Кузнецов В.Г. Фации и фациальный анализ в нефтегазовой геологии: Учебник для вузов. – М.: РГУ нефти и газа имени и.м. Губкина, 2012. – 244 с.

Полякова Г.А., Усачева И.В., Усыченко О.Н., Бурова И.А. Условия седиментации карбонатных горизонтов центральной части Сибирской платформы // Геология коллекторов нефти и газа венда-нижнего палеозоя Сибирской платформы. - Л.: ВНИГРИ, 1986. - С. 63-73.

Шемин Г.Г. Ереминско-Чонское скопление нефти в преобразованном резервуаре – крупнейший объект по подготовке запасов и добыче углеводородного сырья в Восточной Сибири. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. – 122 с.

Шишилов С.Б. Структурно-генетический анализ осадочных формаций. - СПб.: С.-Петербург. горн. инт-т: ЛЕМА, 2010. – 276 с.

Burova I.A.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

**PALEO GEOGRAPHIC RECONSTRUCTION OF THE VENDIAN-CAMBRIAN
CARBONATE DEPOSITS OF THE WESTERN SLOPE OF THE NORTHERN PART
OF THE NEPA-BOTUOBA ANTECLISE**

The paleogeographical reconstruction for the Vendian-Lower Cambrian period of formation of sulfate-halogen-carbonate strata on the western slope of the northern part of the Nepa-Botuoba Anticline is proposed. The reconstruction is performed using the method of integration of core with GIS data, structural and genetic analysis and seismic results. As a result of the construction of the sedimentation model sustainable vertical sequences of litho-genetic types of rocks and their lateral changes were identified. The lithofacial criteria of distribution of carbonate reservoir rocks and prospecting features that enable to forecast the formation of hydrocarbon traps on the western slope of the northern part of the Nepa-Botuoba oil and gas area were analysed.

Keywords: *sedimentation model, litho-genetic types of rocks, bedding, para-generation, transgressive-regressive cycle, halogenic basin.*

References

Burova I.A. *Kompleksnyy metod poiska karbonatnykh kollektorov Vostochnoy Sibiri* [Complex method of carbonate reservoirs prospecting in Eastern Siberia]. Neftegazologicheskiy prognoz i perspektivy razvitiya neftegazovogo kompleksa Vostoka Rossii: proceedings of scientific and practical conference (Saint Petersburg, 17-21 June 2013). - Saint Petersburg: VNIGRI, 2013, 492 p.

Burova I.A. *Metody prognoza effektivnykh kollektorov-lovushkek uglevodorodov v karbonatnykh tolshchakh Sibirskoy platformy* [Methods of efficient forecasting of reservoir traps of hydrocarbons in the carbonate strata of the Siberian platform]. Geologiya, metody poiskov, razvedki i otsenki m-niy toplivno-energeticheskogo syr'ya: Obzor. AOZT «Geoinformmark». Moscow, 1997, 50 p.

Burova I.A., Kubetova N.L., Shostak K.V. *Rasprostraneniye osnovnykh solenosnykh tolshch v verkhnevendsko-nizhnembriyskom osadochnom komplekse Zapadnoy Yakutii* [Distribution of the main strata of salt in Upper Vendian-Lower Cambrian sedimentary sequences of Western Yakutia]. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika, 2011, vol. 6, no. 4, available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/46_2011.pdf

Ivanov A.A., Voronova M.L. *Galogennye formatsii (mineral'nyy sostav, tipy i usloviya obrazovaniya; metody poiskov i razvedki mestorozhdeniy mineral'nykh soley)* [Halogen formation (mineral composition, types and conditions of formation, methods of prospecting and exploration of halogen fields)]. Nedra, 1972, 328 p.

Kuznetsov V.G. *Fatsii i fatsial'nyy analiz v neftegazovoy geologii* [Facies and facial analysis in oil and gas geology]. Moscow.: Gubkin SU of Oil and Gas, 2012, 244 p.

Polyakova G.A., Usacheva I.V., Usychenko O.N., Burova I.A. *Usloviya sedimentatsii karbonatnykh gorizontov tsentral'noy chasti Sibirskoy platformy* [The carbonate depositional environment of the central part of the Siberian platform]. Geologiya kollektorov nefiti i gaza vendianizhnego paleozoya Sibirskoy platformy. Leningrad: VNIGRI, 1986, 63-73 p.

Shemin G.G. *Ereminsko-Chonskoe skopleniye nefiti v preobrazhenskom rezervuare – krupneyshiy ob"ekt po podgotovke zapasov i dobyche uglevodorodnogo syr'ya v Vostochnoy Sibiri* [Ereminsk-Chonska accumulation of oil in the Preobrazhensky reservoir - the largest object for the reserves development and production of hydrocarbons in the Eastern Siberia]. Novosibirsk: INGG SO RAN, 2011, 122 p.

Shishlov S.B. *Strukturno-geneticheskiy analiz osadochnykh formatsiy* [Structural-genetic analysis of sedimentary formations]. Saint Petersburg, Saint Petersburg Mining University: LEMA, 2010, 276 p

© Бурова И.А., 2014