

СТРОЕНИЕ КЫЛЛАХСКОЙ ЗОНЫ (ЮЖНЫЙ СЕКТОР ВЕРХОЯНСКОГО СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВОГО ПОЯСА) ПО МАТЕРИАЛАМ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Е.П. Развозжаева, Ю.В. Талтыкин

ФГБУН Институт тектоники и геофизики ДВО РАН им. Ю.А. Косыгина, ул. Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000; e-mail: rep@itig.as.khb.ru

Поступила в редакцию 11 февраля 2022 г.

С помощью сейсмического профилирования исследовано строение Кыллахской зоны надвигов Верхоянского складчато-надвигового пояса. Построены сейсмогеологические разрезы, по которым уточнены мощности отдельных осадочных комплексов и общая мощность осадочного чехла, строение надвиговых пластин, положение детачментов, определены величины минимального смещения аллохтонов и посчитаны коэффициенты сжатия для отдельных сегментов Кыллахской зоны. Проведено сопоставление сейсмических и геологических материалов. Дано краткое описание последовательности геодинамических событий региона, приведших к образованию надвигов.

Ключевые слова: сейсмогеологический разрез, надвиг, фронт надвига, надвиговая пластина или аллохтон, детачмент, отражающий горизонт, сейсмофации, сейсмокомплекс, Кыллахская зона надвигов, Верхоянский складчатый пояс.

ВВЕДЕНИЕ

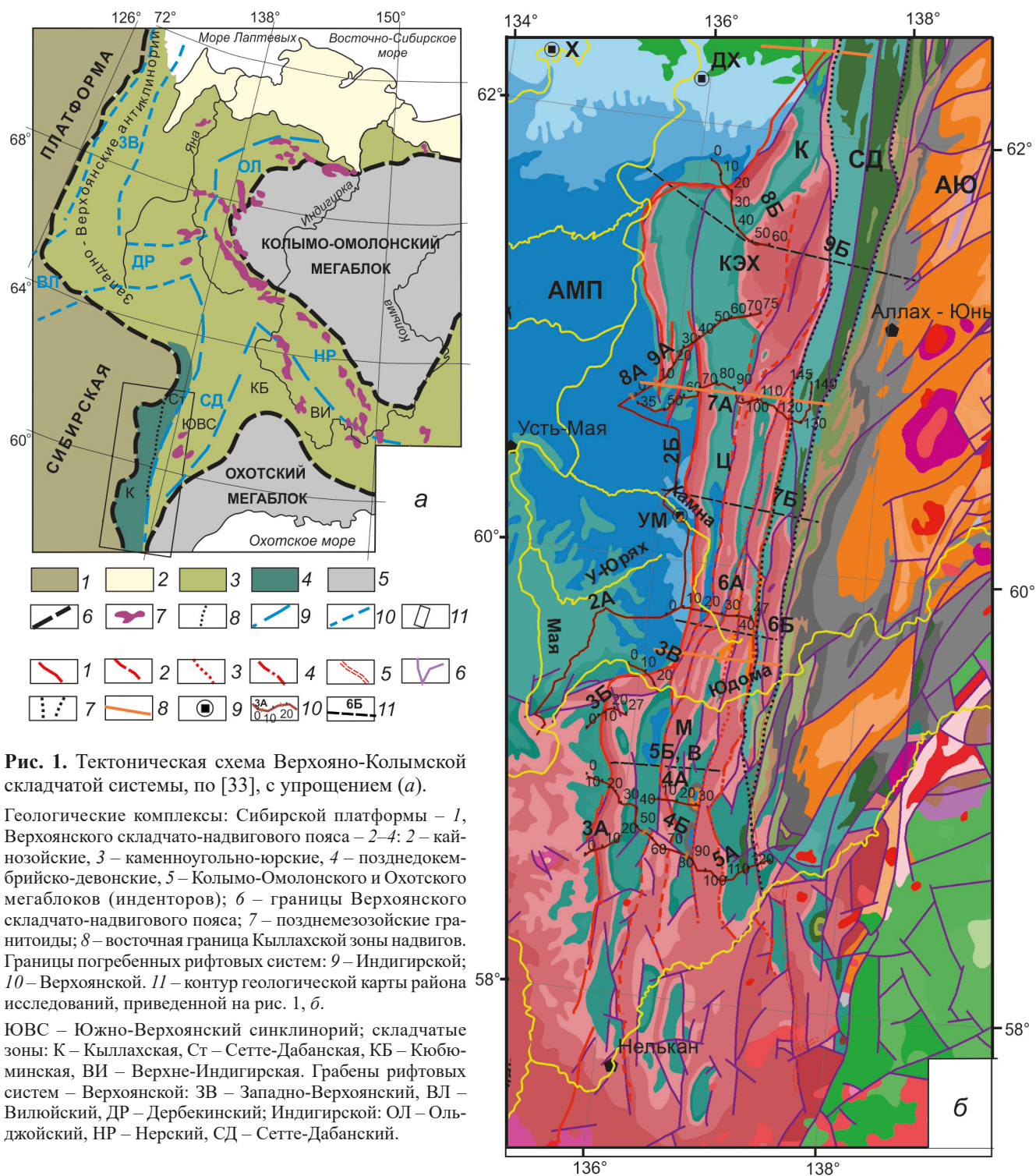
Верхоянский складчато-надвиговой пояс (ВСНП) с востока обрамляет Сибирскую платформу. Он разделен на сектора (с севера на юг): Оленекский, Западно-Верхоянский (Западный) и Южно-Верхоянский (Южный) (рис. 1, а). Тектоника Южного сектора ВСНП подробно описана в работах [16, 19]. В нем выделяют три зоны (с запада на восток): Кыллахскую, Сетте-Дабанскую и Аллах-Юньскую (Южно-Верхоянский синклиниорий) (рис. 1, б). Зоны различаются своим осадочным выполнением и тектоникой. Такое деление отражает миграцию депоцентра осадочного бассейна на восток в течение рифея – палеозоя, а структурный стиль в них определяется близостью Сибирской платформы и распределением устойчивых, компетентных пород в осадочном чехле [17, 19, 38]. Кыллахская зона надвигов (КЗН) является самой западной, пограничной с Сибирской платформой, зоной Южного сектора ВСНП. Нелькано-Кыллахским надвигом КЗН отделяется от Алдано-Майской плиты Сибирской платформы. По своему осадочному выполнению обе структуры составляют Алдано-Майский осадочный бассейн рифейского заложения, осадконакопление в котором продолжалось более полутора миллионов лет [5]. За этот период накопилась толща осадков мощностью до 16 км. В процессе эволюции

регион неоднократно подвергался тектоническим перестройкам. Разделение единого бассейна произошло на этапе мезозойской тектонической активизации, связанной с коллизией Сибирской платформы и Охотского мегаблока [17, 38 и др.].

В рамках изучения перспектив нефтегазоносности Алдано-Майского осадочного бассейна в его пределах с 2005 по 2014 гг. проводились профильные сейсморазведочные работы. Результаты этих работ в том или ином объеме приводятся в ряде статей [1, 2, 10, 12–14, 26, 34]. В основном сейсморазведочные работы были сосредоточены в платформенной части, но несколько сейсмических профилей пересекли КЗН. В связи с этим появилась возможность сопоставить имеющуюся геологическую информацию по тектонике КЗН с полученными сейсмическими материалами и в итоге уточнить ее строение. Это явилось основной целью настоящего исследования. Выполненный краткий обзор геодинамической эволюции региона дает представление о последовательности геодинамических событий, приведших к образованию КЗН.

КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

К началу рифея (мезопротерозоя) на территории восточной части Северо-Азиатского кратона существовал крупный блок, в состав которого входили



Местоположение сейсмических профилей на геологической карте Южного сектора Верхоянского складчато-надвигового пояса 1:2 500 000 масштаба на основе ГИС-Атласа по Дальневосточному федеральному округу (Санкт-Петербург, 2007 г.) (б).

Разломы (1–6): 1 – Нельканский, Кыллахский, Эбейке-Хаятинский надвиги, 2 – Гувиндинский надвиг, 3 – Челатский надвиг, 4 – Улахан-Бомский надвиг, 5 – Бурхалинский сдвиг, 6 – по геологической карте; 7 – границы зон; 8 – границы сегментов; 9 – скважины глубокого бурения; 10 – линии сейсмических разрезов с пикетажем через 10 км, демонстрируемых в статье. Наименование линий разрезов дано по номеру рисунка. Штрихами обозначены начало (и конец) разреза, если по одной линии расположены два разреза; 11 – линии геологических разрезов, приводимых в статье. Наименование линий разрезов дано по номеру рисунка. Зоны Южного сектора ВСНП: К – Кыллахская, СД – Сетте-Дабанская, АЮ – Аллах-Юньская. Сегменты: КЭХ – Кыллахско-Эбейке-Хаятинский, Ц – центральный, М – Майский. Скважины: УМ – Усть-Майская 366, Х – Хочомская 1, ДХ – Джебарики-Хайнская. АМП – Алдано-Майская плита.

кристаллические массивы Охотский и Омогонский (рис. 1, а) [29, 35, 40]. Раннерифейский бассейн осадконакопления был окружен континентальными блоками и сам располагался на континентальной коре. Фундаментом для него являлись породы, возраст которых в регионе считается палеопротерозойским [40]. Но наиболее древние блоки Сибирского кратона сформировались в архее, а окончательная сборка их в единую структуру произошла в палеопротерозое [37]. В это время кратон мог быть частью палеопротерозойского суперконтинента Колумбия.

В течение большей части рифея осадконакопление происходило в обстановке растяжения (рифтогенеза) сначала в континентальных условиях, а затем в прибрежно-морских. В целом, тектоническую обстановку раннего–позднего рифея следует определить как обстановку внутрикратонного бассейна [35]. По мнению Л.М. Парфенова [18], рифейские авлакогены представляли собой недоразвившиеся ветви трехлучевых рифтов, которые способствовали расколу суперконтинента Родиния. По палеомагнитным исследованиям, на рубеже мезопротерозоя и неопротерозоя (RF_2 – RF_3) Сибирский кратон являлся частью Родинии [11]. Изучение обломочных цирконов позволило ряду исследователей предположить в качестве одного из источников сноса Гренвилльский ороген Северной Америки. На сегодняшний момент нет единого мнения по поводу взаимного расположения Сибири и Лаврентии [39].

После позднерифейского рифтогенеза формируется Верхоянская пассивная континентальная окраина [36], в пределах которой накапливались терригенно-карбонатные отложения венда и преимущественно карбонатные толщи кембрия, ордовика, силура и нижнего девона. На протяжении раннего палеозоя имели место кратковременные этапы континентального рифтогенеза.

В среднепалеозойское время, вероятно, произошло отодвигание Охотского террейна от края Северо-Азиатского кратона путем вращения его по часовой стрелке, которое способствовало формированию Оймяконского малого океанического бассейна [18, 35]. Согласно исследованиям Ф.Ф. Третьякова [32, 33], в это время на юге будущего Верхоянского складчато-надвигового пояса формируются две трехлучевые – Верхоянская и Индигирская (средний девон) – рифтовые системы. Последней принадлежала ведущая роль в создании позднепалеозойско-мезозойской геодинамической обстановки и соответствующих тектонических структур рассматриваемой территории. Тектонический каркас этой рифтовой системы определил возникновение Оймяконского малого палеоокеанического бассейна. В зонах Индигирской

палеорифтовой системы (в том числе в Сетте-Дабанской) сосредоточены значительные деформации [32].

В позднем палеозое–мезозое геодинамический режим вновь меняется на режим пассивной континентальной окраины. С конца раннего карбона начинается накопление мощного (более 16 км) клина обломочных пород, известного как верхоянский терригенный комплекс [4, 30]. Осадконакопление происходило преимущественно в мелководных условиях. В ранне-среднеюрское время на юге Кыллахской зоны накапливались маломощные (менее 1 км) континентальные песчаники с конгломератами и гравелитами, сменяющиеся вверх по разрезу морскими терригенными отложениями [28].

В позднеюрское–меловое время произошли основные орогенные события в Верхояно-Колымской складчатой области, которые тесно связаны с тектоно-магматической активизацией на востоке Азии, включая восток Сибирской платформы [7, 8]. На Восточно-Азиатской конвергентной окраине происходила субдукция плиты Изанаги. Субсинхронно сформировались два орогенных пояса – Южно-Верхоянский в результате аккреционно-коллизийных процессов вдоль Восточно-Азиатской активной континентальной окраины и Верхояно-Черский – вследствие коллизии восточной окраины Северо-Азиатского кратона и Колымо-Омогонского микроконтинента [22].

Предполагается, что в поздней юре–раннем мелу в Южном Верхоянье происходили процессы образования складок и надвигов в результате западного смещения Охотского блока. В Кыллахской зоне в это время начали формироваться надвиги и тектонические покровы [21], являющиеся наиболее молодыми из значимых структур в пределах Южного Верхоянья. В ранне-позднемеловое время движение Охотского блока приобрело северо-восточное направление и оказало значительное влияние на возникновение серии левосторонних сдвигов в регионе [31]. Основная же часть осадочных бассейнов Верхоянья превратились в антиклинории, а на месте сначала Сетте-Дабанской палеорифтовой системы, а затем Южно-Верхоянского прогиба был сформирован одноименный синклинорий меридионального простирания.

По мнению Н.А. Богданова и Н.Л. Добрецова [3], океаническая плита Кула с встроенным Охотским плато двигалась в течение раннего мела на север. Дальнейшее столкновение Охотоморской плиты с континентом в позднем мелу могло оказать влияние на коллизийные процессы в Верхоянье. С другой стороны, материалы сейсмических исследований и глубоководного бурения позволили авторам [15] предположить, что литосфера Охотоморской (или,

точнее, Охотоморско-Камчатской) микроплиты близка к литосфере соседнего Евразийского континента, т.е. Охотоморская впадина является частью этого континента, а не Тихоокеанской плиты. Вероятно, в юре произошло отделение плиты от Азиатского континента. С кайнозой существенных перемещений плиты не происходило.

Кайнозойская тектоника связана с взаимодействием Евразийской и Охотоморской литосферных плит, граница между которыми проходит восточнее изучаемой территории и имеет праводвиговую кинематику. Неотектонические движения, приведшие к образованию горных хребтов и межгорных впадин, связаны с процессами на границе этих плит. В настоящее время территория является сейсмически активной.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЫЛЛАХСКОЙ ЗОНЫ НАДВИГОВ

Тектоническая схема Южного сектора ВСНП приводится в статьях [19, 24, 38]. Схемы в целом сходные, различаются в деталях, отражая неопределенность положения некоторых разломов и границ зон. Из трех зон Южного сектора ВСНП КЗН наименее деформирована складчато-разрывными дислокациями. Осадочные комплексы КЗН те же, что в АМП, и представлены преимущественно рифей-вендскими, кембрийскими и юрскими последовательностями, сложенными песчано-глинистыми и карбонатными породами. Стратиграфические подразделения включают учурскую и уянскую серии нижнего рифея, айманскую и керпыльскую серии среднего рифея, лахандинскую и уйскую серии верхнего рифея, юдомский ярус венда, кембрийские и юрские свиты. Мощные жесткие песчаные и карбонатные толщи предопределили развитие крупных надвиговых пластин с простым внутренним строением [38]. Надвиги КЗН имеют субмеридиональное простирание, их протяженность составляет сотни километров. Фронты надвигов хорошо выражены в рельефе. Субпараллельно Нельканско-Кыллахскому надвигу расположены Гувиндинская и Челатская (Чагдинская, по [19]) надвиговые пластины. Улахан-Бомская (в публикациях последних десятилетий название изменено на Улахан-Бамский) и продолжающая ее на север Акринская (по [19]) надвиговые системы отделяют КЗН от Сетте-Дабанской складчатой зоны ВСНП. Надвиги КЗН имеют листрическую форму. Крутые вблизи поверхности, с глубиной они выполаживаются и соединяются в единый базальный детачмент. Фундамент надвигами не затронут. Детачмент приурочен к подошве компетентных пачек и параллелен слоистости осадочных отложений. При этом висащие крылья не несут следов складчатых деформаций, в лежащих крыльях, в узкой

зоне, проявляются складки, малоамплитудные надвиги, срывы [19]. В КЗН выделяются (с юга на север) Майский, Центральный и Кыллахско-Эбейке-Хаятинский сегменты [19] (рис. 1, б). По мнению [38], сегменты различаются по приуроченности базального детачмента к разным стратиграфическим подразделениям, что указывает на присутствие поперечных поднаятий домезозойского возраста. В северном Кыллахско-Эбейке-Хаятинском сегменте детачмент надвигов проходит в низах учурской серии нижнего рифея, в Центральном сегменте – в верхах керпыльской – низах лахандинской серий, в южном Майском сегменте – в низах айманской или керпыльской серий [38]. Для всех трех сегментов КЗН построены глубинные разрезы [16, 19, 38], определена оценка перемещений по надвигам, рассчитанная по методу сбалансированных разрезов, описанному в [20].

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Фактическим материалом послужили временные и (при наличии) глубинные сейсмические профили, приведенные в производственных отчетах. Положение сейсмических профилей, а также геологических разрезов, пересекающих КЗН, показано на геологической карте (рис. 1, б). Для стратиграфической привязки отражающих горизонтов (ОГ) составлены непрерывные маршруты от профиля, проходящего через скважину УМ366, находящуюся в непосредственной близости от КЗН, до профилей, пересекающих зону надвигов. По сейсмическим профилям построены сейсмогеологические разрезы согласно сейсмостратиграфической модели, изложенной в работе [26]. Использовалась и уже имеющаяся на сейсмических профилях интерпретация волновой картины, если она не противоречила авторской позиции. При пересечении фронтов надвигов КЗН наблюдаются зоны потери корреляции шириной 3–7 км, связанные с крутыми углами наклона пластов. Во фронте надвигов осадочные толщи аллохтона выходят на поверхность, поэтому использовалась возможность дополнительно уточнять привязку ОГ по геологической карте. Также для идентификации стратифицированных отложений использовался их сейсмofациальный облик.

Все глубинные разрезы выполнены в одинаковом вертикальном и горизонтальном масштабах. Изучались отдельные надвиги, для которых определялись положение детачмента и видимая (минимальная) величина смещения по нему. Проведен сравнительный анализ сейсмических и геологических разрезов. По сейсмическим данным дана приблизительная оценка суммарного сокращения осадочного разреза в КЗН. Следует отметить, что из-за ограниченной разреша-

ющей способности сейсмического метода интерпретация волновой картины позволяет выявить наиболее общие черты строения КЗН. Детальное исследование надвигов ВСНП было проведено геологическими методами на хорошо обнаженных участках в работах [16, 19].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Привязка отражающих горизонтов и сейсмofации осадочных комплексов АМОБ

В КЗН нет глубоких скважин, поэтому привязка отражающих горизонтов (ОГ) сделана от скважины УМ366, расположенной в непосредственной близости от Нельканского надвига (Нн) (рис. 1, б). В качестве примера приведены маршруты от этой скважины на юг и юго-запад для привязки ОГ сейсмических разрезов, пересекающих южную часть Центрального сегмента и Южный сегмент КЗН (рис. 2, а), и на север – для севера Центрального и Кыллахско-Эбейке-Хаятинского сегментов (рис. 2, б). Линии маршрутов показаны на рис. 1, б.

Для идентификации осадочных комплексов в КЗН, где скважины отсутствуют, особую важность приобретает сейсмofациальный облик осадочных стратонов. Возможность использования сейсмических фаций для идентификации обусловлена слабой фациальной изменчивостью рифейских отложений [38]. Ранее было показано, что коэффициент отражения имеет самые высокие значения на границе терригенных и карбонатных пластов [26]. Переслаивание терригенных и карбонатных отложений дает высокоамплитудную сейсмofацию, которой характеризуются лахандинская серия верхнего рифея и венд-нижекембрийские толщи (рис. 2). Сильное отражение между терригенной и карбонатной частями керпыльской серии, увязанное с подошвой малгинской свиты, выдержано для большей части АМОБ и служит репером при привязке волнового поля (рис. 2). Для относительно однородных терригенных (уйская серия верхнего рифея) или карбонатных (верхнекерпыльская серия среднего рифея) толщ характерна низко- и среднеамплитудная сейсмofация. Переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов отмечается средне- и высокоамплитудной сейсмofацией, которая характеризует нижнекерпыльскую серию среднего рифея (рис. 2). Аимчанская серия среднего рифея не вскрыта скважинами, и ее сейсмofациальная трактовка достаточно условна. Авторы производственных отчетов с аимчанской серией связывали высокоамплитудную толщу в низах осадочного чехла Юдомо-Майского прогиба – структуры первого порядка в АМОБ [26]. Однако анализ мощности, приведенный в

работе [27], показывает, что ее мощность на юго-востоке достигает 1800 м, что намного больше мощности высокоамплитудной толщи. Аимчанская серия, описанная в этой же работе, представлена терригенной (переслаивание песчаников и алевролитов) талынской свитой и преимущественно карбонатной светлинской свитой. Вероятно, высокоамплитудной сейсмofацией выражена только талынская свита, а светлинская, а скорее всего и верхняя алевролитовая толща талынской свиты, имеют низкоамплитудную сейсмofацию. По направлению к северу сейсмofациальный облик аимчанской серии меняется (рис. 2, б). Практически исчезает высокоамплитудная сейсмofация, и аимчанскую серию трудно отделить от вышележащей керпыльской серии.

Южный (Майский) сегмент

Разделение КЗН на сегменты, как уже упоминалось, обусловлено существованием мезозойских субширотных поднятий. Сегменты различаются своим внутренним строением, которое будет рассмотрено ниже. Следует отметить различия сегментов по ширине, одной из причин которых, скорее всего, является разная степень сжатия в результате мезозойского тектогенеза.

Майский сегмент изучен сейсморазведкой более детально, что позволяет исследовать строение отдельных надвиговых пластин.

Нельканский надвиг (Нн), отделяющий КЗН от платформы, пересечен несколькими сейсмическими профилями (рис. 3). Профили 120719, 120713 пересекают Нн приблизительно вкrest простирания, а профиль 120712 проходит по субширотному отрезку Нн (рис. 1, б). На всех разрезах уверенно фиксируется воздымание аллохтонной пластины и зона потери корреляции во фронтальной части надвига. По [20], участки надвига, секущие слоистость, называются рампами. В случае Нн наблюдаются преимущественно затухающие рампы или взбросо-складки. Опираясь на геологические данные и волновую картину, определено вероятное положение детачмента. По геологическим данным, во фронтальной зоне надвига в районе профиля 120719 вскрыты аимчанская, керпыльская, лахандинская и уйская серии. Поскольку аимчанская серия выходит на поверхность, а ее нижняя (высокоамплитудная фация на сейсмическом разрезе) не нарушена надвигом, детачмент, скорее всего, проходит внутри аимчанской серии на границе высокоамплитудной и низкоамплитудной сейсмofаций (рис. 3, а). В районе профилей 120713 и 120712 положение детачмента, видимо, приурочено к границе керпыльской и аимчанской серий, причем на поверхность выходит только верхнекерпыльская серия

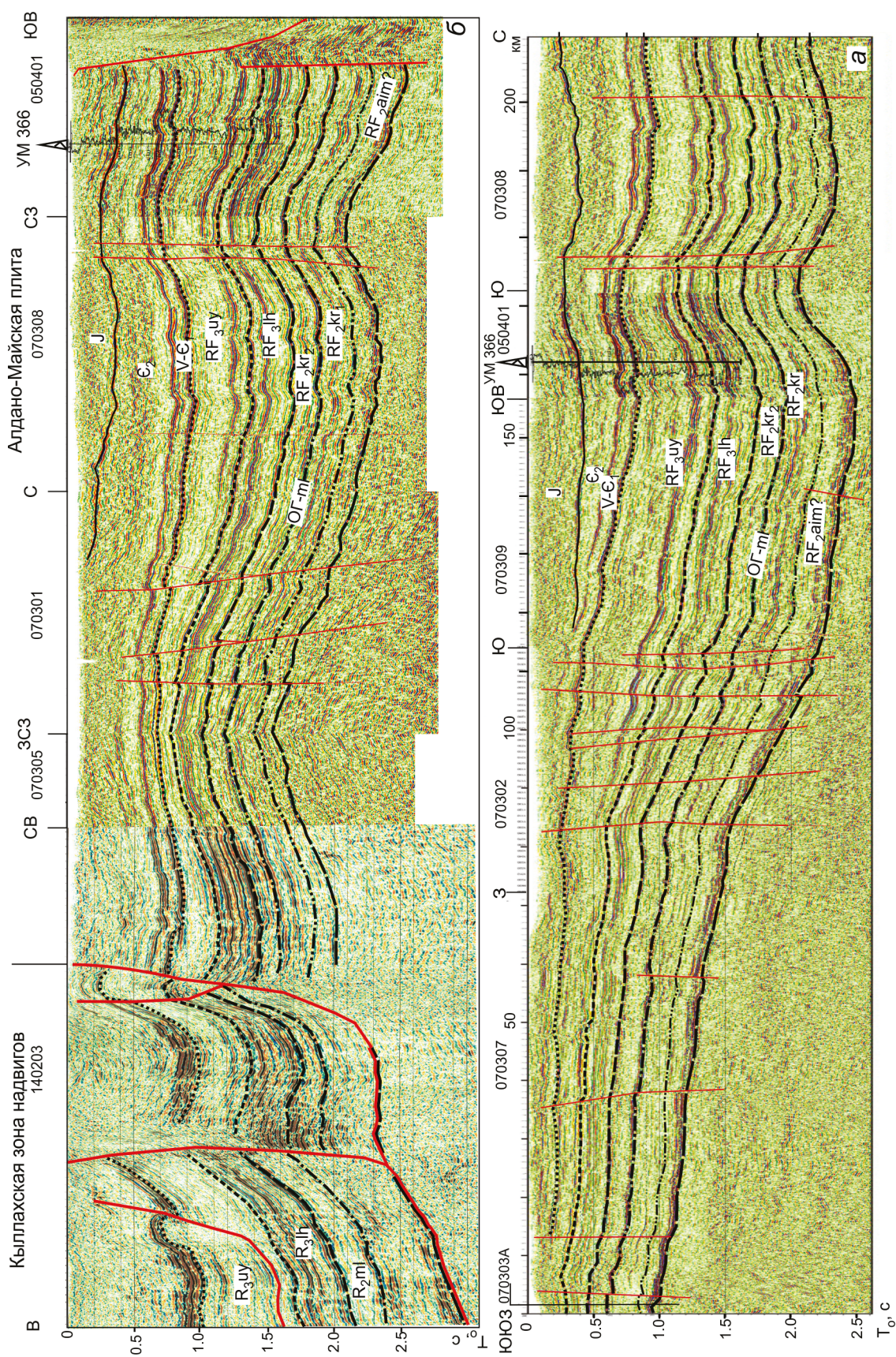


Рис. 2. Временные сейсмические разрезы, демонстрирующие прослеживание отражающих горизонтов от скважины УМ366 к сейсмическим профилям, пересекающим Кылахскую зону надвигов.

RF_{2aim}? – аймацкая серия среднего рифея; RF_{2kr} – нижняя терригенная подсерия керпильской серии (оминская, кондерская свиты, их аналоги) среднего рифея (мезо-протерозоя); RF_{3kr} – верхняя карбонатная подсерия керпильской серии (малгинская и ципандинская свиты); RF_{3lh} – лахандинская серия верхнего рифея (неопротерозоя); RF_{3uy} – уйская серия верхнего рифея; V-E₁ – венд-нижнекембрийские; E₂ – среднекембрийские и J – юрские отложения.

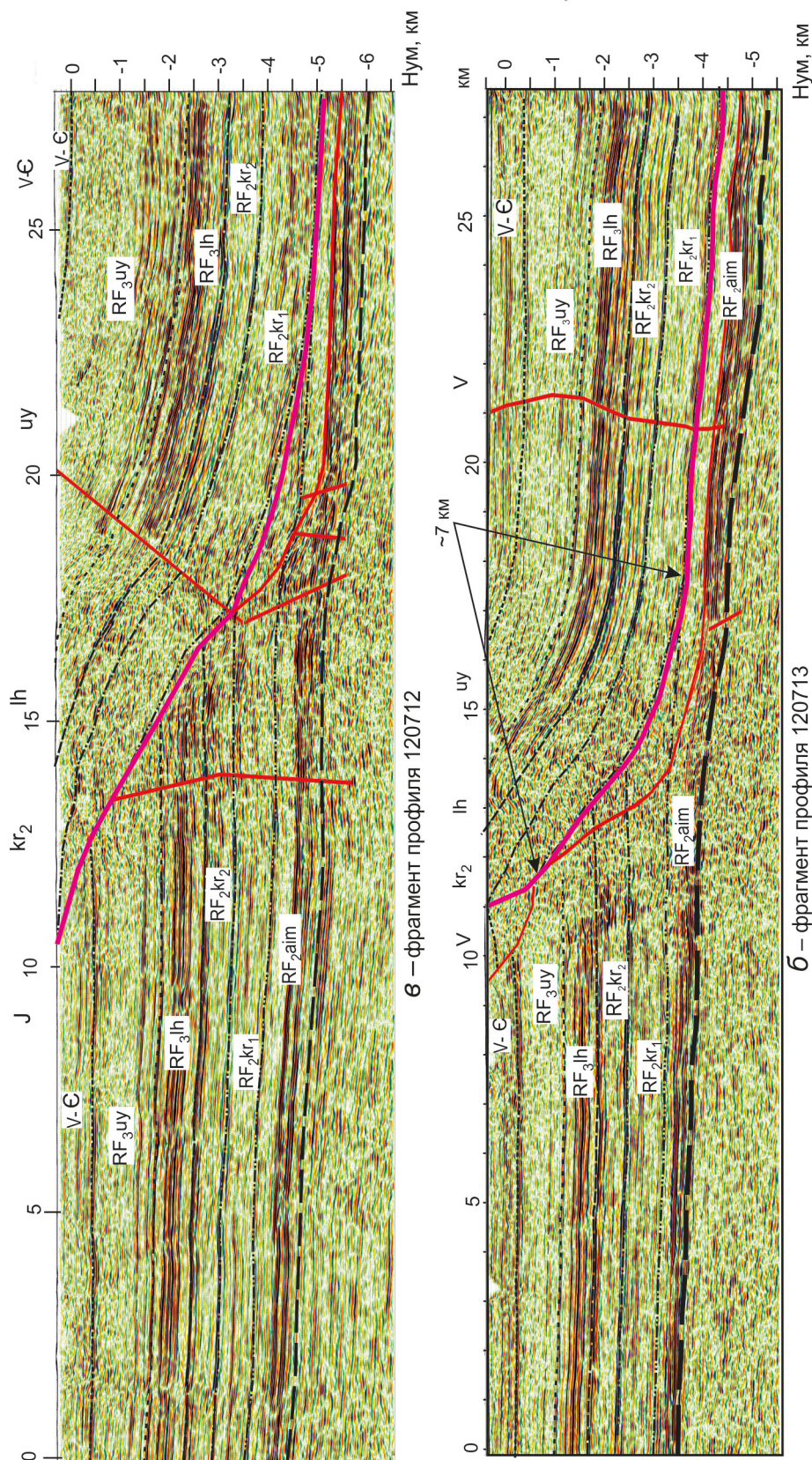
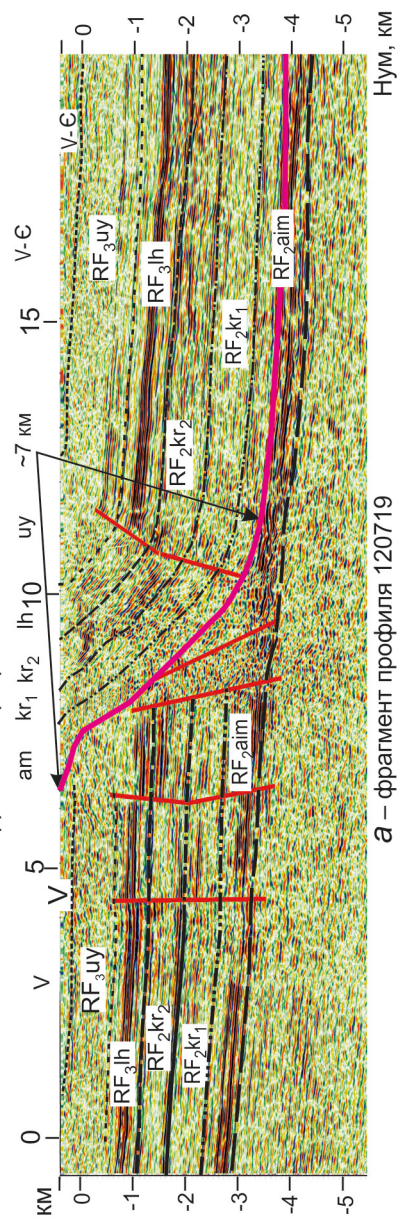


Рис. 3. Глубинные сейсмические профили, демонстрирующие строение фронтальной части Нельканского надвига в Майском сегменте Кылахской зоны надвигов.

Положение профилей см. рис. 1, б. Нум – глубина от уровня моря. I – разломы: а – авторское положение детачмента, б – из производственных отчетов ОАО «Якутскгеофизика».



(рис. 3, б, в). Предлагаемая интерпретация волнового поля является наиболее вероятной, но не единственной. Отсутствие четких отражений во фронтальной зоне надвига позволяет интерпретировать положение detachment внутри аймчанской серии, как на разрезе по профилю 120719 (рис. 3).

По сейсмическим данным получается, что значительного надвигания аллохтонных пластин на плитную часть не происходило. Это заключение нашло подтверждение при определении возраста деформаций для Южного сектора ВСНП [23]. Они оказались моложе возраста нижнеюрских песчаников Сибирской платформы перед фронтом надвигов, что доказывает отсутствие в юрских отложениях пород, синхронных надвигообразованию. Следовательно, можно приблизительно оценить по глубинным сейсмогеологическим разрезам минимальную величину перемещения Нельканского аллохтона, измерив длину его рамповой части (рис. 3, а, б). Она составила около 7 км по профилям 120713 и 120719. На профиле 120712, пересекающем субширотный участок Нн, наблюдаются более пологие углы наклона отражающих границ и 10-километровый клинообразный отрезок отсутствия коррелируемых отражений. Это осложняет интерпретацию волновой картины, но показывает, что и в широтном направлении надвигание имело место.

Строение фронта *Гувиндинского надвига* (Гн) представлено на рисунке 4. Он состоит из одного (рис. 4, а) или двух (рис. 4, б) надвигов. Наиболее вероятное положение detachment по волновой картине предполагается в низах керпыльской серии. Величина смещения по detachment составляет приблизительно 4 км (рис. 4).

Сопоставление сейсмических и геологических разрезов через Майский сегмент КЗН

Сейсмогеологический разрез, геологический разрез из статьи [38] и фрагмент геологического разреза к карте миллионного масштаба (лист О-53)[6], пересекающие Майский сегмент, приведены на рис. 5. Линии разрезов показаны на рис. 1. Линии геологических разрезов практически совпадают. Разрезы пересекают (с запада на восток) Нельканский, Гувиндинский, Челатский и Улахан-Бомский аллохтоны. Расстояние между фронтами надвигов на сейсмическом разрезе увеличено за счет сложной линии профиля и пересечения зоны надвигов под углом (рис. 1, б).

Строение Нельканского и Гувиндинского надвигов рассмотрено выше, поэтому остановимся на строении Челатского надвига. Во фронте Челатского надвига наблюдается 5–8-километровая зона хаотической сейсмofации (рис. 5, а), поэтому здесь ин-

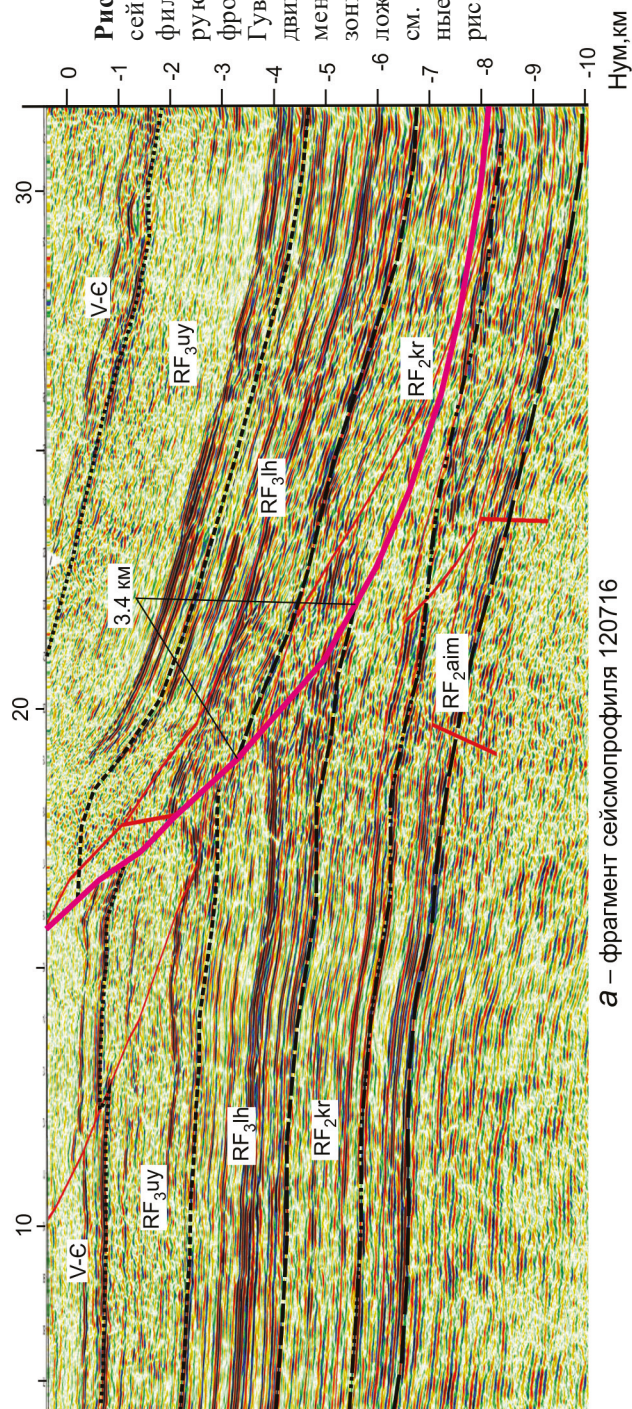
терпретация волнового поля является наиболее неопределенной. Судя по волновой картине, базальным detachment служит фундамент, то есть во фронте Челатского надвига наблюдается типичное для надвиговых систем перескакивание detachment с одного горизонта скольжения на другой с образованием рамповой антиклинали [20]. В нашем случае происходит перескок detachment с поверхности фундамента на границу керпыльской и аймчанской серий среднего рифея при погруженном фронте надвига (рис. 5, а, б). По геологической карте во фронте надвига на поверхность выходит лахандинская серия. Возможно, поэтому на геологическом разрезе по [38] Челатская пластина надвинута на Гувиндинскую по подошве лахандинской серии (рис. 5, в). На втором геологическом разрезе (рис. 5, г) detachment, вероятно, предполагается по фундаменту.

В предложенной интерпретации сейсмического разреза величина перемещения по Челатскому надвигу составляет приблизительно 11 км. По Улахан-Бомскому надвигу смещение не превышает 1 км. По [38] предполагается, что Челатская пластина надвинута на Гувиндинскую на 20–25 км (рис. 5, в), по разрезу к карте О-53 – более чем на 7 км (рис. 5, г).

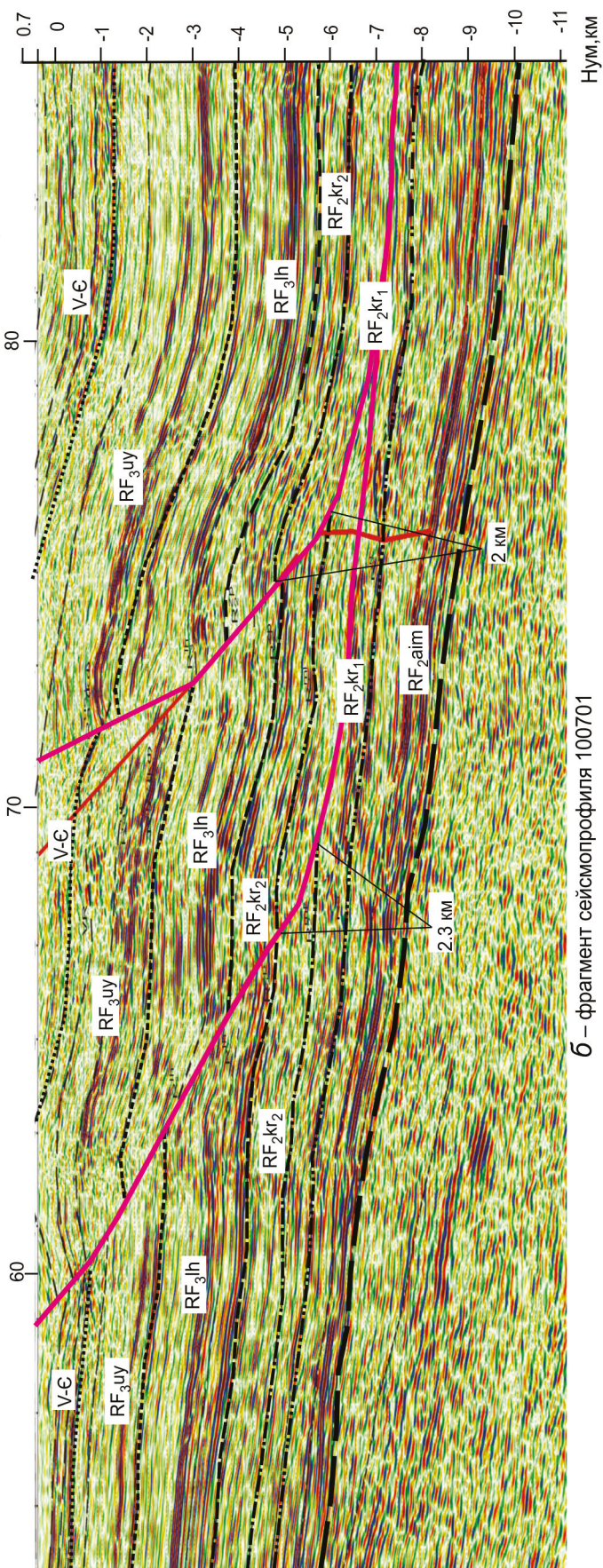
Считается, что формирование фронтов надвигов КЗН произошло на месте сбросов, образовавшихся в позднем рифее в результате рифтогенеза. К сбросам приурочено увеличение мощности уйской серии и смена обстановок осадконакопления (Челатский и Улахан-Бомский надвиги отделяют склоновые фации от платформенных) [38]. На сейсмическом разрезе наблюдается увеличение как общей мощности осадочного чехла, так и отдельных комплексов. Для уйской серии это увеличение наиболее заметное, в меньшей степени возрастает мощность терригенной керпыльской подсерии (рис. 3–5, а, б). Мощности осадочных единиц можно сравнить только для уйской серии, поскольку на геологическом разрезе по [38] мощность в реальном масштабе приведена только для нее, а для остальных показана условно. Мощности уйской серии по всем разрезам достаточно близки. Отличие в том, что на сейсмическом разрезе более значительное увеличение мощности уйской серии происходит по Гувиндинскому надвигу, а не по Челатскому.

По сейсмогеологическому разрезу общая мощность осадочного чехла в Майском сегменте составляет в районе Бурхалинского разлома 13.4 км (рис. 5, а, б). Максимальные мощности отдельных стратонов составили приблизительно: для уйской серии 3 км, лахандинской – 2 км, керпыльской – 2.5 и аймчанской – 2.5 км. Незеродированная часть венд-кембрийско-ордовикского комплекса – более 3.5 км.

Рис. 4. Глубинные сейсмические профили, демонстрирующие строение фронтальной части Гувиндинского надвига в Майском сегменте Кылахской зоны надвигов. Положение профилей см. рис. 1, б. Условные обозначения см. рис. 2, 3.



а – фрагмент сейсмопрофиля 120716



б – фрагмент сейсмопрофиля 100701

Приблизительная оценка минимальной величины движения аллохтонов в Южном сегменте Кыллахской зоны по сейсмическим данным составила 23 км: для Нельканского надвига – 7, Гувиндинского – 4, Челатского – 11, Улахан-Бомского – 1 км (рис. 3–5 *а, б*). Ширина Кыллахской зоны по профилю составляет в среднем 97 км. Соответственно, коэффициент сжатия $23/(23 + 97) \cdot 100 \% = 19 \%$. С учетом поправки за положение сейсмогеологического профиля под углом к линии надвигов, коэффициент сжатия составит 16 %. На геологических разрезах показаны более значительные перемещения по Нельканскому и Челатскому надвигам (рис. 5, *в, г*), соответственно, величина сокращения получается больше. По разрезу, представленному на рис. 5, *в*, оно составило 32 % [38].

По сейсмическим данным в Южном сегменте границе КЗН и Сетте-Дабанской зоны отвечает Бурхалинский разлом, поскольку восточнее его отсутствуют отражения, что можно объяснить более сложной тектоникой, характерной для Сетте-Дабанской зоны.

Центральный сегмент

Центральный сегмент КЗН является самым узким (рис. 1, *б*). По ширине он условно делится на две части, южную узкую, где ширина зоны составляет ее минимальное значение – немного больше 30 км, и северную – шириной более 40 км. Геологические и сейсмические разрезы имеются для каждой из частей (рис. 1, *б*).

Сейсмический временной и глубинный, а также геологический по [38] разрезы через узкую часть приведены на рисунке 6. На временном сейсмическом разрезе наблюдается сложная волновая картина, обусловленная близким положением фронтов надвиговых пластин и крутыми углами наклона слоев (рис. 6, *а*). Причем если в Нельканской пластине отражающие границы еще можно идентифицировать по сейсмофациальному облику, то в Гувиндинском аллохтоне ОГ проведены, исходя из того, что на поверхность из рифейских толщ выходит только уйская серия (рис. 6, *а*). В нижней части осадочного чехла отражения вообще фрагментарны. Поэтому предлагаемая интерпретация носит в большей степени предположительный характер.

Сейсмогеологический разрез пересекает Нельканский аллохтон и Гувиндинский, который в данном месте состоит из двух субпараллельных надвигов (рис. 1, *б*), и частично фронт Челатского аллохтона (рис. 6, *а, б*). Движение Нельканского аллохтона, вероятно, происходило внутри аимчанской серии, выраженной на сейсмическом разрезе высокоамплитудной сейсмофацией. Детachment Гувиндинского аллохтона

в предложенной интерпретации проходит по подошве лахандинской серии.

Общая мощность осадочного чехла составляет около 8 км. Максимальные мощности отдельных стратонів: уйская серия – более 3.5 км, лахандинская – 1.5 км, среднерифейский комплекс – 3.5 км. Венд-кембрийские отложения значительно эродированы, их мощность не более 1 км.

Приблизительная оценка величины смещения Нельканского и Гувиндинского аллохтонов по глубинному сейсмогеологическому разрезу (рис. 6, *б*) составляет 4.5 км, 6 и 9 км, соответственно, суммарно 19.5 км. При ширине зоны до Челатского надвига в 26 км коэффициент укорочения составил 43 %. По геологическому разрезу (рис. 6, *в*) коэффициент укорочения всей зоны (до Улахан-Бомского разлома) предполагается 27 % [38].

Для широкой части Центрального сегмента сейсмический профиль более информативен (рис. 7, *а*). Он проходит практически по границе с Кыллахско-Эбейке-Хаятинским сегментом, пересекает Кыллахский, Нельканский, Гувиндинский, Челатский (Чагдинский) и Улахан-Бомский надвиги (рис. 1, *б*). Геологический разрез приведен из работ [21, 23] (рис. 7, *в*, линия разреза – рис. 1, *б*). Разрезы хотя и находятся на большом расстоянии друг от друга, но располагаются в одних и тех же тектонических условиях.

Кыллахский надвиг пересечен линией сейсмического разреза в его южном окончании и проявлен в виде фронтальной антиклинальной складки с перемещением надвиговой пластины порядка одного километра (рис. 7, *а, б*). Базальный detachment Кыллахского надвига проходит по кровле фундамента, так как наблюдается воздымание всего осадочного чехла.

В *Нельканском аллохтоне* базальный detachment, вероятно, проходил между аимчанской и керпыльской сериями. Следует отметить, что в платформенной части и в Кыллахском аллохтоне в низах осадочного чехла отсутствуют характерные для аимчанской серии высокоамплитудные отражения (рис. 7, *а*). Они появляются только в Нельканском аллохтоне. Можно предположить, что аимчанские отложения в западной части отсутствуют или представлены только своей верхней частью, имеющей низкоамплитудную сейсмофацию. Мощность нерасчлененной аимчанской и нижнекерпыльской серий в Нельканской пластине увеличивается (рис. 7, *а*). Небольшие перемещения (не более 1 км) происходили в Нельканском аллохтоне внутри уйской серии (рис. 7, *а*). Минимальное перемещение по надвигу составляет в сумме около 4–5 км.

Гувиндинский и Челатский аллохтоны претерпели самые значительные перемещения. Они надвину-

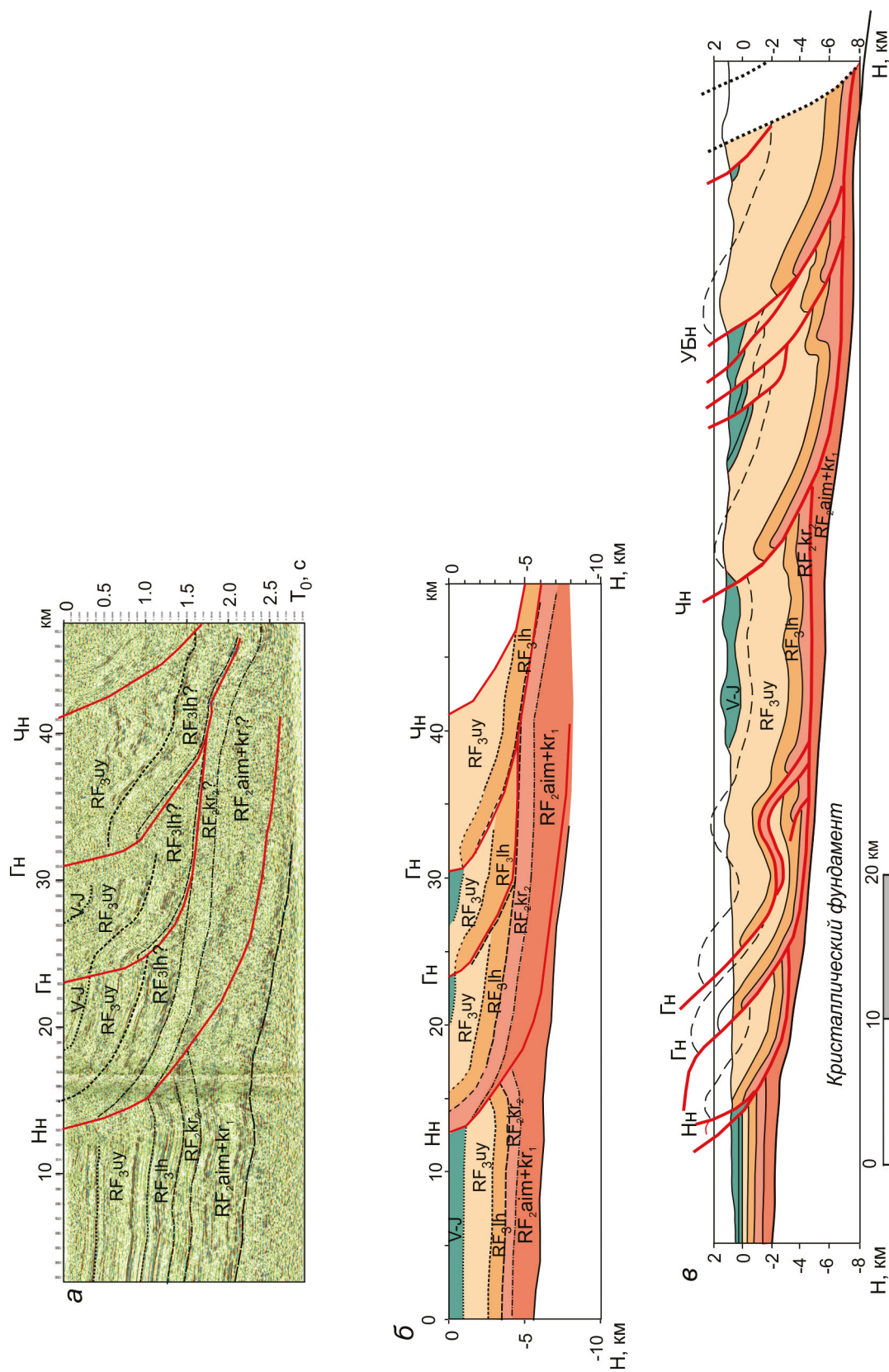


Рис. 6. Сейсмические временной (а), глубинный (б) и геологический (в), по [38], разрезы через южную часть Центрального сегмента Кыллахской зоны надвигов.

Положение разрезов см. рис. 1, б. Условные обозначения см. рис. 5.

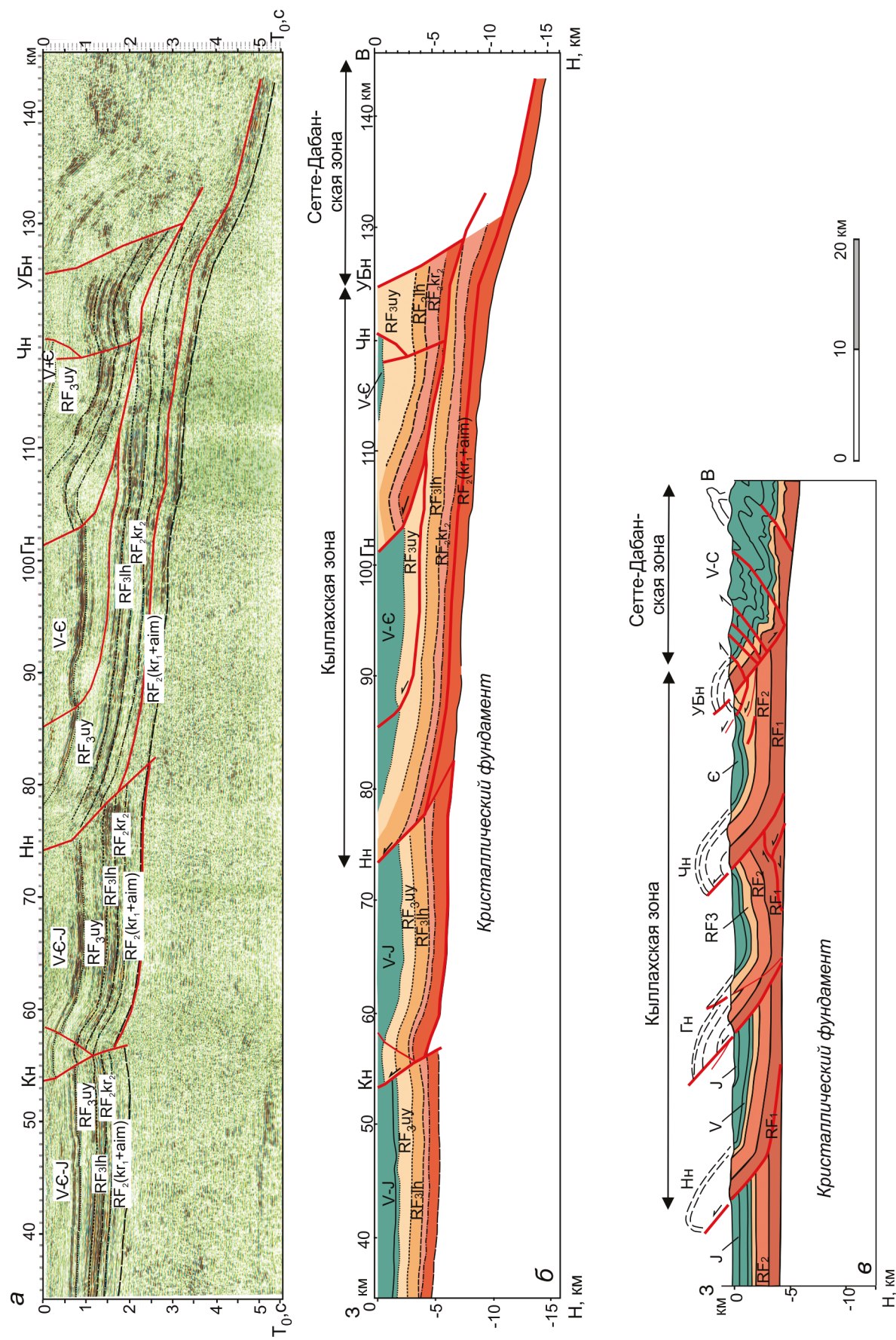


Рис. 7. Сейсмические временной (а), глубинный (б) и геологический (в) разрезы через северную часть Центрального сегмента Кылахской зоны надвигов.

Положение разрезов см. рис. 1, б. Условные обозначения см. рис. 5. Кн – Кылахский надвиг.

ты на Нельканскую пластину как минимум на 25 км (рис. 7, а, б). Челатский надвиг пересечен линией разреза в зоне его слияния с Улахан-Бомским разломом. Вероятно, поэтому он слабо проявлен на этом разрезе. Детachment и Гувиндинской, и Челатской надвиговых пластин проходил, видимо, также по границе айчанской и керпыльской серий.

В поле отраженных волн идентифицировать ОГ *Улахан-Бомской пластины* невозможно, прослеживаются только отдельные фрагменты крутопадающих отражений. После Улахан-Бомского разлома фундамент довольно резко погружается (рис. 7, а, б). Улахан-Бомский разлом разделяет КЗН и Сетте-Дабанскую зону. В Сетте-Дабанской зоне преобладают крутые разломы противоположной vergentности, отложения смяты в складки (рис. 7, в).

Общая мощность осадочного чехла по сейсмогеологическому разрезу составляет 15 км. Максимальные мощности отдельных стратонов: уйская серия – более 3 км, лахандинская – 1.2 км, среднерифейский комплекс – 3 км.

Суммарная величина перемещения по сейсмическому разрезу более 30 км. Расстояние между Кыллахским и Улахан-Бомским разломами 63 км. Коэффициент укорочения составил 32 %. По геологическому разрезу (рис. 7, в) величина укорочения составляет 27 % [23].

На геологическом разрезе в основании осадочного чехла предполагается присутствие нижнерифейского комплекса (рис. 7, в). По данным сейсморазведочных работ нижнерифейский комплекс, состоящий из нескольких рифтогенных прогибов в основании Алдано-Майского бассейна, по [25, 26], объединенных в Усть-Майский рифт, по [1], или Улкан-Кыллахскую рифтовую зону, по [13], в пределах КЗН присутствует только в Кыллахско-Эбейке-Хаятинском сегменте.

Кыллахско-Эбейке-Хаятинский сегмент

Строение Кыллахско-Эбейке-Хаятинского (КЭХ) сегмента продемонстрировано на примере двух сейсмогеологических разрезов (рис. 8). К сожалению, КЭХ сегмент пересечен сейсморазведочными профилями не полностью, что существенно затрудняет интерпретацию поля отраженных волн. Отметим, что строение КЭХ сегмента отличается от остальных целым рядом геологических и сейсмических особенностей (рис. 8, 9). Одними из главных являются присутствие в основании осадочного чехла толщи нижнерифейских отложений, установленное как по геологическим, так и по сейсмическим данным, и наличие Горностахской антиклинали.

Другие геологические особенности этого сегмента следующие:

1) угловое несогласие (13–20°) раннерифейского осадочного комплекса и айчанской серии среднего рифея, зафиксированное в пределах Горностахской антиклинали (р. Ханда-Белая) [27, 31];

2) ниже раннерифейских отложений в ядре Горностахской антиклинали вскрыта субвертикальная толща ордовикских пород мощностью 30 м [31];

3) предполагается по ряду признаков существование в КЭХ дуплекса с перемещением аллохтона на 70–90 км [21, 31] (рис. 9, в).

По материалам сейсморазведки для КЭХ сегмента характерны следующие особенности:

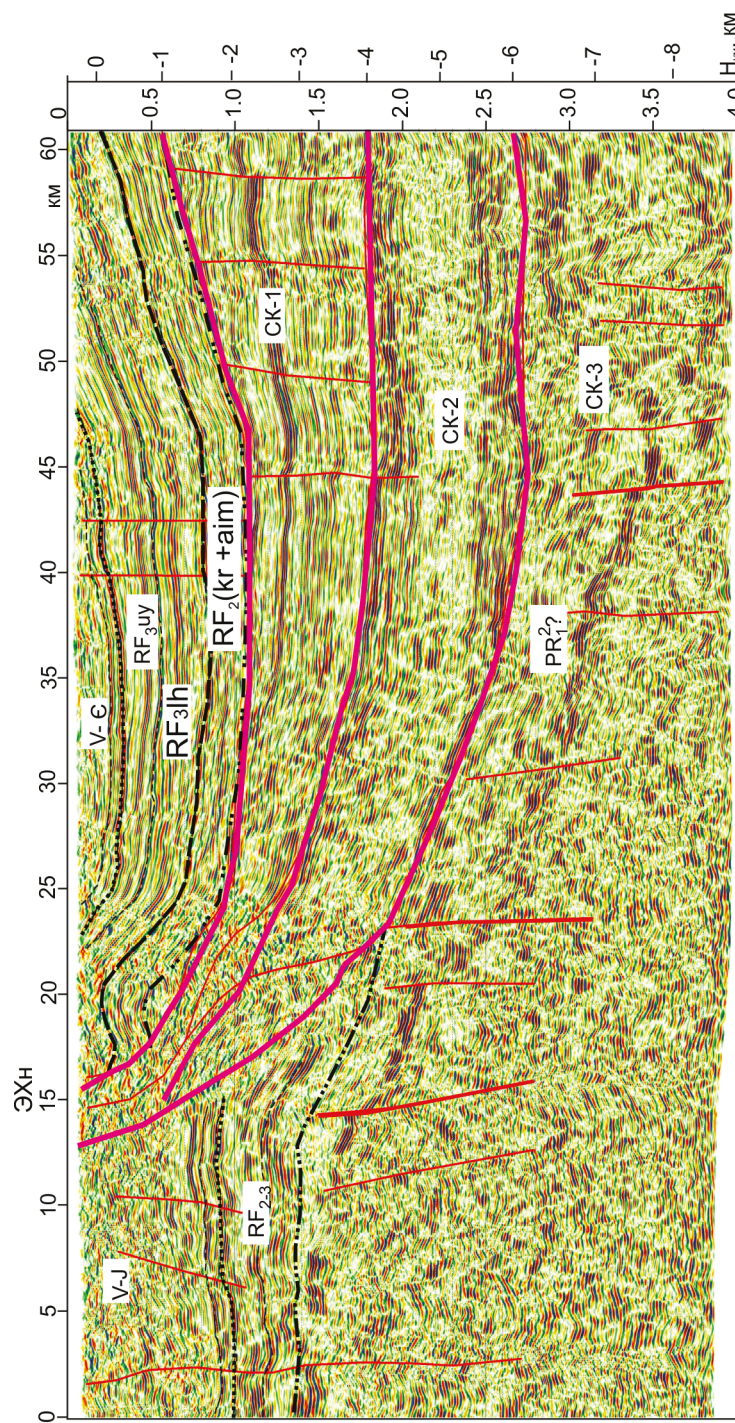
1) уменьшение мощности рифейских отложений и увеличение мощности кембрийских и юрских осадочных комплексов в северном направлении;

2) сейсмогеологический разрез состоит из двух частей: верхней, увязываемой по мощности и сеймофациальному облику с платформенным разрезом, и нижней, не диагностируемой частью, мощность которой около 8 км (рис. 8, б);

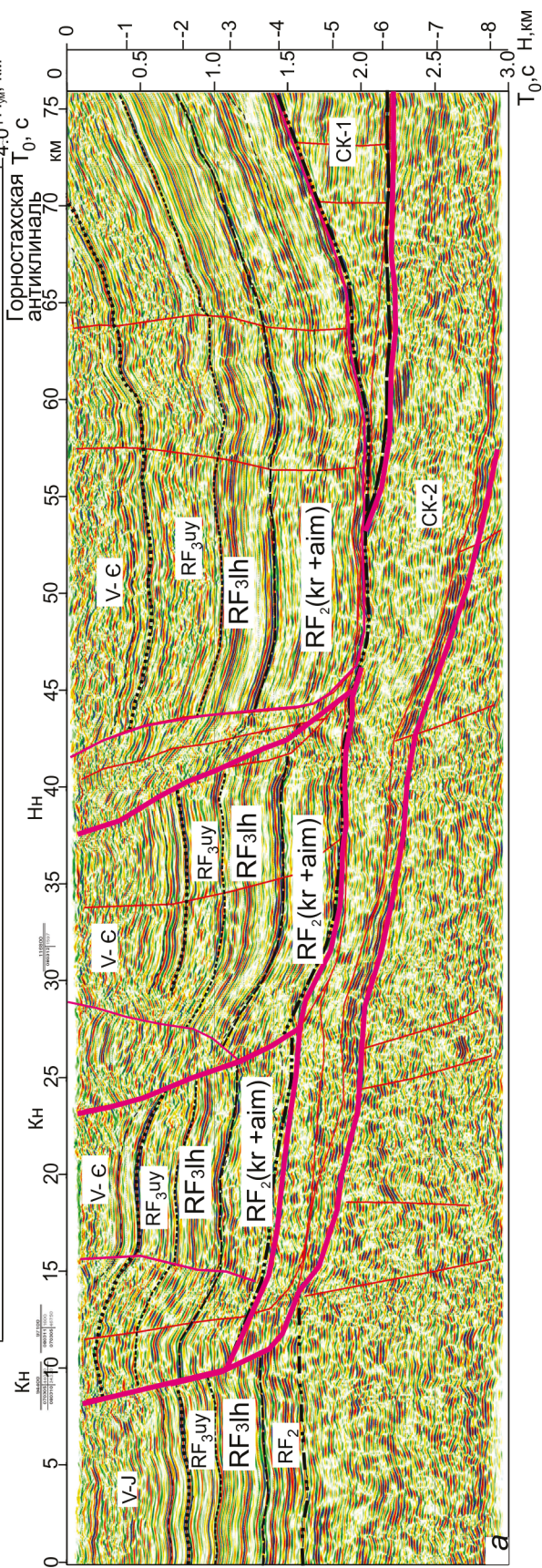
3) наблюдается угловое несогласие между этими частями.

4) Наблюдается смена в движении Нельканской пластины: на границе Центрального и КЭХ сегментов на нее значительно надвинута Гувиндинская пластина (рис. 7, а, б), а в КЭХ сегменте она резко воздымается (рис. 8, а, 9, а, б).

Южный сейсмогеологический разрез, представленный на рис. 8, а, проходит через фронты Кыллахского и Нельканского надвигов и выходит с юго-запада на Горностахскую антиклиналь (рис. 1, б). Сеймофациальный облик верхней части осадочного разреза Кыллахской зоны подобен плитному, и его идентификация не вызывает больших сомнений. Нижняя часть разреза с выраженным угловым несогласием в районе Горностахской антиклинали состоит из двух сейсмокомплексов (СК-1, 2). Верхний сейсмокомплекс (СК-1), по-видимому, является причиной формирования Горностахской антиклинали. Он характеризуется упорядоченной сейсмической записью, отражающей его слоистую структуру. Нижний сейсмокомплекс (СК-2) выражен хаотичной сеймофазией или непротяженными отражениями. В основании его наблюдается высокоамплитудная сейсмотолща (рис. 8, а). Сеймофациальный облик СК-2 свидетельствует о более интенсивных деформациях в нем. В КЭХ сегменте этот сейсмокомплекс выделяется и на продольных сейсмических профилях. Его логично отождествлять с нижнерифейскими отложениями учурской серии, лежащими в основании нескольких рифтогенных прогибов Алдано-Майского бассейна, о чем говорилось выше [1, 13, 25, 26]. Однако по сеймофациальному облику



б



а

Рис. 8. Сейсмические временные разрезы в районе Горностаховской антиклинали (Кылахско-Эбейке-Хятинский сегмент): а – через Кылахский, б – через Эбейке-Хятинский надвиги.

Локация разрезов показана на рис. 1. Шкалы глубин взяты из отчета по Хандыгской площади. Условные обозначения см. на рис. 2, 3. $PR_1^{?}$ – предполагаемый верхнепалеопротерозойский вулканский комплекс. Буквенные обозначения см. на рис. 5. ЭХн – Эбейке-Хятинский надвиг. СК – сейсмокомплекс.



Рис. 9. Сейсмический временной (*а*), глубинный (*б*) и геологический (*в*), по [31], разрезы через Кылахско-Эбейке-Хаятинский сегмент. Локация разрезов см. рис. 1, б.

и мощности он отличается от учурского сейсмокомплекса платформенной части.

Второй сейсмогеологический разрез, представленный на рис. 8, б, пересекает Эбейке-Хаятинский надвиг и выходит на Горностахскую антиклиналь с северо-запада (рис. 1, б). Мощность верхней части осадочного чехла, сопоставляемой с венд-кембрийскими и верхне-среднерифейскими отложениями, значительно сокращена и составляет менее трети от всего слоистого разреза. Нижнюю часть осадочного чехла можно разделить на три сейсмокомплекса (СК-1–3). Два верхних по сейсмофациальному облику схожи с наблюдаемыми на рис. 8, а. Третий сейсмокомплекс, лежащий в основании осадочного чехла, разбит разломами сбросового типа и представлен фрагментами высокоамплитудных отражений. По своему сейсмическому облику он напоминает сейсмокомплекс, увязываемый с верхнепалеопротерозойской улканской серией [9, 14]. Возможно, он включает уянскую серию нижнего рифея [14].

Относительно стратиграфической привязки СК-1, 2 можно предположить два основных варианта. Поскольку в ядре Горностахской антиклинали на дневную поверхность выходят нижнерифейские отложения, залегающие несогласно под аймчанскими образованиями, СК-1 следует отождествлять с нижнерифейскими породами учурской серии (рис. 8). Если и СК-2 сопоставлять с нижнерифейскими образованиями, то мы наблюдаем сдвоенный разрез нижнерифейских серий, приведший к образованию Горностахской антиклинали. С другой стороны, по геологическим данным предполагается существование в КЭХ сегменте дуплекса осадочного чехла с перемещением аллохтона на 70–90 км (рис. 9, в). Согласно с такой интерпретацией, СК-1, 2 отождествляются с нижнерифейско-ордовикскими отложениями. Получаем дуплекс верхней части разреза с выраженным угловым несогласием (рис. 8, 9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сейсморазведочные работы, проведенные в Кыллахской зоне надвигов, позволили уточнить ее строение по следующим параметрам.

С большей или с меньшей степенью достоверности по сейсмогеологическим разрезам уточнена мощность осадочных стратонов и общая мощность осадочного чехла.

Сделано предположение, что граница Кыллахской и Сеттэ-Дабанской зон в Майском сегменте проходит по Бурхалинскому разлому.

Уточнено строение фронтов надвиговых пластин. Они представлены взбросо-складками, реже

рамповыми складками. В Центральном и КЭХ сегментах развиты дуплексы. Не исключено, что надвиги формировались по плоскостям скольжения сбросов, возникших во время средне-позднерифейского рифтогенеза.

Положение детачмента непостоянно. Чаще всего он проходит по границе аймчанской и керпыльской серий или внутри них, иногда по фундаменту или по лахандинской серии.

Наиболее неоднозначно в поле отраженных волн интерпретируется Кыллахско-Эбейке-Хаятинский сегмент. В нем наблюдается три не диагностируемых сейсмокомплекса, подтверждающие геологические данные о существовании здесь дуплекса. Предложены варианты их стратиграфической привязки. Нижний СК-3 ассоциируется с сейсмокомплексом, наблюдаемым в плитной части Алдано-Майского осадочного бассейна и увязываемым некоторыми исследователями с верхнепалеопротерозойским улканским комплексом. СК-1, 2 можно увязать с рифей-ордовикскими отложениями согласно геологическим данным. Можно также предположить, что мы имеем здесь дуплекс только нижнерифейских отложений, представленных СК-1 и СК-2.

По некоторым сейсмогеологическим разрезам определены величины минимального скольжения и посчитаны коэффициенты сжатия КЗН. В самом широком Майском сегменте сжатие составило 16 %, в самой узкой части Центрального сегмента – 42 %, 32 % – в его северной части. Для КЭХ определить сжатие по сейсмическим профилям невозможно, так как они пересекают только часть сегмента, расположены под значительными углами, а главное, не имеют однозначной стратиграфической привязки. Можно только предполагать, что в КЭХ сегменте наблюдается удваивание всего осадочного разреза или только его нижнерифейской части, а значит, перемещения были значительными. В целом можно видеть, что наблюдается корреляция между шириной сегмента и коэффициентом его сжатия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берзин А.Г., Оболкин А.П., Севостьянов С.Ю., Егоров А.А., Дьяконова В.А. Новые данные по геологии Алдано-Майского прогиба // *Отеч. геология*. 2011. № 6. С. 21–26.
2. Берилко Г.А., Страхов А.Н., Шишкин Б.Б., Соболев П.Н. Прогноз потенциально нефтегазоносных зон рифея по сейсмическим данным в Предсетедабанском прогибе // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*. 2012. Т. 9, № 1. С. 79–85.
3. Богданов Н.А., Добрецов Н. Л. Охотское океаническое вулканическое плато // *Геология и геофизика*. 2002. Т. 43, № 2. С. 101–114.
4. Будников И.В., Гриненко В.С., Клец А.Г. Верхоянский

- складчатый пояс – ключевой регион для решения основных проблем стратиграфии верхнего палеозоя Сибири // *Отеч. геология*. 1994. № 8. С. 42–46.
5. Варнавский В.Г., Кузнецов В.Е. Область рифей-венд-кембрийского седиментогенеза юго-восточной окраины Северо-Восточного кратона // *Тихоокеан. геология*. 2011. Т. 31, № 5. С. 67–79.
 6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000. (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист О-53 – Нелькан. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2010.
 7. Гриненко В.С. Меловые континентальные образования востока Сибирской платформы // *Отеч. геология*. 2007. № 1. С. 110–118.
 8. Гриненко В.С., Костин А.В., Киричкова А.И., Желонкина М.С. Новые данные о пограничных верхнеюрских – нижнемеловых образованиях на востоке Сибирской платформы // *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия Геология*. 2018. № 2. С. 48–55.
 9. Гурьянов В.А., Песков А.Ю. Улканская палеорифтовая структура: особенности развития, геодинамическая обстановка (Юго-Восточное обрамление Сибирской платформы) // *Регион. геология и металлогения*. 2015. № 62. С. 57–63.
 10. Маргулис Л.С., Ковнир Б.Д., Сереженков С.В., Нафиков И.Ф. Строение юго-восточного перикратонного погружения Сибирской платформы // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2015. Т. 10, № 1. www.ngtp.ru/rub/4/11_2015.pdf.
 11. Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю. Тектоническая эволюция Сибирского палеоконтинента от неопротерозоя до позднего мезозоя: палеомагнитная запись и реконструкции // *Геология и геофизика*. 2012. Т. 53, № 7. С. 883–899.
 12. Нафиков И.Ф. Особенности геологического строения и нефтегазоносности Алдано-Майской впадины // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2013. Т. 8, № 3. www.ngtp.ru/rub/4/34_2013.pdf.
 13. Оболкин А.П. Построение поверхности кристаллического фундамента Алдано-Майского прогиба по материалам сейсмо-, грави- и магниторазведки // *Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: X Косыгинские чтения: Материалы Всерос. конф., 10–12 сентября 2019, г. Хабаровск* / Отв. ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Манилов. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2019. С. 85–87.
 14. Оболкин А.П. Сейсмофации вулканитов Улкан-Кыллахского рифта Алдано-Майского прогиба по данным сейсмостратиграфического анализа // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России [Электронный ресурс]: Материалы XI Всерос. науч.-практ. конф., 05–07 апреля 2021 г.* / Отв. ред. В.Ю. Фридовский. Якутск: Изд. СВФУ, 2021. С. 90–93.
 15. Павленкова Н.И., Кашубин С.Н., Гонтовая Л.И., Павленкова Г.А. Глубинное строение и геодинамика Охотоморского региона // *Регион. геология и металлогения*. 2018. № 76. С. 70–82.
 16. Парфенов Л.М., Прокопьев А.В. Покровные структуры Кыллахской гряды (Южное Верхоянье) // *Геология и геофизика*. 1986. № 12. С. 3–14.
 17. Парфенов Л.М., Прокопьев А.В. Фронтальные надвиговые структуры Верхоянского надвигового пояса // *Геология и геофизика*. 1993. Т. 34, № 12. С. 23–34.
 18. Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У.Дж., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртоого О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов центральной и северо-восточной Азии // *Тихоокеан. геология*. 2003. Т. 22, № 6. С. 7–41.
 19. Прокопьев А.В. Кинематика мезозойской складчатости западной части Южного Верхоянья. Якутск: Якутск. науч. центр СО АН СССР, 1989. 189 с.
 20. Прокопьев А.В., Фридовский В.Ю., Гайдук В.В. Разломы (Морфология, геометрия, кинематика): Учеб. пособие / Отв. ред. Л.М. Парфенов. Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2004. 148 с.
 21. Прокопьев А.В., Торо Х., Думитру Т.А., Миллер Э.Л., Хоуриган Дж. К. История формирования надвиговых структур Южного Верхоянья (Восточная Якутия) на основе метода трекового датирования (AFTA) // *Эволюция тектонических процессов в истории Земли: Материалы XXXVII Тектонического совещания*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал ГЕО, 2004. С. 86–88.
 22. Прокопьев А.В., Бахарев А.Г., Зайцев А.И., Третьяков Ф.Ф., Гамянин Г.Н., Алпатов В.В. Тектоника зон интерференции синхронных геодинамических событий (на примере взаимодействия окраины Северо-Азиатского кратона, Охотского террейна и Колымо-Омолонского микроконтинента) // *Области активного тектогенеза в современной и древней истории Земли: Материалы XXXIX тектонического совещания*. М.: ГЕОС, 2006. Т. 2. С. 119–123.
 23. Прокопьев А.В., Торо Х., Думитру Т.А., Миллер Э.Л. Мезозойский орогенез в Южном Верхоянье // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: Материалы VII Всерос. науч.-практ. конф.* Якутск: Изд. дом СВФУ, 2017. Т. 2. С. 203–207.
 24. Прокопьев А.В., Торо Х., Миллер Э.Л. Позднепалеозойско-мезозойская палеогеография Южного Верхоянья по данным U-Pb датирования обломочных цирконов // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2018. Т. 26, № 4. С. 5–15.
 25. Развозжаева Е.П. Строение нижнерифейского осадочного комплекса Алдано-Майского осадочного бассейна // *Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: X Косыгинские чтения: Материалы Всерос. конф., 10–12 сентября 2019, г. Хабаровск* / Отв. ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Манилов. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2019. С. 341–343.
 26. Развозжаева Е.П. Сейсмостратиграфическая модель Алдано-Майского осадочного бассейна (юго-восток Сибирской платформы) // *Тихоокеан. геология*. 2020. Т. 39, № 6. С. 25–47.
 27. Семихатов М.А., Серебряков С.Н. Сибирский гипостратотип рифея. М.: Недра, 1983. 223 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 367. 234 с.)
 28. Сластенов Ю.Л., Гриненко В.С., Петров В.Б., Сапьяник В.В. Новые данные по стратиграфии морских юрских отложений Лено-Алданского междуречья // *Геология и геофизика*. 1989. № 11. С. 139–142.
 29. Смелов А.П., Тимофеев В.Ф. Террейновый анализ и геодинамическая модель формирования Северо-Азиатского

- кратона в раннем докембрии // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22, № 6. С. 42–55.
30. Соболев Е.С., Будников И.В., Клец А.Г., Гриненко В.С. Позднебашкирские амmonoидеи и наутилоидеи Западного Верхоянья // Палеонтол. журн. 1998. № 5. С. 13–25.
 31. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 571 с.
 32. Третьяков Ф.Ф. Некоторые аспекты строения консолидированной коры Верхоянского складчато-надвигового пояса // Отеч. геология. 2017. № 5. С. 116–122.
 33. Третьяков Ф.Ф. Современные аспекты тектонического строения Южно-Верхоянского синклиория // Тихоокеан. геология. 2021. Т. 40, № 3. С. 103–113.
 34. Шишкин Б.Б., Берилко Г.А., Соболев П.Н., Старосельцев В.С., Страхов А.Н. Строение и перспективы нефтегазонасыщенности Алдано-Майской впадины // Нефтегазовая геология. 2010. № 4. С. 26–40.
 35. Худoley А.К. Тектоника пассивных окраин древних континентов (на примере восточной окраины Сибирской и западной окраины Североамериканской платформ): Автореф. дис. ... док-ра геол.-минер. наук. М., 2003. 35 с.
 36. Domeier M. Early Paleozoic tectonics of Asia: Towards a full-plate model // Geosci. Frontiers. 2018. N 9. P. 789–862. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2017.11.012>
 37. Donskaya T.V. Assemble of the Siberian Craton: Constraints from Paleoproterozoic granitoids // Precamb. Res. 2020. V. 348. 105869. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.105869>
 38. Khudoley Andrei K., Guriev Georgiy A. Influence of syn-sedimentary faults on orogenic structure: examples from the Neoproterozoic–Mesozoic east Siberian passive margin // Tectonophysics. 2003. V. 365. P. 23–43.
 39. Khudoley A., Chamberlain K., Ershova V., Sears J., Prokopenko A., MacLean J., Kazakova G., Malyshev S., Molchanov A., Kullerud K., Toro J., Miller E., Veselovskiy R., Li A., Chipley D. Proterozoic supercontinental restorations: Constraints from provenance studies of Mesoproterozoic to Cambrian clastic rocks, eastern Siberian Craton // Precamb. Res. 2015. V. 259. P. 78–94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.10.003>
 40. Smelov A.P., Timofeev V.F. The age of the North Asian cratonic basement: An overview // Gondwana Res. 2007. N 12. P. 279–288.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

после доработки 15.08.2022 г.

принята к печати 27.09.2022 г.

E.P. Razvozzhaeva, Yu.V. Taltykin

Structure of the Kyllakh zone (southern Verkhoyansk fold and thrust belt) from seismic profiling data

The structure of the Kyllakh thrust zone of the Verkhoyansk fold and thrust belt has been studied by seismic profiling. The construction of geoseismic sections refined the thickness of individual sedimentary complexes and the total thickness of the sedimentary cover, the structure of thrust sheets, and the position of detachments. Also, geoseismic sections were used to estimate the amount of the minimum slip of allochthons and to calculate compression coefficients for individual parts of the Kyllakh zone. The seismic and geological data were compared. A brief description is given of the sequence of geodynamic events that resulted in thrust folding in the region.

Key words: geoseismic section, thrust, thrust front, thrust sheet or allochthon, detachment, reflection horizon, seismic facies, seismic complex, Kyllakh thrust zone.