



ФАЦИАЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ НИЖНЕГО – СРЕДНЕГО КЕМБРИЯ МЕЖДУРЕЧЬЯ ПОДКАМЕННОЙ И НИЖНЕЙ ТУНГУСОК

Н. В. Мельников, А. В. Исаев, Е. В. Смирнов, Е. Г. Наумова, М. В. Донцов,
Л. В. Медюхина, М. А. Масленников

В последнее десятилетие в междуречье Подкаменной и Нижней Тунгусок (западная часть Лено-Тунгусской НГП) продолжено региональное геолого-геофизическое изучение территории. По различиям волновой картины на временных разрезах ОГТ выделены литосейсмофациальные зоны. Приведен комплект рисунков, отражающих типы волновых полей всех оконтуренных на этой основе литосейсмофациальных зон. На карте литосейсмофациальных зон кембрия выделены соленосно-карбонатные, бессолевые зоны и зона некомпенсированного прогиба тойонского века, заполненного среднекембрийскими соленосными породами. Установлено, что темпы прогибания дна бассейна и степени его компенсации осадками привели к накоплению отложений различной мощности и состава. В раннем кембрии в Туруханской и Лебяжинской зонах, формировались карбонатные отложения, как и в Суриндаконской, Вельминской и Чункинской но в трех последних на нижнеусольском и толбачанском уровнях – соленосно-карбонатные толщи. Зафиксировано постепенное уменьшение количества пачек и пластов соли с юга на север. Показано частичное последовательное фациальное замещение верхов соленосной верхнеусольской подсвиты на бессолевую сыгдахскую свиту в центральной части Байкитской литосейсмофациальной зоны. Предложенное литосейсмофациальное районирование нефтегазоносных и потенциально нефтегазоносных отложений кембрия указанной территории может служить основой для планирования и организации поисков залежей УВ в кембрийских карбонатных пластах. Основным инструментом для подготовки объектов под поисковое бурения является сейсморазведка: в волновой картине отражаются особенности изменения литолого-фациального состава отложений на границе солеродного и нормально-морского бассейнов ранне-среднекембрийского возраста.

Ключевые слова: междуречье Подкаменной и Нижней Тунгусок, кембрий, отражающие горизонты, волновые поля, литосейсмофациальные зоны.

LOWER-MIDDLE CAMBRIAN FACIES REGIONALIZATION OF THE PODKAMENNAYA AND NIZHNYAYA TUNGUSKA INTERFLUVE

N. V. Melnikov, A. V. Isaev, E. V. Smirnov, E. G. Naumova, M. V. Dontsov, L. V. Medyukhina,
M. A. Maslennikov

In the last ten years regional and geological-geophysical study of the Podkamennaya (Middle Tunguska or Stony Tunguska) and Nizhnyaya (Lower) Tunguska interfluve (western Lena-Tungusskaya PP) has been continued. Litho-seismic facies zones were distinguished there by wave pattern differences in time CDP sections. Alternating carbonate and saline formations, Cambrian subformations presented unique features of the wavefield structures. Authors present a set of patterns of wavefield types in all the revealed litho-seismic facies zones. A map of litho-seismic facies Cambrian zones shows saline-carbonate, salt free zones and a zone of the uncompensated Toyonian trough filled with Middle-Cambrian saliferous rocks. The trough is fringed by marginal reefs of the Toyonian-Amgian age. In the north-east of the interfluve the Ilimpeya saturation shelf is revealed. It consists of the Turunskaya Tolbachan and Yeika Toyonian zones of potential organogenetic carbonate buildups. It is established that rates of the basin bottom downwarping and degree of its sediment compensation resulted in accumulation of deposits varying in thickness and composition. In the Early Cambrian carbonate deposits formed in the Turukhan and Lebyazhye zones as well as in the Surindakon, Velmo and Chunya ones, but in the last three, saliferous-carbonate units were formed at the Lower Usolye and Tolbachan levels. By and large the progressive decrease in the number of salt members and beds is observed from south to north. The uppermost of the salt-bearing Upper Usolye subformation is shown to be partially and sequentially substituted for the salt free Sygdakhskaya Formation in the central Baikit litho-seismic facies zone. The suggested litho-seismic-facies regionalization of potentially oil-and-gas bearing Cambrian deposits on the mentioned territory can serve as the basis for planning and organization of prospecting for hydrocarbon accumulations in the Cambrian carbonate formations. Seismic exploration is the main instrument of prospect pretreatment for preliminary drilling. A wave pattern displays features of changes in lithologic-and-facies composition of deposits at the boundary of salt-forming and normal-sea basins of the Early and Middle Cambrian ages.

Keywords: Podkamennaya and Nizhnyaya Tunguska interfluve, Cambrian, reflecting horizons, wavefields, litho-seismic facies zones.

Междуречье Подкаменной и Нижней Тунгусок расположено на западе Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (НГП). С юга к нему примыкают западные области главного пояса газонефтеносности Сибирской платформы, где открыты крупнейшие Юрубчено-Тохомское, Курумбинское

и Собинско-Пайгинское газонефтяные месторождения. Интерес геологов-нефтяников к изучаемой территории очевиден, поскольку здесь предполагается северное продолжение главного пояса газонефтеносности Сибирской платформы. Однако венд-рифейские отложения на большей части



междуречья залегают на значительных глубинах (более 4–5 км), поэтому основные перспективы рассматриваемой территории, возможно, будут связаны с карбонатными отложениями верхнего венда и кембрия, геологическое строение которых, судя по данным бурения параметрических и поисковых скважин, существенно сложнее.

Литофациальные зоны кембрия в междуречье были выделены и зафиксированы на стратиграфическом совещании в 1986 г. [5] (Байкитская, Илимпейская, юг Сурингдаконской). В дальнейшем районирование детализировано [3]. По литофациальному районированию междуречье находится на северо-западе Туруханско-Иркутско-Олекминского региона, в котором расположены части Байкитско-Катангского района Иркутско-Байкитской области, Илимпейского района Ботуобинско-Слюджерской области, Светлинского, Тынепского и Сурингдаконского районов Бахтинской области, Туруханского и Лебяжинского районов Туруханской области (рис. 1).

В последнее время выполнены анализ и обобщение всех, в том числе новых, данных глубокого бурения и сейсморазведки. По результатам интерпретации и стратификации 26 композитных региональных сейсмических маршрутов общей протяженностью свыше 12000 км и по данным изучения скважин здесь выделено 10 литосейсмофациальных зон (ЛСФЗ): Байкитская, Ереминская, Илимпейская, Нижнечункинская, Вельминская, Светлинская, Сурингдаконская, Тынепская, Туруханская, Лебяжинская. Кроме того, обозначены Таначи-Дельтулинский краевой риф, Намурская органогенная банка, южный и восточный склоны Тынепского прогиба тойонско-амгинского времени. В Илимпейской зоне выделены Турунская (шельф сатурации с органогенными толбачанскими постройками) и Ейкинская (с органогенными чарскими постройками) подзоны (рис. 2).

Разделение территории на фациальные зоны выполнено на основании различий в волновой картине на временных разрезах ОГТ – по характерным особенностям отображения разрезов кембрия на стратифицированных временных разрезах ОГТ. Приведем характеристики литосейсмофациальных зон.

Байкитско-Иркутская область, Байкитско-Катангский район

Байкитская литосейсмофациальная зона охватывает южную часть исследуемой территории. Типовой разрез представлен усольской, бельской, булайской, ангарской свитами нижнего кембрия, литвинцевской свитой нижнего – среднего кембрия, эвенкийской свитой среднего – верхнего кембрия (рис. 3) [3]. Удаленность от кембрийской системы краевых рифов и большее прогибание территории Байкитской зоны привели к чередованию карбонатных и соленосно-карбонатных

отложений. Каменные соли составляют основную часть разрезов в пяти стратиграфических уровнях: нижне- и верхнеусольском, верхнебельском, ангарском и верхнелитвинцевском. Четыре стратиграфических уровня – среднеусольская подсвита (осинский горизонт), первая пачка нижнебельской подсвиты (эльгянский горизонт), верхнебулайская подсвита (олекминский горизонт) и нижнелитвинцевская подсвита (наманский горизонт) – сложены в основном доломитами и известняками. Типично присутствие траппов в ангарской и усольской свитах, реже в бельской. Байкитская зона – это территория стандартной соленасыщенности кембрия. На временных сейсмических разрезах строение кембрийских отложений характеризуется сейсмической записью в интервале опорных отражающих горизонтов (ОГ) от Б (подшола усольской свиты) до Н (подшола эвенкийской свиты).

На юго-западе ЛСФЗ в интервале усольской свиты формируется интенсивный 7-фазный волновой пакет с длительностью около 120 мс. Две нижние фазы приурочены к нижнеусольской и среднеусольской подсвитам, остальные, более высокочастотные, – к границам тонкослоистых пачек солей и доломитов, залегающих в нижней части верхнеусольской подсвиты.

В остальной части ЛСФЗ на разрезах ОГТ изменяется тип волнового поля: до 80 мс уменьшается длительность описанного волнового пакета, число фаз в его составе сокращается до 5, но амплитудно-частотные характеристики отражений существенно не меняются. Перекрывающая часть на разрезах ОГТ характеризуется недифференцированным волновым полем. В скважинах Байкитской 1, Чункинской 282 и Аргишской 273 на этом уровне вскрыты глинистые доломиты с редкими тонкими прослоями солей. Корреляция указанных скважин со Хошонской скв. 256 и др. в Илимпейском районе позволяет относить нижнюю соленосную часть к верхнеусольской подсвите, а верхнюю (доломиты, глинистые доломиты, мергели с редкими прослоями солей) – к сыгдахской свите (рис. 4). Таким образом, на севере Байкитской зоны фиксируется последовательное замещение соленосной верхней части верхнеусольской подсвиты бессолевыми сыгдахской свитой.

Бельская свита имеет двучленное строение и представлена карбонатной нижней и галогенно-карбонатной верхней подсвитами, в ее кровле находится ОГ К1, опорный в западной части территории. На востоке он отсутствует.

Из-за изменения строения свиты ее отображение на разрезах ОГТ разное в восточной и западной части ЛСФЗ. В западной части временной интервал 100–110 мс, отвечающий нижнебельской подсвите, представлен «немой» полем отраженных волн. Верхнебельской тонкослоистой подсвите соответствует интенсивный многофаз-

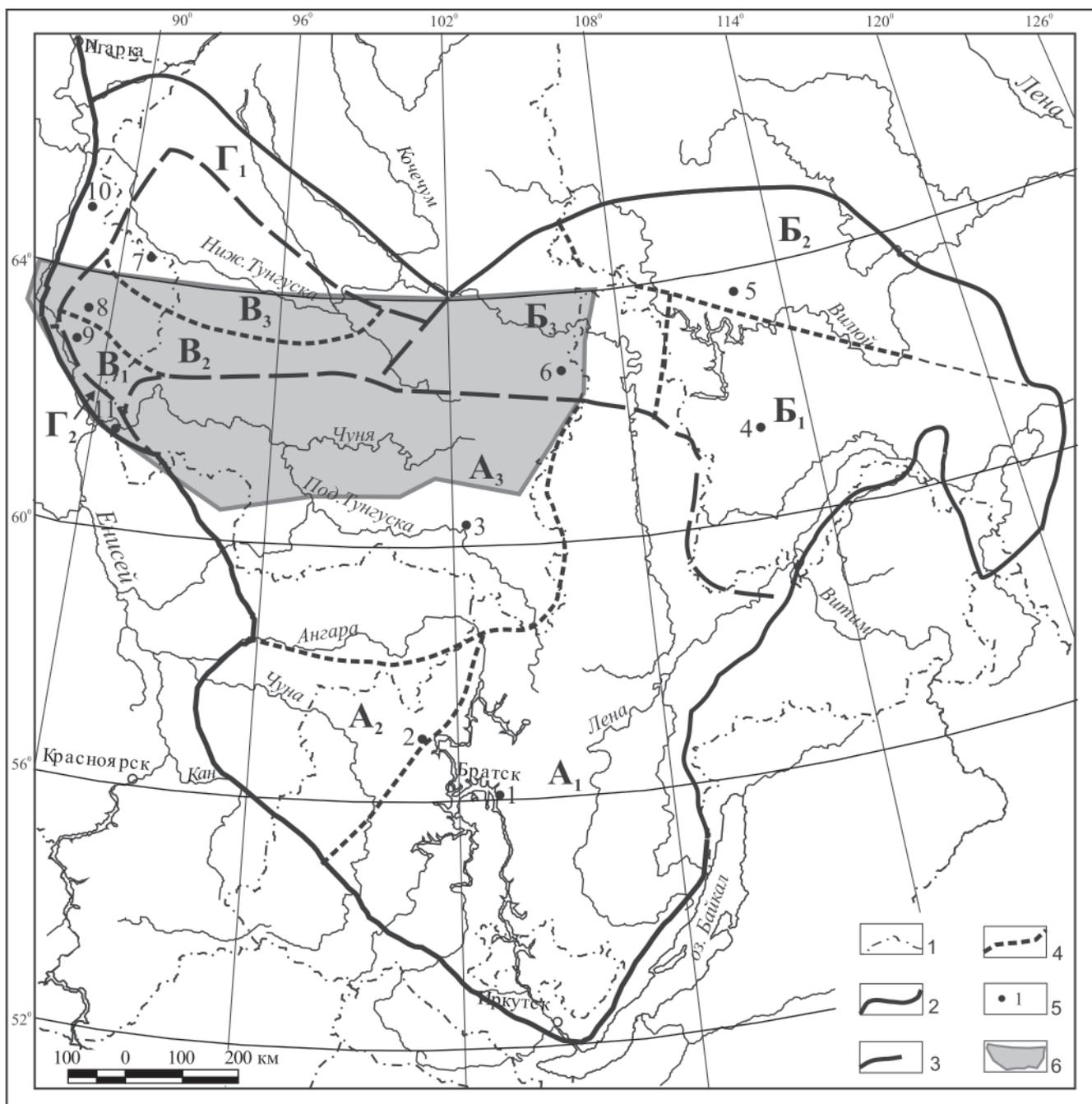


Рис. 1. Литолого-фациальное районирование кембрийских отложений Турухано-Иркутско-Олекминского региона [3]
 Границы: 1 – административные, 2 – Турухано-Иркутско-Олекминского региона, 3 – фациальных областей (А – Иркутско-Байкитской, Б – Ботуобинско-Сюгджерской, В – Бахтинской, Г – Туруханской), 4 – фациальных районов (А₁ – Ангаро-Непского, А₂ – Присаянского, А₃ – Байкитско-Катангского, Б₁ – Ботуобинского, Б₂ – Сюгджерского, Б₃ – Илимпейского, В₁ – Светлинского, В₂ – Тынепского, В₃ – Сурингдаконского, Г₁ – Туруханского, Г₂ – Лебяжинского); 5 – типовые скважины районов (1 – Заярская 1-0; 2 – Ковинская 1; 3 – Ванаварская 1; 4 – Среднеботуобинская 10; 5 – Батырская 1; 6 – Хошонская 256; 7 – Нижнетунгусская 6; 8 – Хурингдинская 1; 9 – Светлая 2; 10 – Сухотунгусская 3; 11 – Лебяжинская 1); 6 – территория междуречья

ный волновой пакет длительностью 120–200 мс. Амплитудно-частотные характеристики отражений в его составе примерно одинаковые. Первые (1–3) фазы уверенно коррелируются на западе зоны, остальные (в нижележащих отражениях) не выдержаны по площади. Такое поведение ОГ обусловлено значительными и резкими изменениями толщины подсветы. Скважинами вскрыты мощные и протяженные пластовые интрузии.

В восточной части зоны отражения в интервале верхнебельской подсветы постепенно теряют свою амплитудную выразительность. На временных разрезах верхнебельская подсвета практически не отделяется от нижележащих нижнебельских и от вышележащих булайских отложений. Это связано с последовательным выклиниванием пластов соли в верхней подсвете, которое зафиксировано в скв. Чн-120 и Вил-277. Булайская свита в акусти-

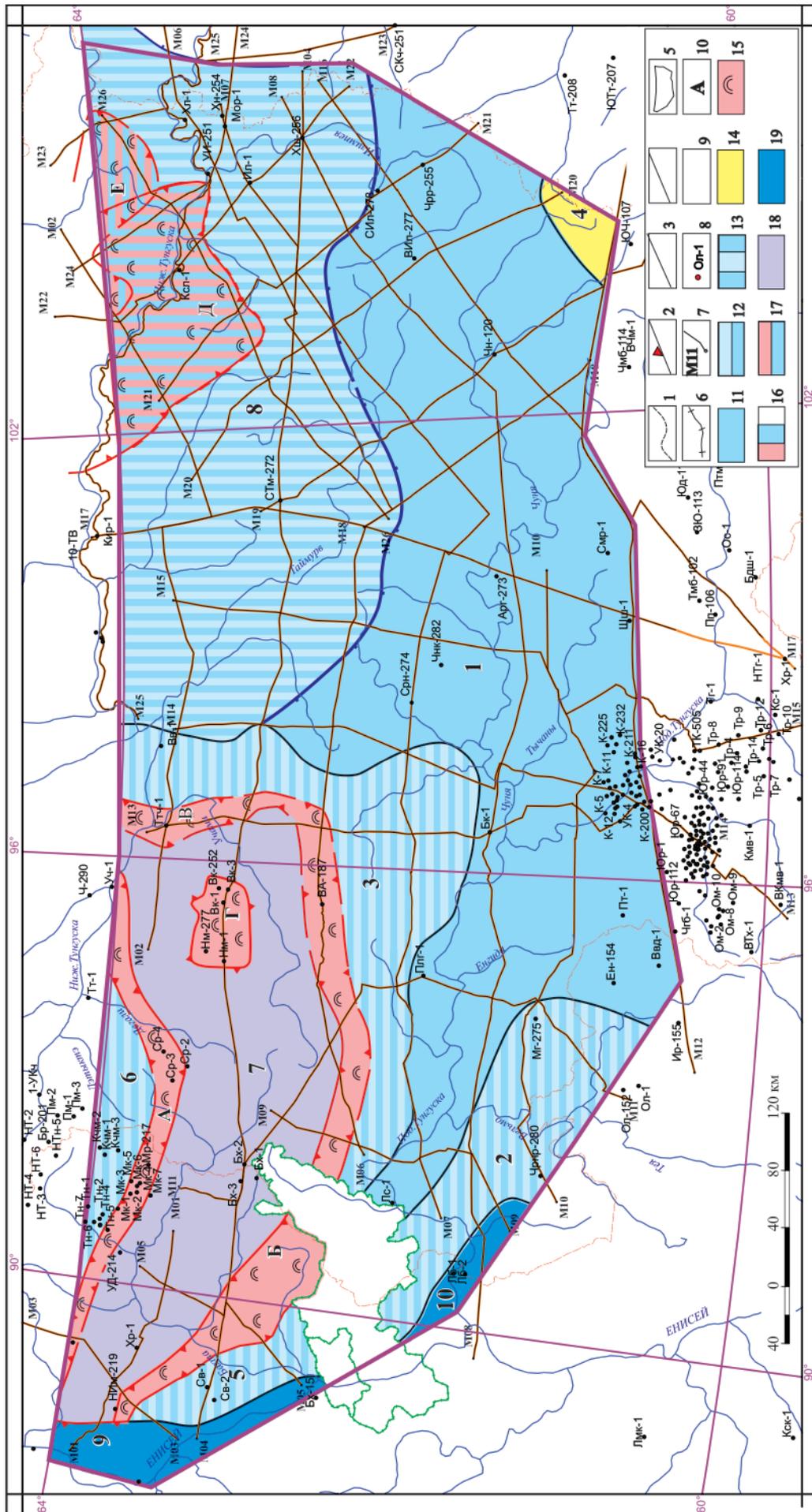




Рис. 2. Основные литосейсмофациальные зоны кембрия междуречья Подкаменной и Нижней Тунгусок

Границы: 1 – административные, 2 – органогенных построек (риффы, рифовая банка), 3 – литосейсмофациальных зон (1 – Байкинской, 2 – Вельминской, 3 – Нижнечункинской, 4 – Ереминской, 5 – Светлинской, 6 – Сурингдаконской, 7 – Тынепской, 8 – Илимпейской, 9 – Туруханской, 10 – Лебяжинской), 4 – северо-восточная – распространения ОГ К1 (выклинивание солей в верхнебельской подсвете), 5 – района работ; 6 – природоохранная территория; 7 – композитные сейсмические маршруты; 8 – глубокие скважины; 9 – литосейсмофациальные зоны, 10 – органогенные постройки, риффы (А – Таначи-Дельтулинский краевой риф, Б – Южный, В – Восточный органогенные склоны к зоне некомпенсированного прогибания, Г – Намурская рифовая банка, Д – Турунская подзона с органогенными постройками в толбачанской свите, Е – Ейкинская подзона с органогенными постройками в ангарской свите); зоны распространения: 11 – всех соленосных толщ, 12 – карбонатных разрезов тойонского, амгинского ярусов, 13 – карбонатных разрезов билирской, толбачанской свит, 14 – выщелоченных солей в среднем – верхах нижнего кембрия, 15 – краевых рифов, 16–17 – органогенных построек на Илимпейском шельфе сатурации в карбонатных разрезах толбачанской (16) и ангарской (17) свит кембрия; 18 – зона некомпенсированного прогибания в тойонском веке, заполненная в среднем кембрии; 19 – карбонатные разрезы кембрия

ческом отношении является практически однородной и выдержанной осадочной толщей мощностью до 100–120 м, реже больше (при внедрении траппов). В южной части на временных разрезах свита выделяется в виде интенсивной положительной фазы 30–40 мс, в западной и восточной она неотличима от вышележащей ангарской свиты.

Ангарская свита, сложенная ритмичным чередованием пачек солей и карбонатов, характеризуется фациальной неоднородностью и изменением толщин от 300 до 800 м в Полигусской скв. 1, Верхнеилимпейской скв. 277. По рисунку сейсмической записи строение свиты разное в южной, восточной и западной частях Байкинской ЛСФЗ.

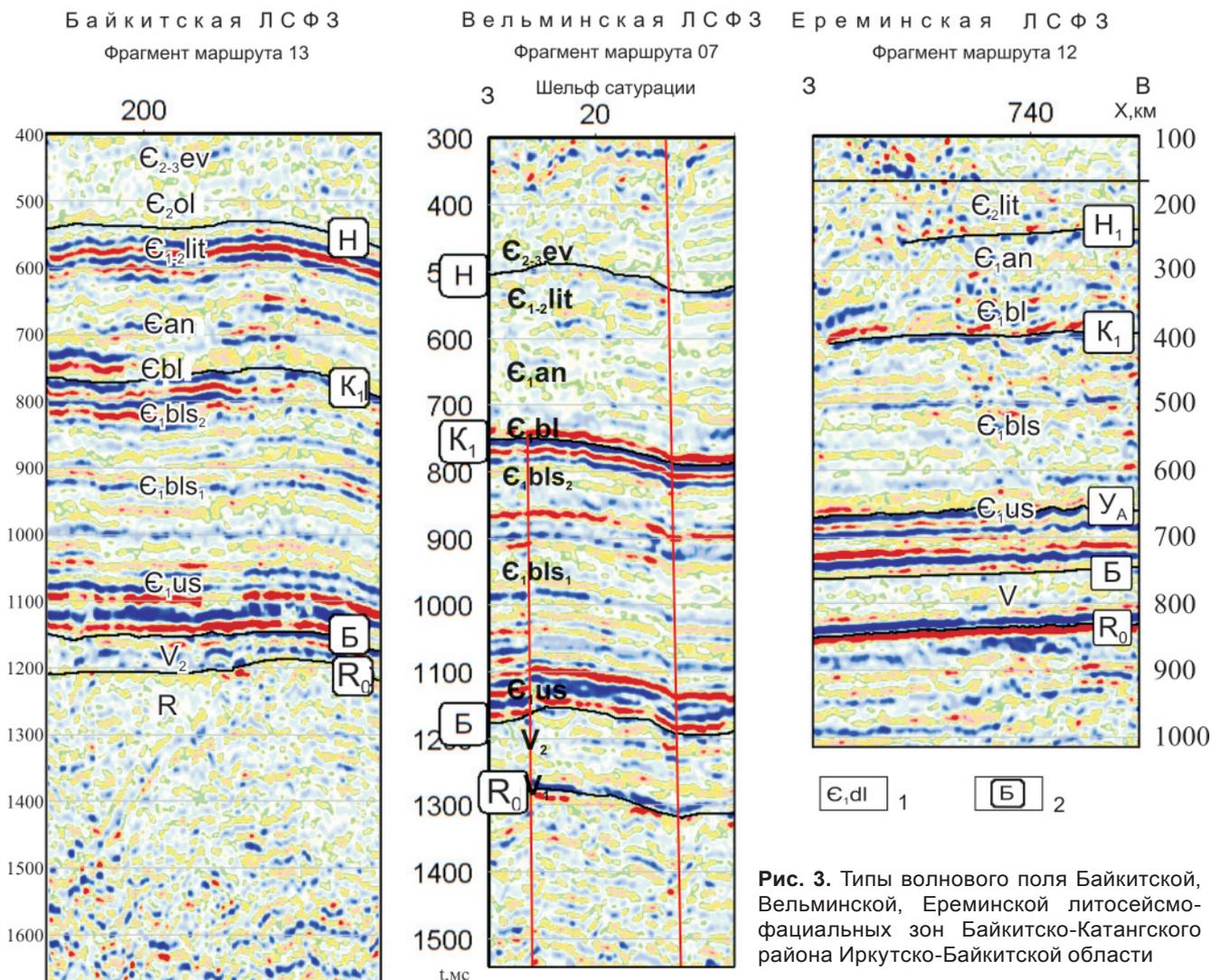


Рис. 3. Типы волнового поля Байкинской, Вельминской, Ереминской литосейсмофациальных зон Байкитско-Катангского района Иркутско-Байкинской области

1 – стратиграфические подразделения (свиты: $E_{2-3}ev$ – эвенкийская, E_{2ol} – оленчиминская, $E_{1-2}lit$ – литвинцевская, E_{1an} – ангарская, E_{1bl} – булайская, E_{1us} – усольская; подсветы: E_{1bls_2} – верхнебельская, E_{1bls_1} – нижнебельская; V_2 – верхний венд, V_1 – нижний венд, R – рифей); 2 – отражающие горизонты: H – в подошве эвенкийской свиты ($E_{2-3}ev$), H_1 – в подошве литвинцевской свиты, K_1 – в подошве булайской свиты (E_{1bl}), Б – в подошве усольской свиты (E_{1s}), R_0 – в подошве венда (V)

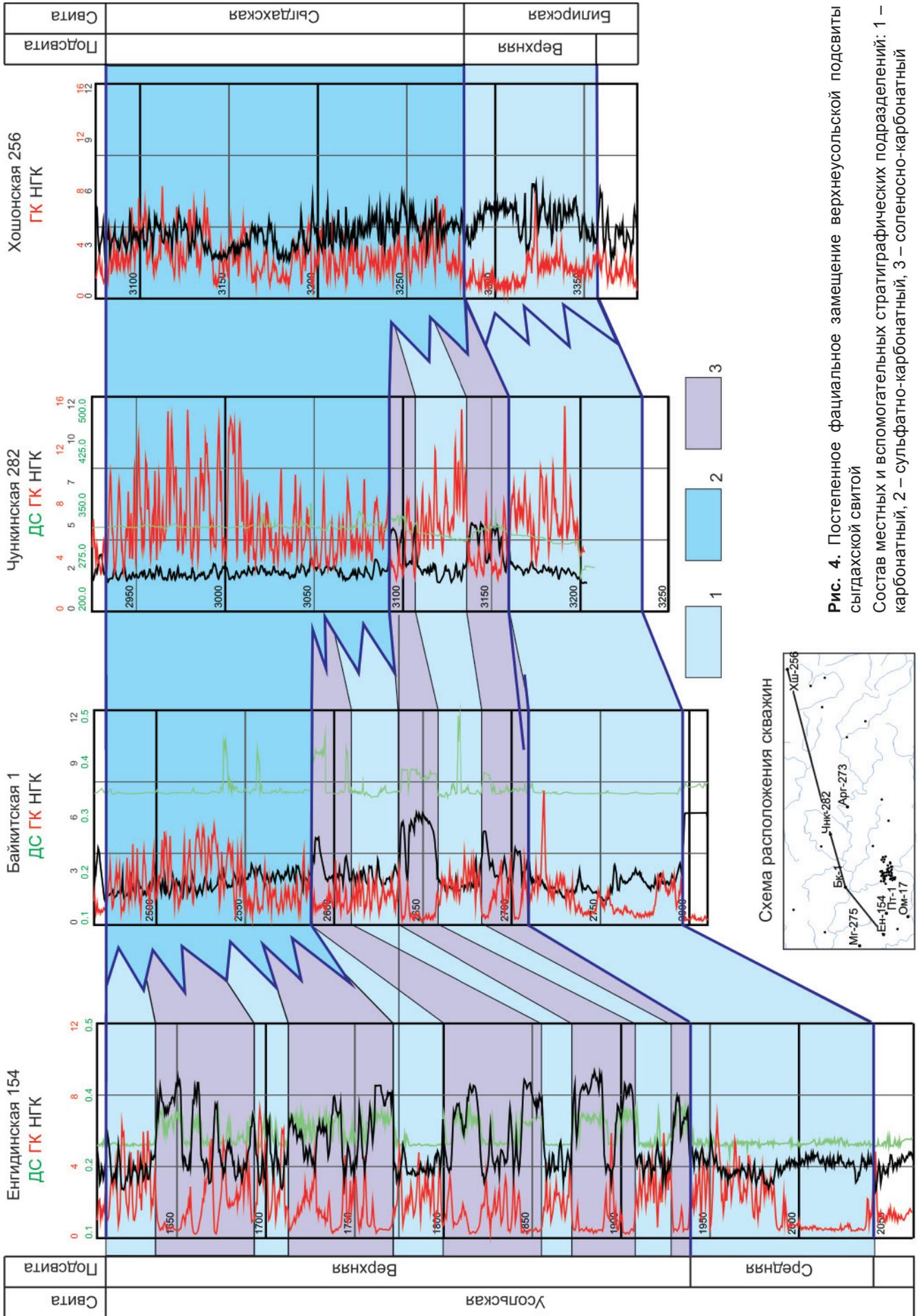


Рис. 4. Постепенное фациальное замещение верхнеусольской подсвиты сыгдахской свитой

Состав местных и вспомогательных стратиграфических подразделений: 1 – карбонатный, 2 – сульфатно-карбонатный, 3 – соленосно-карбонатный



На крайнем юге на временных разрезах свите, как правило, соответствуют динамически выраженные и интенсивные отражения длительностью 100–150 мс. В восточной части зоны, по мере погружения в Курейскую синеклизу, на разрезах ОГТ сохраняется амплитудная выразительность, но динамически волновой пакет изменяется: длительность увеличивается до 280 мс и более. На временных разрезах часто появляются «белые пятна» без ярко выраженных отражений и нарушается прослеживаемость ОГ внутри интервала свиты, при их характерном ступенчатом поведении. Это обусловлено внедрением протяженных мощных пластовых интрузий (в скв. Вил-277, Арг-273, Чн-120 вскрыты траппы толщиной 368, 311 и 294 м соответственно).

На западе по сравнению с описанными территориями амплитуда волнового поля гораздо менее выразительна, что связано с постепенным выклиниванием в западном направлении пачек каменных солей, отсутствие которых фиксируется в скв. ПТМ-1 и скв. Ен-154. «Временная мощность» свиты составляет в среднем 100 мс, и лишь в районе скв. Пл-1 достигает 280 мс (здесь вскрыта интрузия мощностью 535 м). На крайнем востоке зоны прослежен ОГ H_4 . Он приурочен к пачке солей, залегающей в нижней части ангарской свиты, которая на западе выклинивается, и ОГ H_4 не выделяется на фоне волн-помех.

Литвинцевская свита представлена нижней карбонатной (60–70 м) и верхней галогенно-карбонатной (120–280 м) подсвитами. В восточной части зоны на временных разрезах нижняя подсвита выделяется высокоамплитудным и положительным отражением длительностью 20 мс. Интервал верхней подсвиты отображается интенсивным 5-фазным импульсом, но с более высоким значением видимой частоты отражений, входящих в его состав. Однако рисунок волнового поля значительно изменяется в местах внедрения пластовых интрузий, которые, судя по разрезам ОГТ, широко развиты в этой части зоны. В таких местах на временных разрезах часто появляются «белые пятна» и нарушается прослеживаемость отражений внутри интервала свиты.

В западной части зоны «сильные» отражающие границы находятся в верхней части верхней подсвиты. В этом интервале формируется интенсивный 2–4-фазный волновой пакет длительностью 50 мс и более. Изменение волновой картины связано с выклиниванием пачек каменных солей снизу вверх по разрезу свиты. В скв. Пл-1 фиксируется только одна маломощная пачка солей в кровле литвинцевской свиты. На юге верхняя подсвита сложена соленосным разрезом, на временных разрезах ей соответствует «полный» волновой пакет. К кровле подсвиты приурочен ОГ H , который уверенно прослеживается в пределах почти всей зоны (за исключением участков

с траппами в кровле свиты), лишь на северо-западе он теряет свои реперные свойства. Корреляция ОГ H_1 , приуроченного к подошве свиты, в силу сейсмогеологических причин возможна только на востоке территории.

Оленчминская свита (мощность 30–60 м) формировалась после длительного перерыва, поэтому с размывом залегают на разных слоях литвинцевской. Свита представлена терригенно-карбонатными осадками, по литологическому составу является переходной от вышележащей более терригенной эвенкийской свиты к галогенно-карбонатному разрезу нижележащих отложений кембрия. На разрезах ОГТ ей соответствует положительное, но не везде яркое и четкое отражение, что обусловлено ее акустическими свойствами (градиентный слой).

Вельминская ЛСФЗ выделена на западе региона. Кембрий здесь представлен, как и в Байкинской зоне, усольской, бельской, булайской, ангарской, литвинцевской и эвенкийской свитами. Характерная особенность – отсутствие пластов солей в ангарской свите (скв. Мг-275). На временных разрезах ОГТ волновое поле Вельминской и Байкинской ЛСФЗ в целом сходно. Иной рисунок сейсмической записи на разрезах ОГТ свойственен отложениям ангарской и литвинцевской свит (см. рис. 3). Усольская свита на юге на временных разрезах занимает интервал 220 мс, который на севере сокращается до 180 мс. «Усольское» волновое поле в пределах зон представлено высокоамплитудными и выдержанными отражениями. Здесь уверенно прослеживаются ОГ Б, $У_a$ и У, последний приурочен к кровле свиты.

Ангарская свита на юге на разрезах ОГТ занимает интервал около 200 мс. На границах галогенно-карбонатной тонкослоистой верхней части свиты иногда формируется несколько отражений. Временной интервал, отвечающий нижележащим осадкам, представлен «немым» полем отраженных волн. На севере территории «временная мощность» свиты сокращается до 100 мс, отражения от верхов свиты практически не выделяются на фоне сейсмического шума.

Литвинцевская свита на временных разрезах занимает интервал 70–90 мс. Волновое поле представлено в виде чередования высокоамплитудных и выдержанных отражений. Тип волнового поля меняется только на самом севере зоны, где отложения литвинцевской свиты замещаются карбонатными осадками таначинской. В пределах зоны уверенно прослежены ОГ H и H_1 , приуроченные к кровле и подошве свиты соответственно.

Ереминская ЛСФЗ выделена на юго-востоке территории, отличается бессолевым разрезом литвинцевской и ангарской свит (см. рис. 3). Эти неглубоко залегающие отложения подвергались воздействию инфильтрационных вод, в результате чего каменная соль из разреза полностью



или частично выщелочена [4]. По литолого-фациальным характеристикам отложений нижнего и среднего кембрия зона подобна Байкинской. В интервале геологического разреза выделяется тот же набор свит. На временных разрезах ОГТ галогенно-карбонатным отложениям усольского – чарского горизонтов отвечают те же волновые картины, что и в Байкинской зоне. Лишь временной интервал, соответствующий отложениям литвинцевской и ангарской свит, представлен здесь «немым» полем отраженных волн, что является следствием выщелачивания солей.

Ботубинско-Сюгджерская область, Илимпейский район

Илимпейская ЛСФЗ занимает северо-восточную часть междуречья Подкаменной и Нижней Тунгусок. Для зоны характерно отсутствие солей в разрезах нижнего кембрия, сложенных билирской, сыгдахской, эльганской и толбачанской свитами. Выше выделены свиты восточной части Байкинской ЛФЗ (булайская, ангарская, литвинцевская и эвенкийская). Илимпейская ЛСФЗ в целом представляла собой шельф сатурации, на юге которого появляются пласты соли. На шельфе в обстановках мелководья в томмотском и атдабанском веках проходило выпаривание вод, что привело к отложению первых тонких слоев соли. Последовательность выклинивания пластов соли разделяет Илимпейскую зону на три подзоны – основную собственно Илимпейскую и северо-восточные Турунскую и Ейкинскую.

В Илимпейской подзоне сохранились отдельные тонкие пласты солей в низах нижнего кембрия, но в основном преобладают карбонаты в билирской, эльганской свитах и нижнетолбачанской подсвите и мергели, глинистые доломиты в сыгдахской свите и верхнетолбачанской подсвите. Это подтверждается бурением Хошонской, Хонской, Моровской скважин Илимпейского куста.

В Турунской подзоне солей в низах кембрия нет. Судя по характеру волнового поля, в эльганской и толбачанской свитах преобладают карбонаты, вероятно, участками органогенные. Пачки и пласты соли сохранились в ангарской и литвинцевской свитах. Интервал разрезов ОГТ от ОГ Н₄ до Н характеризуется интенсивными отражениями, что характерно для соленосного разреза.

В Ейкинской подзоне, кроме того, отсутствуют соли в нижней – средней частях ангарской свиты, сложенных карбонатами, возможно органогенными.

В собственно Илимпейской подзоне сейсмогеологические характеристики билирской, сыгдахской, эльганской и толбачанской свит отличаются достаточно слабыми отражениями, поэтому изучить волновые пакеты, отвечающие этим стра-

тиграфическим уровням, не представляется возможным (рис. 5). Более того, на разрезах ОГТ они выделяются в составе единого сейсмокомплекса, охватывающего интервал между ОГ Б и Н₄. «Временная мощность» этого сейсмокомплекса составляет 350–400 мс на юге Илимпейской зоны и, по мере погружения на север в Курейскую синеклизу, возрастает до 500–550 мс.

Рассмотрим сейсмогеологические характеристики свит в районе Хошонской скв. 256 и Моровской скв. 1. Билирская свита согласно залегает на карбонатах тэтэрской свиты верхнего венда, подразделяется на карбонатно-глинистую нижнюю и преимущественно карбонатную верхнюю подсвиты. На кровле верхней подсвиты формируется достаточно интенсивное положительное отражение ОГ II, на кровле нижней – малоамплитудное отрицательное. Сыгдахская свита согласно залегает на карбонатных осадках верхнебилирской подсвиты, представлена преимущественно глинисто-карбонатными до аргиллитов породами. На разрезах ОГТ свита выделяется в виде достаточно интенсивного пакета отражений. К ее верхней и нижней частям приурочены отрицательные фазы. Эльганская и толбачанская свиты сложены карбонатами, их отражения на временных разрезах, как правило, слабо выражены.

Северо-восток Илимпейской ЛСФЗ выделен в Турунскую подзону возможного распространения органогенных построек в толбачанской свите. В подзоне нет пластов соли в толбачанской, сыгдахской и билирской свитах, и поэтому здесь не прослеживаются отражающие горизонты К₁, Б и R₀, а выделяются отражающие горизонты ОЧ (кровля булайской свиты), II (кровля билирской свиты), KB или Ф (поверхность терригенного венда, фундамента). Длительность пакета отражений от ОГ II до ОЧ в подзоне увеличена до 260–340 мс, и происходит ослабление интенсивности отраженных волн, что позволяет предполагать органогенные постройки в толбачанской свите. Выше разрез представлен чередованием положительных и отрицательных фаз, что свидетельствует о соленосности ангарской и литвинцевской свит (см. рис. 5).

Пакеты отражений от ОГ ОЧ до Н соответствуют ангарской и литвинцевской свитам. Ангарская свита характеризуется маловыразительным волновым полем. Вероятно, здесь также распространены органогенные постройки, перекрытые соленосной верхнелитвинцевской подсвитой.

На крайнем северо-востоке территории соли в ангарской свите исчезают. Здесь предполагается Ейкинская подзона органогенных построек в ангарской свите. При уменьшении мощности органогенных построек в Турунской подзоне, увеличивается их мощность в Ейкинской подзоне (временной интервал на ОГТ увеличивается до 150 мс). Вышележащие среднекембрийские от-

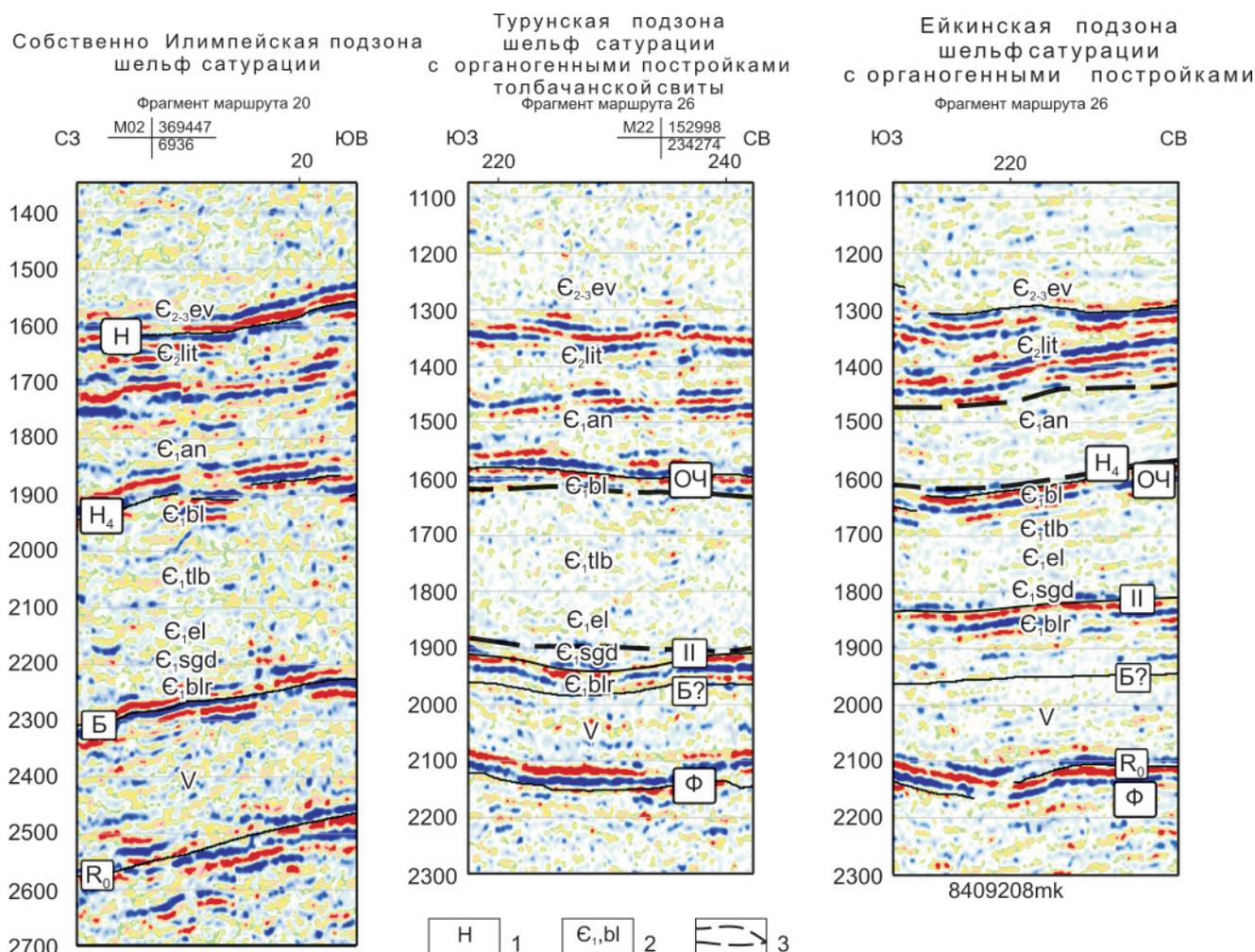


Рис. 5. Типы волнового поля Илимпейской литосейсмофациальной зоны Илимпейского района Ботуобинско-Сюджерской области

1 – отражающие горизонты (Н – подошва эвенкийской свиты, Н₄ – пачка солей в нижней части ангарской свиты, ОЧ – кровля булайской свиты, К₁ – подошва булайской свиты, II – кровля среднеусольской (верхнебилирской) подсвиты, Б – кровля тэтэрской свиты, R₀, Ф – поверхность фундамента); 2 – стратиграфические подразделения (свиты: E₂₋₃ev – эвенкийская, E₂lit – литвинцевская, E₁an – ангарская, E₁bl – булайская, E₁tlb – толбачанская, E₁bls – бельская, E₁sgd – сыгдахская, E₁blr – билирская, E₁us – усольская; V – венд); 3 – органогенная постройка

ложения аналогичны таковым в Турунской подзоне органогенных построек (см. рис. 5). Границы между подзонами Илимпейской зоны проведены по изменениям волновых полей разрезов ОГТ и являются достаточно условными. В целом, эти участки органогенных построек относятся к частично бессолевой области Турухано-Иркутско-Олекминского региона. Зона краевых органогенных построек Анабаро-Синского региона находится севернее описываемой территории.

Бахтинская область

Светлинская ЛСФЗ находится в западной части области. Геологический разрез кембрия в нижней части представлен усольской, абакунской, бурусской и сурингдаконской свитами, которые на разрезах ОГТ отображаются единым волновым пакетом в 500–700 мс (между ОГ Б и К₁). Отражения пакета характеризуются амплитудной выразительностью и уверенной прослеживаемостью,

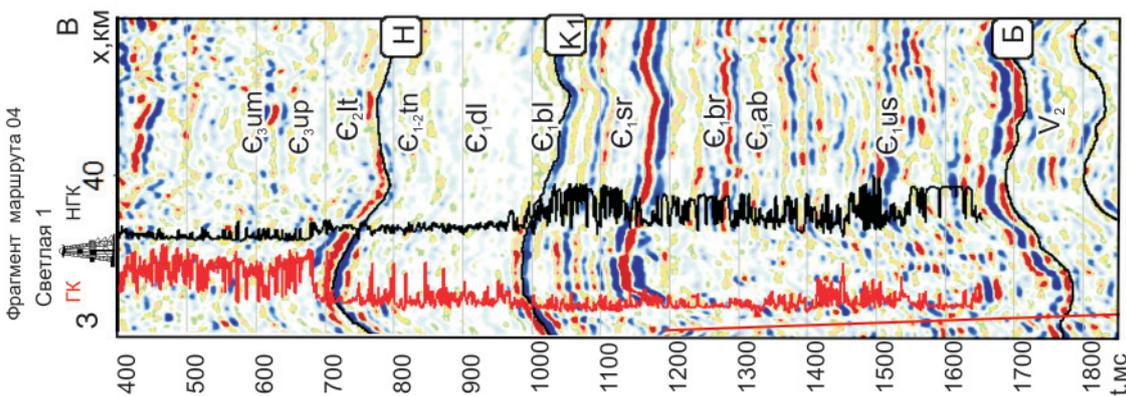
а вышележащие отложения (булайская, дельтулинская, таначинская свиты) – лишь отдельными яркими отражениями (рис. 6).

Усольская свита в Светлинской зоне отличается более соленосным разрезом и повышенной мощностью, которая достигает 960 м в Светлинской скв. 2. На разрезах ОГТ свита во всем интервале динамически выразительна и представлена группой интенсивных отражений длительностью около 350 мс. В северной части количество фаз в составе волнового пакета уменьшается, а интервал сокращается до 200 мс. Еще севернее (за пределами зоны) изменяется тип волнового поля, отражения теряют свою амплитудную выразительность. Усольская свита замещается тремя другими: ясенгской, моктаконской и марской.

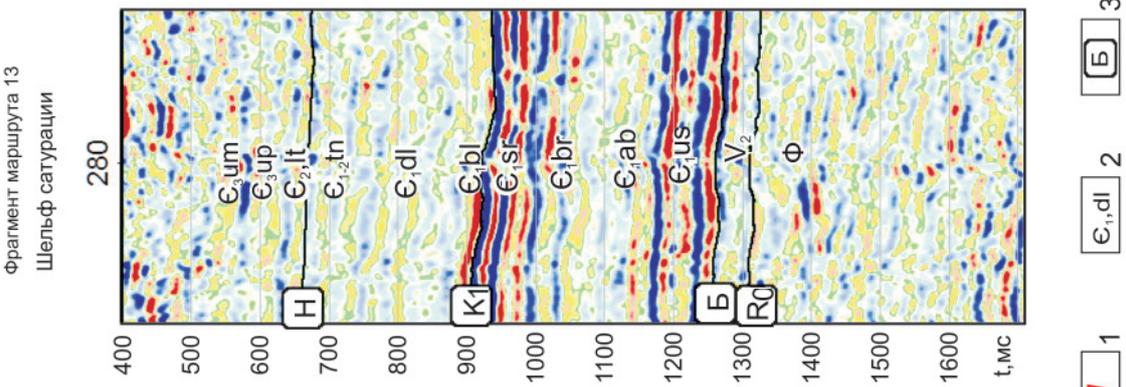
Абакунская свита на разрезах ОГТ выделяется яркой положительной фазой длительностью 25 мс. Бурусская свита согласно залегает на абакунской и сложена преимущественно соленосной



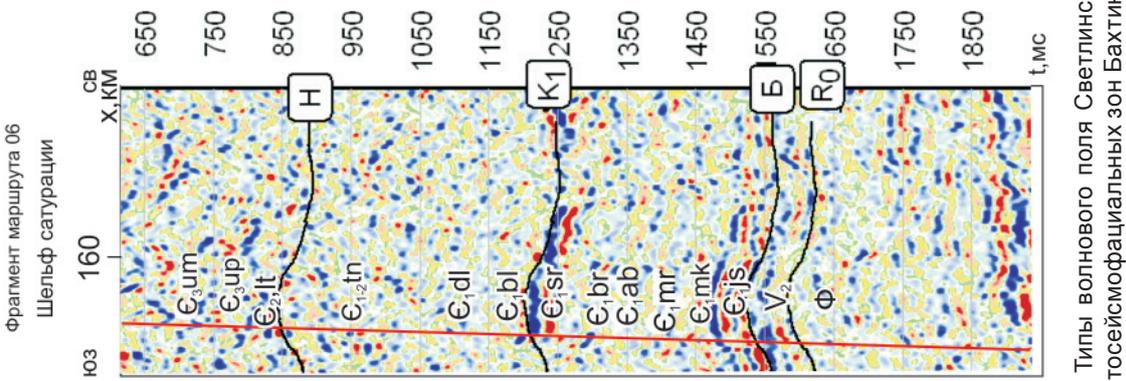
Светлинская ЛСФЗ



Нижнечункинская ЛСФЗ



Суриндаконская ЛСФЗ



Тынепская ЛСФЗ

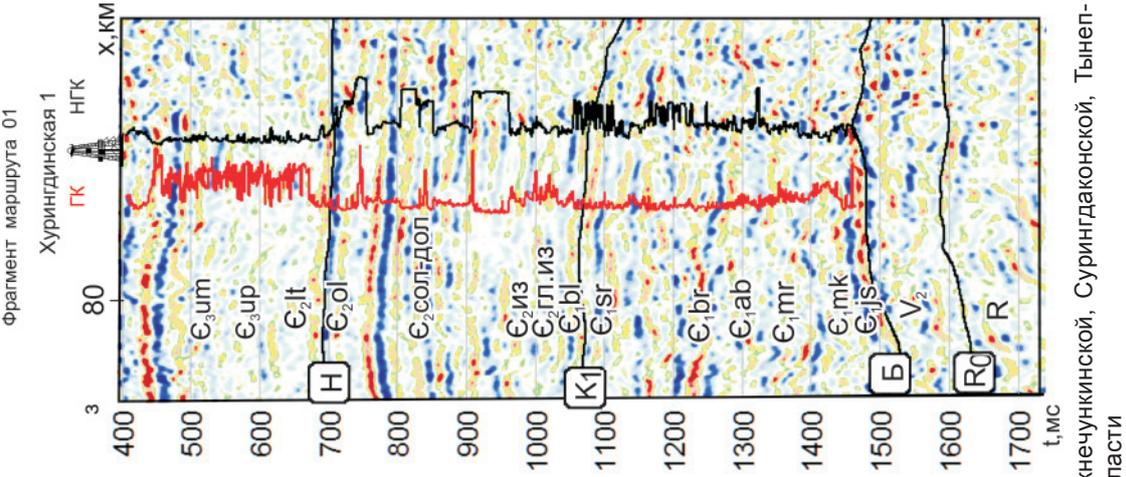


Рис. 6. Типы волнового поля Светлинской, Нижнечункинской, Суриндаконской, Тынепской литосейсмофациальных зон Бахтинской области

1 – дизъюнктивные нарушения; 2 – стратиграфические подразделения (свиты): E₃um – усть-мундуйская, E₃up – усть-пелякинская, E₂lt – летинская, E₂ol – оленчминская, толщи: E₂солз-дол – соленно-доломитовая, E₂из – известняковая, E₂гл.из – глинистых известняков, E₁₋₂tn – таначинская, E₁dl – дельтулинская, E₁bl – булайская, E₁sr – суриндаконская, E₁br – абакунская, E₁ab – марская, E₁mr – марская, E₁mk – моктаконская, E₁js – ясенгская; V₂ – верхний венд, V₁ – нижний венд; R₀ – рифей); 3 – отражающие горизонты в подошве: Н – эвенкийской свиты (E₂₋₃ev), K₁ – булайской свиты (E₁bl), Б – уральской свиты (E₁us), R₀ – венда (V₂tt)



верхней частью и галогенно-карбонатной нижней. В пределах зоны свита достаточно выдержана по литолого-акустическим свойствам, и на разрезах ОГТ занимает временной интервал 210–220 мс. На общем фоне сейсмической записи выделяются два интенсивных положительных отражения, приуроченные к реперным карбонатным пачкам в кровле и средней части свиты.

Сурингдаконская свита согласно залегает на бурусской и представлена преимущественно каменными солями с подчиненными карбонатными пластами. На разрезах ОГТ ей соответствует на юге интервал динамически выраженных отражений 160–170 мс, а на севере – 110–120 мс. В кровле свиты находится опорный в пределах зоны ОГ K_1 . Булайская свита толщиной до 120 м является репером и регионально выдержана в пределах как зоны, так и всей изучаемой территории. На временных разрезах представлена нечеткой положительной фазой 30–40 мс.

Дельтулинская и таначинская свиты представлены преимущественно карбонатными осадками. В зоне на разрезах ОГТ им соответствуют области отсутствия отражений. На юге в Вельминской зоне они литологически замещаются галогенно-карбонатными ангарской и литвицевской свитами, на временных разрезах которых выделяется несколько высокоамплитудных отражений. В центральной части зоны на разрезах ОГТ ниже ОГ Н появляются одно-два интенсивных отражения, приуроченные к верхней части литвицевской свиты.

Нижнечункинская ЛСФЗ занимает восточную и южную части Бахтинской области. Геологический разрез нижнего – среднего кембрия, как и в Светлинской зоне, представлен (снизу вверх) усольской, абакунской, бурусской, сурингдаконской, булайской, дельтулинской и таначинской свитами. На разрезах ОГТ таначинская и дельтулинская свиты выделяются совместно, занимая интервал 200–230 мс. Рисунок сейсмической записи невыразителен, но на отдельных участках в верхней части таначинской свиты формируется достаточно интенсивное 2-фазное отражение.

Сурингдаконская ЛСФЗ находится в северо-западной части исследуемой территории и приурочена к одноименному фациальному району. Нижнекембрийские отложения здесь разделены (снизу вверх) на ясенгскую, моктаконскую, марскую (усольский горизонт), абакунскую (эльгянский горизонт), бурусскую, сурингдаконскую (толбачанский горизонт), булайскую (урицкий и олекминский горизонты), дельтулинскую (чарский горизонт) свиты. Верхи нижнего – амгинский ярус среднего кембрия представлены таначинской (наманский горизонт) свитой. В среднем – верхнем кембрии выделены летнинская (майский ярус среднего кембрия), устьепелядкинская и устьемундуйская свиты (верхний кембрий). Ясенгская

и сурингдаконская свиты сложены солями и доломитами, остальные – карбонатами. В Сурингдаконской зоне в чарское и наманское время в условиях мелководного открытого шельфа с подвижными водами формировались доломиты таначинской (75–85 м) и дельтулинской (390–465 м) свит. Предполагается предельная мелководность бассейна с кратковременными выходами отдельных участков из-под уровня вод. Тип волновой картины в Сурингдаконской зоне своеобразный: на разрезах ОГТ отмечается ослабление динамической выразительности отражений в интервале ОГ Н и K_1 , выделение ОГ Н проблематично. Наибольшие пластовые скорости свойственны карбонатам булайской свиты, что приводит к формированию в подошве этих отложений горизонта K_1 (см. рис. 6). Интенсивное отражение формируется на границе солей ясенгской свиты и карбонатов тэтэрской (горизонт Б).

Дельтулинская и таначинская свиты формируют карбонатную Костинскую платформу мощностью 500 м и более, по периферии которой развита система Таначи-Дельтулинских краевых рифов, где фиксируются максимальные мощности отложений. На временных разрезах выдержанные отложения дельтулинской и таначинской свит динамически невыразительны, лишь на кровле последней формируется малоамплитудное отражение (ОГ Н).

Таначи-Дельтулинский краевой риф. Вдоль южной границы Сурингдаконской фациальной зоны дельтулинская и таначинская свиты составляют систему краевого рифа [1], отделяющую Костинскую карбонатную платформу Сурингдаконской зоны от Тынепского некомпенсированного прогиба. Краевая система рифов – перспективный объект для поиска нефти и газа. По положению в разрезе и фауне трилобитов дельтулинская свита отвечает тойонскому ярусу нижнего кембрия, таначинская соответствует верхам нижнего – амгинскому ярусу среднего кембрия. Рифовые постройки выявлены в результате бурения на Моктаконской площади (скв. Мк 1, 2, 3, 5, 6), о чем свидетельствуют максимальные толщины дельтулинских и таначинских отложений (свыше 800 м), преимущественно однородное строение разрезов, монотонная кривая ГК. На 50–70 % породы пористые и кавернозные. В Моктаконской скв. 5 значения пористости колеблются от 0,7 до 16 %. Среди литогенетических типов преобладают мелко- и среднезернистые и известковые доломиты. Значительная часть дельтулинской свиты составлена водорослевыми карбонатами.

В зоне Таначи-Дельтулинского краевого рифа различия между таначинской и дельтулинской свитами теряются. Видимо, таначинская свита слагает здесь верхние интервалы рифовых построек, увеличивая их мощность до 540–560 м. На временных разрезах ОГТ постройки выделяются



по смене рисунка сейсмической записи. В зоне рифа отражения отсутствуют (рис. 7). Галогенно-карбонатные (шельф сатурации) и глинисто-карбонатные (Тынепский «голодный» бассейн) разрезы представлены средне- и слабоинтенсивными отражениями, однако последние отличаются еще и по мощности и на разрезах ОГТ занимают наименьший временной интервал.

Южный краевой риф. К югу от Тынепского некомпенсированного прогиба фиксируется аналогичная карбонатная платформа, на северной окраине которой также существуют органогенные постройки. Крутой северный склон этой карбонатной платформы, как и на Костинской платформе, благоприятен для развития краевых рифов. Отложения указанного типа вскрыты глубокими скв. 1 и 2 только на Светлой площади. Все признаки рифогенности, отмеченные для краевых рифов Костинской платформы, присущи и разрезам на Светлой площади. Временной интервал на разрезе ОГТ (280–290 мс) не содержит выраженных отражений. Разрез представлен карбонатами таначинской и дельтулинской свит.

Тынепская ЛСФЗ охватывает северо-западную часть междуречья и часто выделяется как фациальный район. Разрез нижней части кембрия сложен теми же свитами, что в Сурингдаконской и Светлинской зонах. В нижней части карбонатной формации предполагаются рифовые постройки в моктаконской свите. На контактах солей с карбонатами ясенгской и сурингдаконской свит образуются опорные отражающие горизонты Б и К₁. Особенностью разрезов кембрия в Тынепском фациальном районе является состав тойонского, амгинского и низов майского ярусов [3]. Тойонский и низы амгинского ярусов сложены глинисто-известняковой толщей мощностью 45–100 м, выше находится толща известняков (100–210 м) амгинского-майского возраста, затем толща чередующихся пачек солей и доломитов (120–400 м), оленчиминская терригенно-соленосно-карбонатная (50–70 м) и пестроцветная летнинская свиты (до 290 м), относимые к майскому ярусу. Отложения верхнего кембрия представлены устьепеляд-кинской и устьмундуйской свитами.

На западе Тынепской зоны в моктаконской свите возможны рифовые постройки. Повышенные мощности отложений на отдельных участках, однородность строения, преобладание в разрезе мелко- и среднезернистых карбонатов, отсутствие терригенной примеси, многочисленные водорослевые остатки – все это подтверждает существование органогенных построек, которые выявлены бурением на Моктаконской и Усть-Дельтулинской площадях.

На разрезах ОГТ в Тынепском фациальном районе наиболее интенсивные отражения формируются в кровле оленчиминской и в подошве булайской свит (ОГ Н и К₁ соответственно)

(см. рис. 6). Насыщенность Тынепской зоны пластовыми интрузивными телами, соли оленчиминской, ясенгской свит и соленосно-доломитовой толщи создают на временных разрезах ОГТ многофазную субгоризонтальную динамически выраженную волновую картину. Рассмотрим подробнее отображение свит кембрия в волновых полях временных разрезов.

Ясенгская свита согласно залегает на карбонатных отложениях верхнего венда и перекрывается карбонатными осадками моктаконской свиты. На разрезах ОГТ свита выделяется, как правило, интенсивной отрицательной фазой. К ее подошве приурочен ОГ Б – опорный в пределах как зоны, так и почти всей территории междуречья.

Моктаконская, марская, абакунская свиты характеризуются согласным залеганием и представлены преимущественно карбонатными (100–260 м), карбонатно-глинистыми (70–100 м) и карбонатными (70 м) осадками соответственно. Мощность моктаконской свиты в пределах рифовых построек повышена. Свиты характеризуются достаточно слабыми отражающими границами и отдельно могут быть выделены только на разрезах ОГТ высокого качества. На доступных для анализа разрезах в интервале свит наблюдается практически полное отсутствие отражений, лишь на отдельных участках в моктаконской свите формируется среднеинтенсивное отражение. Временной интервал свит составляет, как правило, около 100 мс. Тип волнового поля меняется только на самом западе зоны в районе Нижнеимбакской скв. 219, которая вскрыла соленосный разрез усольского горизонта.

Бурусская свита согласно залегает на абакунской. Ее мощность на востоке около 300 м, на западе достигает 400–600 м, литологический состав изменяется в том же направлении с преимущественно карбонатного на галогенно-карбонатный. Все это с востока на запад отражено на разрезах ОГТ. В восточной части на разрезах ОГТ свита занимает интервал около 100 мс, который характеризуется «немым» полем отраженных волн, лишь в ее кровле формируется интенсивное положительное отражение. Западнее Бахтинской площади «временная мощность» свиты возрастает до 150 мс, а в районе Хуриндинской скв. 1 и Нижнеимбакской скв. 219 – 200 мс. Здесь появляется группа интенсивных отражений, приуроченных к пачкам соли в верхней части свиты.

Сурингдаконская свита согласно залегает на бурусской и сложена преимущественно каменными солями с подчиненными развитием карбонатных пропластков. Мощность свиты достигает 300–400 м, что связано с внедрением траппов; например, в Намурской скв. 1 вскрыта интрузия в 175 м. На временных разрезах свита выделяется группой высокоамплитудных отражений длительностью 70–80 мс. Однако конфи-

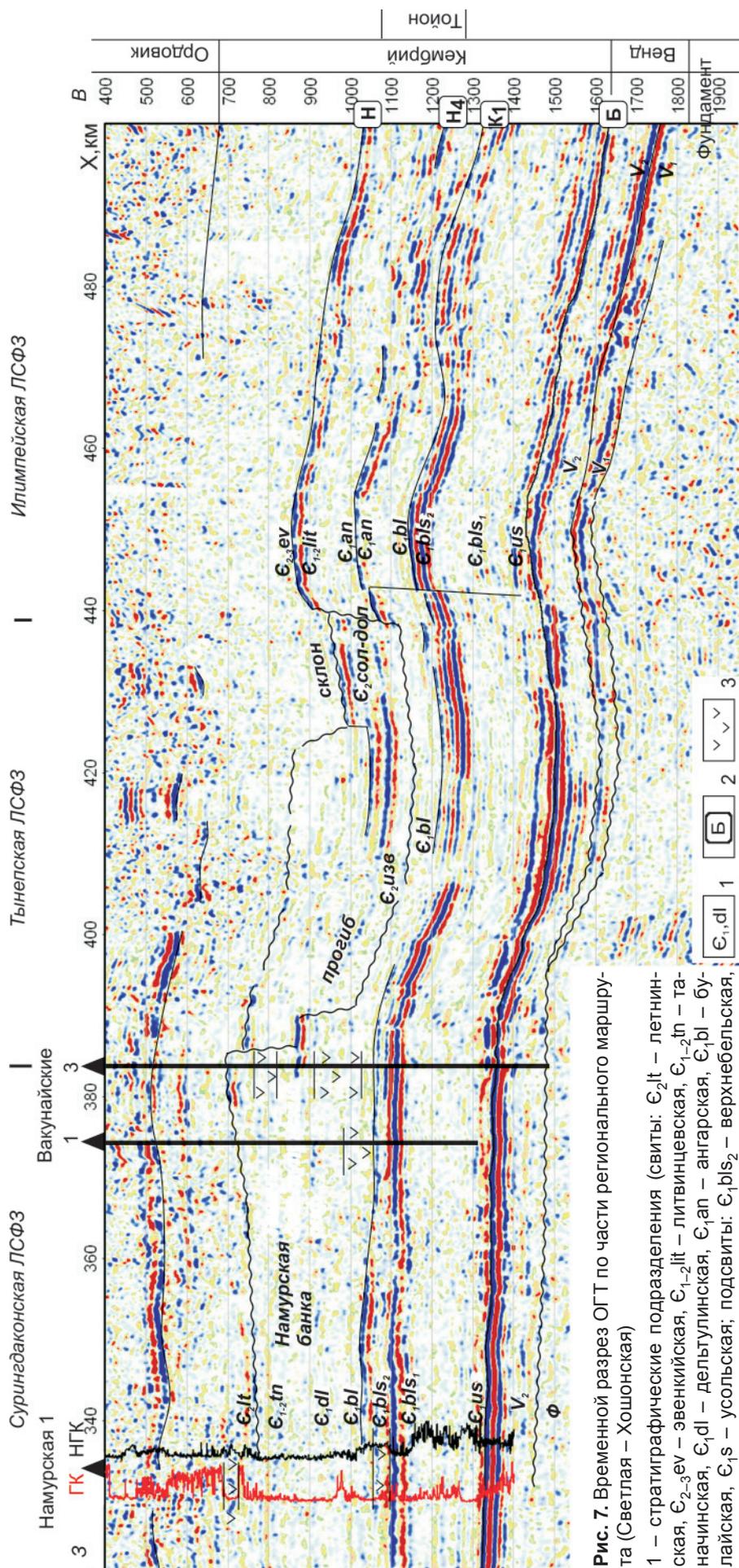


Рис. 7. Временной разрез ОГТ по части регионального маршрута (Светлая – Хошонская)

1 – стратиграфические подразделения (свиты: E₂lt – летнинская, E₂₋₃ev – эвенкийская, E₁₋₂lit – литвинцевская, E₁₋₂tn – тащачинская, E₁dl – дельтулинская, E₁ap – ангарская, E₁bl – булайская, E₁s – усольская; подсвиты: E₁bls₂ – верхнебулайская, E₁bls₁ – нижнебулайская; толщи: E₂сол-дол – солёно-доломитовая, E₂mz – известняковая; V₁ – верхний венд; V₂ – известняковая; V₃ – верхний венд; V₄ – нижний венд; V₅ – известняковая; Ф – поверхность фундамента); 2 – отражающие горизонты: Н – в подошве эвенкийской свиты (E₂₋₃ev), H₄ – в нижней части ангарской свиты (E₁ap), K₁ – в подошве булайской свиты (E₁bl), Б – в подошве усольской свиты (E₁us); 3 – долерит



гурация волнового поля значительно изменяется в местах внедрения межпластовых интрузий, которые, судя по разрезам ОГТ, широко развиты в этой зоне. В таких местах на временных разрезах часто появляются «белые пятна» и нарушается прослеживаемость отражений внутри интервала свиты.

Булайская свита, глинисто-известняковая и известняковая толщи характеризуются согласным залеганием акустически однородных пород, в которых не формируется достаточно сильных отражений. Лишь в кровле известняковой толщи и в подошве булайской свиты образуются высокоамплитудный отраженный сигнал. «Временная мощность» варьирует от 150 до 200 мс, на западе в районе Хуриндинской скв. 1 и Нижнеимбакской скв. 219 сокращается до 100 мс. Соленосно-доломитовая толща согласно залегает на подстилающих отложениях и составлена чередованием солей и карбонатов. В скважинах Нижнеимбакской 219, Хуриндинской 1, Бахтинской 3 вскрыты интрузии долеритов мощностью 500, 250 и 200 м соответственно. На разрезах ОГТ отложения представлены чередованием интенсивных и высокочастотных отражений, занимающим в восточной части временной интервал 150–200 мс, а в западной – до 300 мс. Оленчиминской свите на разрезах ОГТ соответствует положительное, но не везде яркое и четкое, отражение, что обусловлено скоростной градиционной слоистостью ее осадков.

Результаты сейсморазведочных работ МОГТ в Тынепском фациальном районе показали, что в известняковой толще на отдельных участках находятся одиночные рифы [1]. В западной части района выделено более 10 одиночных рифов в известняковой толще амгинского яруса. Такие же рифы возможны в восточной части Тынепского ЛСФЗ, где локализована крупная Намурская банка в отложениях чарского и наманского горизонтов. Она подсечена в скважинах Намурских 1, 277, Вакунайских 1–3, 252. На разрезах ОГТ, в отличие от окружающих глинисто-карбонатных отложений Тынепской зоны, банка характеризуется отсутствием даже слабых отражений в значительно большем временном интервале (см. рис. 7).

Туруханская область

Туруханская и Лебяжинская ЛСФЗ занимают северо-западную окраину региона, для них типичны бессолевыми карбонатные разрезы нижнего – среднего кембрия в составе платоновской, костинской, лебяжинской, летнинской, устьпелядкинской, устьмундуйской свит, которые на временных разрезах из-за слабой акустической дифференциации осадков практически не выделяются. К тому же здесь широко развиты дизъюнктивы. В результате на временных разрезах ОГТ кембрийским отложениям часто отвечает область «сейсмического шума».

Выводы

Отложения нижнего – среднего кембрия юга междуречья Нижней и Подкаменной Тунгусок (Байкитская зона) представлены галогенно-карбонатным комплексом, который формировался на севере обширного солеродного бассейна. С севера Байкитскую зону ограничивает Илимпейская с бессолевым усольским горизонтом и сульфатно-доломитовым типом отложений поздне-толбачанского времени. В зоне соли отсутствуют в толбачанском горизонте, но их много в чарском горизонте тойонского яруса и в низах амгинского яруса. Отложения накапливались в обстановках мелкого шельфа (шельф сатурации атдабанского и толбачанского времени). С северо-востока мелкий шельф ограничивался полосой мелководья отмелей и банок, где формировались карбонатные осадки. Здесь выделены две подзоны возможных органогенных построек: Турунская и Ейкинская. С уменьшением в северном направлении мощности турунских органогенных построек увеличивается мощность ейкинских, что может свидетельствовать о наличии перерыва в осадконакоплении. Поэтому в Турунской и Ейкинской подзонах органогенные постройки могут содержать улучшенные коллекторы, приуроченные к наиболее гипсометрически возвышенным зонам, которые подвергались усиленному карстованию на этапах кратковременных регрессий моря. Наличие перерыва в осадконакоплении предполагается и после формирования литвинцевской свиты [2], но монотонность эвенкийской толщи не позволяет это определить на временных разрезах.

В Тынепской зоне в тойонском и амгинском веках кембрия существовала топографическая впадина (прогиб), возникшая вследствие некомпенсации осадками прогибания территории. Тынепская топографическая впадина (прогиб) заполнена отложениями низов майского яруса. Тынепский прогиб открывался, вероятно, в северо-восточном окончании в обширную Котуйскую область некомпенсированного осадконакопления. К северу от Тынепской зоны на обширной Костинской карбонатной платформе (Сурингдаконская, Туруханская зоны) отлагались сульфатно-известняково-доломитовые осадки. Крутой южный склон Костинской платформы граничит с Тынепской зоной. По этому краю карбонатной платформы формировались рифы, образующие полосу широтного простирания. О рифовой природе свидетельствуют преимущественно однородное строение разреза, кавернозность мелко-среднезернистых, известковистых доломитов и пачки органогенно-обломочных доломитов.

К югу от Тынепского некомпенсированного прогиба находится аналогичная карбонатная платформа. Ее крутой северный склон, как и на Костинской платформе, благоприятен для развития краевых рифов.



Предложенное в настоящей работе лито-сейсмофациальное районирование потенциально нефтегазоносных отложений междуречья Нижней и Подкаменной Тунгусок может служить основой для планирования ГРП на поиски залежей углеводородов в кембрийских карбонатных толщах. Основным инструментом для подготовки объектов под поисковое бурения, должна стать сейсморазведка, поскольку на временных разрезах ОГТ достаточно уверенно отображаются изменения литолого-фациального состава отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геологическое** строение и перспективы нефтегазоносности кембрия Южно-Тунгусской нефтегазоносной области [Текст] / Н. В. Мельников, Л. И. Килина, С. А. Константинова, С. И. Доронина // Результаты работ по межведомственной региональной научной программе «Поиск» за 1992–1993 гг. Т. 1. – Новосибирск : НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1995. – С. 124–129.

2. **Мельников, Н. В.** Венд и кембрий центральной части Камовского свода: толщины свит, перерывы, структурные планы [Текст] / Н. В. Мельников // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2011. – № 1(5). – С. 17–32.

3. **Мельников, Н. В.** Венд-кембрийский солёный бассейн Сибирской платформы (Стратиграфия, история развития) [Текст] / Н. В. Мельников. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. – 148 с.

4. **Некомпенсированные** прогибы и зоны вымывания солей в разрезе кембрия юга Сибирской платформы [Текст] / Н. В. Мельников, А. О. Ефимов, И. Г. Сафронова [и др.] // Новые данные по геологии и нефтегазоносности Сибирской платформы. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1980. – С. 36–50.

5. **Решения** четвертого межведомственного регионального совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы [Текст]. – Новосибирск, 1989. – 64 с.

© Н. В. Мельников, А. В. Исаев, Е. В. Смирнов,
Е. Г. Наумова, М. В. Донцов,
Л. В. Медюхина, М. А. Масленников, 2014

МЕЛЬНИКОВ Николай Владимирович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, гл. науч. сотр., д. г.-м. н., проф.

E-mail: ogsp@sniiggims.ru

ИСАЕВ Александр Васильевич

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, заводделом, к. г.-м. н.

E-mail: lis@sniiggims.ru

СМИРНОВ Евгений Валерьевич

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, зам. генерального директора, к. г.-м. н.

E-mail: smirnov@sniiggims.ru

НАУМОВА Елена Георгиевна

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, науч. сотр.

E-mail: naumova@sniiggims.ru

ДОНЦОВ Максим Владимирович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, инженер I кат.

E-mail: 851-maxik@mail.ru

МЕДЮХИНА Любовь Викторовна

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, мл. науч. сотр.

E-mail: medyukhina@sniiggims.ru

МАСЛЕННИКОВ Михаил Александрович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, инженер II кат.

E-mail: maslennikov@sniiggims.ru

MELNIKOV Nikolai, DSc, prof., Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia.

E-mail: ogsp@sniiggims.ru

ISAEV Aleksandr, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia.

E-mail: lis@sniiggims.ru

SMIRNOV Evgenii, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia.

E-mail: smirnov@sniiggims.ru

NAUMOVA Elena, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia.

E-mail: naumova@sniiggims.ru

DONTSOV Maksim, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia.

E-mail: 851-maxik@mail.ru

MEDYUKHINA Lyubov, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia.

E-mail: medyukhina@sniiggims.ru

MASLENNIKOV Mikhail, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia.

E-mail: maslennikov@sniiggims.ru