

Некоторые аспекты строения консолидированной коры Верхоянского складчато-надвигового пояса

Ф.Ф.ТРЕТЬЯКОВ (Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН); 677980, г. Якутск, проспект Ленина, д. 39)

Обсуждаются вопросы тектонического строения консолидированной коры Верхоянского складчато-надвигового пояса. Предполагается, что деформации растяжения земной коры рассматриваемой территории Северо-Азиатского кратона формировались в процессе девонского рифтогенеза с образованием Индигирской и Верхоянской рифтовых систем. Погребенные рифтовые структуры и особенности строения консолидированной коры, созданные в девоне, сохранились в общих чертах под деформированным осадочным чехлом Верхоянского складчато-надвигового пояса.

Ключевые слова: Верхоянский складчато-надвиговой пояс, земная кора, консолидированная кора, поверхность Мохо, рифтогенез, деформации растяжения, погребенные рифтовые структуры.

Третьяков Феликс Филаретович



tretyakov_ff@mail.ru

Some structural features of the consolidated crust of the Verkhoyansk fold-and-thrust belt

F.F.TRETYAKOV

Tectonic structure of consolidated crust of the Verkhoyansk fold-and-thrust belt is discussed. It is supposed that tensile deformations of the Earth's crust within the study area of the North Asian craton were due to Devonian rifting and led to the formation of the Indigirka and Verkhoyansk rift systems. The buried rift structures and structural features of the consolidated crust, which were formed in the Devonian, are preserved, in general, under the deformed sedimentary cover of the Verkhoyansk fold-and-thrust belt.

Key words: Verkhoyansk fold-and-thrust belt, Earth's crust, consolidated crust, Moho discontinuity, rifting, tensile deformations, buried rift structures.

Земная кора Верхоянского складчато-надвигового пояса (ВСНП) по сравнению с глубинным строением территории Сибирской платформы изучена весьма слабо. На юге ВСНП приемлемые модели и схемы строения земной коры и литосферы базируются на интерпретации современных материалов глубинных сейсмических опорных профилей 2-ДВ и 3-ДВ [6, 10, 14], тогда как имеющиеся данные по глубине залегания поверхности Мохо или мощности земной коры северной половины ВСНП неоднозначны и характеризуются большим разбросом значений даже в пределах одного района [3, 5, 11, 12, 18]. Эти неопределенности в большей степени обусловлены сложным дифференцированным строением вещества земной коры ВСНП [3, 11, 18], тонким гранитным слоем и даже ее возможным выклиниванием в некоторых районах, а также мощностью земной коры Верхоянского складчато-надвигового пояса, сравнимой с мощностью земной коры Сибирской платформы, когда заметное утолщение коры ВСНП не происходит даже в

районе коллизионного пояса Черского, на что уже обращали внимание предыдущие исследователи [7, 16, 17].

Тем не менее, в данной работе материалы ранних исследований с целью рассмотрения вопросов строения, поведения форм ее нижней и верхней границ, характера, степени деформации и проницаемости земной и консолидированной коры Верхоянского складчато-надвигового пояса нашли применение. Например, использованы карты мощности земной коры (рис. 1) и рельефа поверхности консолидированной коры ВСНП (рис. 2). Автор осознаёт то, что изложенное ниже – это его интерпретация известных материалов по рассматриваемой проблеме, которая, несомненно, требует обсуждения.

На территории ВСНП наибольшей мощностью земная кора обладает в его южной части. Так, в районе Балыгычанского поднятия глубина залегания поверхности Мохо составляет 44 км, повышаясь к востоку до 41–42 км и понижаясь к югу в районе Охотско-Чукотского вулканогенного пояса до 43–47 км [10].

В западном направлении сокращение земной коры до 40 км происходит в районе Южно-Верхоянского синклиория (см. рис. 1). На западной половине центральной территории ВСНП современные данные по мощности земной коры отсутствуют. Однако по материалам ранних исследований [4, 12, 16] глубины залегания поверхности Мохо на территории Верхоянского хребта испытывают колебания и составляют в среднем 33–35 км, в районе Орулганского антиклинория понижаясь до 40 км и повышаясь до 24 км в районе устья р. Вилюй и 30 км в бассейне р. Томпо.

На востоке центральной территории Верхоянского складчато-надвигового пояса устанавливается относительно узкая линейная полоса земной коры северо-западного направления мощностью 35 км (см. рис. 1). Однако внутри этой полосы в интервале поселков Усть-Нера–Батагай по данным [11] приводятся более низкие значения мощности коры – 24–26 км. Следует указать, что эта полоса сокращенной мощности коры 35 км расположена вдоль юго-западной окраины позднемезозойского коллизионного пояса Черского. Однако увеличение мощности земной коры или глубин залегания поверхности Мохо до 40–45 км происходит намного северо-восточнее – на междуречье Индигирка–Колыма или на территории Колымского мегаблока (см. рис. 1).

Далее по направлению к прибрежным Арктическим территориям северной части ВСНП происходит тенденция к общему подъему поверхности Мохо и ее довольно заметное расчленение. Так, в районе дельты р. Лены в Усть-Ленском прогибе мощность земной коры составляет 26–28 км, увеличиваясь к его бортам: на западе до 28–36 км, а на востоке до 29–31 км [1]. Более резкое сокращение мощности земной коры от 30 до 20 км происходит восточнее – в районе хр. Кулар и приустьевой части р. Яна (см. рис. 1). Эти деформации растяжения и утонение земной коры данного района, по-видимому, тесно связаны с современным тектоническим режимом активного рифтогенеза на территории Лаптевоморского блока – фрагментом земной коры Арктической пассивной континентальной окраины, расположенной между структурами северного побережья Верхоянского складчато-надвигового пояса и хребтом Гаккеля [2].

Стоит напомнить также, что проблема незначительной мощности земной коры территории ВСНП еще в ранние периоды ее исследования связывалась с проблемой утонения ее гранитного слоя. Например, толщина гранитного слоя в ее пределах оценивалась в 5–8 км, а в районе Южно-Верхоянского синклиория предполагалось и вовсе его выклинивание [16]. Предположение о значительном уменьшении мощности гранитного слоя в пределах границах ВСНП высказывалось и в более позднее время [11].

Кровля консолидированной коры (КК) Верхоянского складчато-надвигового пояса имеет сложный,

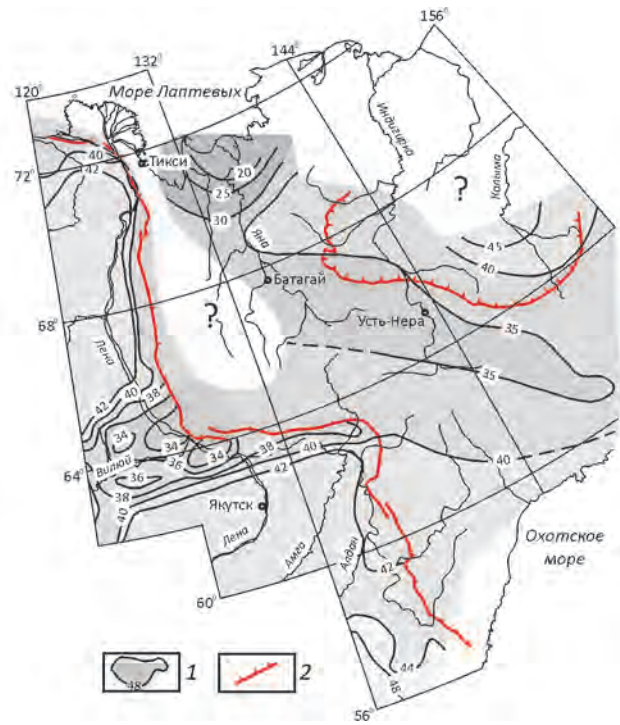


Рис. 1. Мощность земной коры Верхоянского складчато-надвигового пояса. По работе [15] с незначительными изменениями:

1 – изолинии мощности земной коры, км; 2 – границы Верхоянского складчато-надвигового пояса

неровный рельеф и характеризуется развитием широких поднятий и относительно узких линейных, глубоко опущенных зон разных направлений (см. рис. 2). Эти протяженные отрицательные линейные структуры на поверхности консолидированной коры ранее интерпретировались как система геосинклинальных прогибов, испытавших в позднем мезозое тектонические деформации и инверсию с образованием крупных складчатых структур [12]. Эти прогибы на поверхности консолидированной коры не только разделяются между собой, на севере Янским и на юге Охотским поднятиями, но и пересекаются. На западе зона пересечения расположена в районе Куранахского антиклинория, в зоне сочленения ВСНП с Сибирской платформой. На востоке – в районе Инъяли-Дебинского синклиория, в зоне сочленения ВСНП с Колымским мегаблоком. Эти зоны тройных пересечений прогибов характеризуются наиболее глубокими погружениями поверхности кровли консолидированной коры (см. рис. 2).

Согласно современным геодинамическим представлениям, ВСНП был образован на месте Верхоянской пассивной континентальной окраины, формированию которой, в свою очередь, на восточной

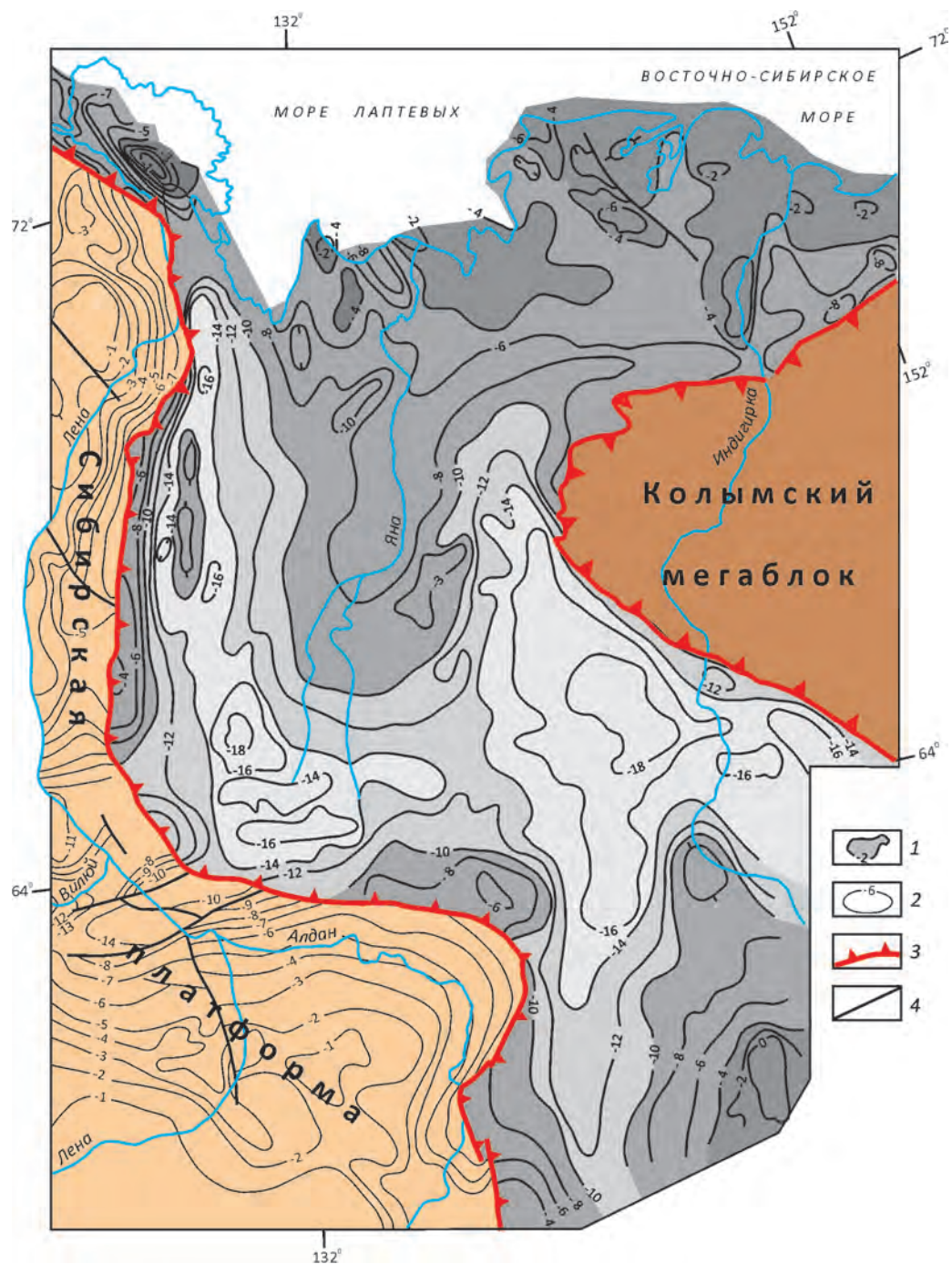


Рис. 2. Схема рельефа поверхности консолидированной коры Верхоянского складчато-надвигового пояса. По работе [17]:

1–2 – изогипсы поверхности, км: 1 – консолидированной коры Верхоянского складчато-надвигового пояса, 2 – кристаллического фундамента Сибирской платформы; 3 – границы Верхоянского складчато-надвигового пояса; 4 – разрывные нарушения

окраине Северо-Азиатского кратона предшествовал процесс девонского рифтогенеза [8]. Этот процесс оказал существенное влияние на деформации земной коры рассматриваемой территории с образованием указанных выше отрицательных структур (прогибов),

которые с точки зрения рифтогенного процесса следует трактовать как линейные палеорифтовые структуры или грабены, ограниченные сбросовыми разломами [13]. Интерпретация геологических и геофизических материалов этого рифтогенного события позволяет

реконструировать и предложить иную схему расположения ископаемых девонских рифтов в пределах консолидированной коры ВСНП, чем те, которые предлагались ранее [8, 9].

Изображенная на рис. 3 схема включает в себя две трехлучевые палеорифтовые системы, отличающиеся друг от друга временем заложения (в течение девона) и продвижением их от восточного края Северо-Азиатского кратона вглубь его – на запад. Это последовательно сформированные рифтовые системы: Индигирская – в среднем девоне (живет) и Верхоянская – в позднем девоне (фран). Продукты синхронного основного магматизма Индигирской рифтовой системы установлены в Сеттедабанской зоне Южного Верхоянья и палеозойских блоках (Тас-Хаяхтахского и др.) юго-западной окраины Колымского мегаблока, а Верхоянской рифтовой системы – в Вилкойской и Северо-Верхоянской зонах [9, 15]. В зонах этих палеорифтовых систем сосредоточены наиболее сильные деформации и разрушения консолидированной коры ВСНП, в том числе рифтовые грабены, которые были законсервированы и сохранены в общих чертах до нынешнего времени. Способствовал этому и пришедший на смену рифтогенезу в верхнем палеозое–мезозое геодинамический режим пассивной континентальной окраины, в процессе чего деформации растяжения консолидированной коры и рифтовые структуры в определенной степени продолжали свое развитие и углублялись.

С целью выяснения особенностей строения и характера деформаций консолидированной коры были составлены несколько идеализированных структурно-геологических профилей земной коры в разных частях Верхоянского складчато-надвигового пояса. Для этого была использована также новая «Карта рельефа поверхности консолидированной коры Верхояно-Колымской складчатой системы» масштаба 1:2 500 000, составленная в Якутской поисково-съёмочной экспедиции ГУП РС (Я) в 2003 г. В.М.Мишнинным и И.Н.Истоминным. Она в целом идентична карте (см. рис. 2), но с более детальным изображением структур кровли консолидированной коры, в частности, линейных прогибов, что и нашло отражение при составлении структурно-геологических профилей земной коры, представленных на рис. 4.

На профилях (см. рис. 4) показано, что наибольшие нарушения сбросовыми разломами консолидированная кора испытывает в зонах погребенных грабенов (ПГ) Индигирской и Верхоянской рифтовых систем. Кроме того, сокращение мощности консолидированной коры и эрозия ее подошвы связаны с колебаниями глубин залегания поверхности Мохо в пределах рассматриваемой территории. Для всех погребенных грабенов общими являются их наклонные днища, которые углубляются в направлении зон тройных сочленений (см. рисунки 2 и 3).

Крупные Западно-Верхоянский и Сетте-Дабанский ПГ обладают асимметричным строением – с крутыми

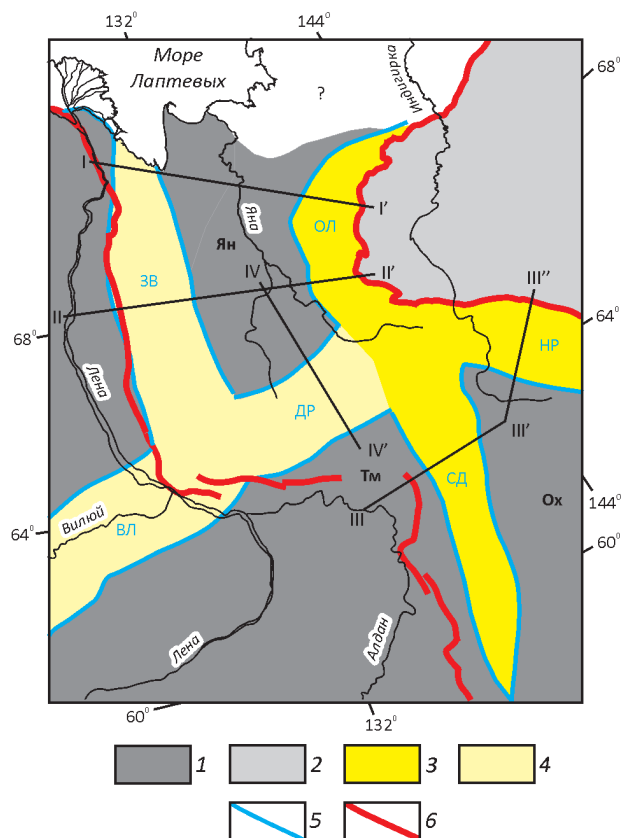


Рис. 3. Схема погребенных девонских рифтов восточной части Северо-Азиатского кратона:

1 – консолидированная кора кратона; 2 – Колымский мегаблок; 3–4 – рифтовые системы: 3 – Индигирская, 4 – Верхоянская; 5–6 – границы: 5 – рифтовых структур, 6 – Верхоянского складчато-надвигового пояса; рифтовые грабены: СД – Сетте-Дабанский, ОЛ – Ольджойский, НР – Нерский, ВЛ – Вилкойский, ЗВ – Западно-Верхоянский, ДР – Дербекинский; поднятия: Ян – Янское, Ох – Охотское, Тм – Томпонское; I–I', II–II', III–III', IV–IV' – положение профилей, представленных на рис. 4

западными и пологими восточными бортами (см. рис. 4, А–В). Не исключено, что эти рифтовые структуры девонского возраста, расположенные вдоль западной границы ВСНП, формировались по модели Б.Вернике [19]. Ольджойский и Нерский ПГ размещены у северной и юго-западной границ Колымского мегаблока. Они ступенчато погружаются под структуры мегаблока и представляют собой полуграбены или западные половины рифтовых структур Индигирской системы, уцелевшие после позднемезозойских коллизионных событий (см. рис. 4, А–В). Наиболее крупный из них Нерский погребенный грабен обладает широким пологим склоном, разбитым на ряд ступенчато погруженных в северо-восточном направлении линейных блоков консолидированной коры до глубин 8, 11 и 16 км (см. рисунки 2 и 4, В).

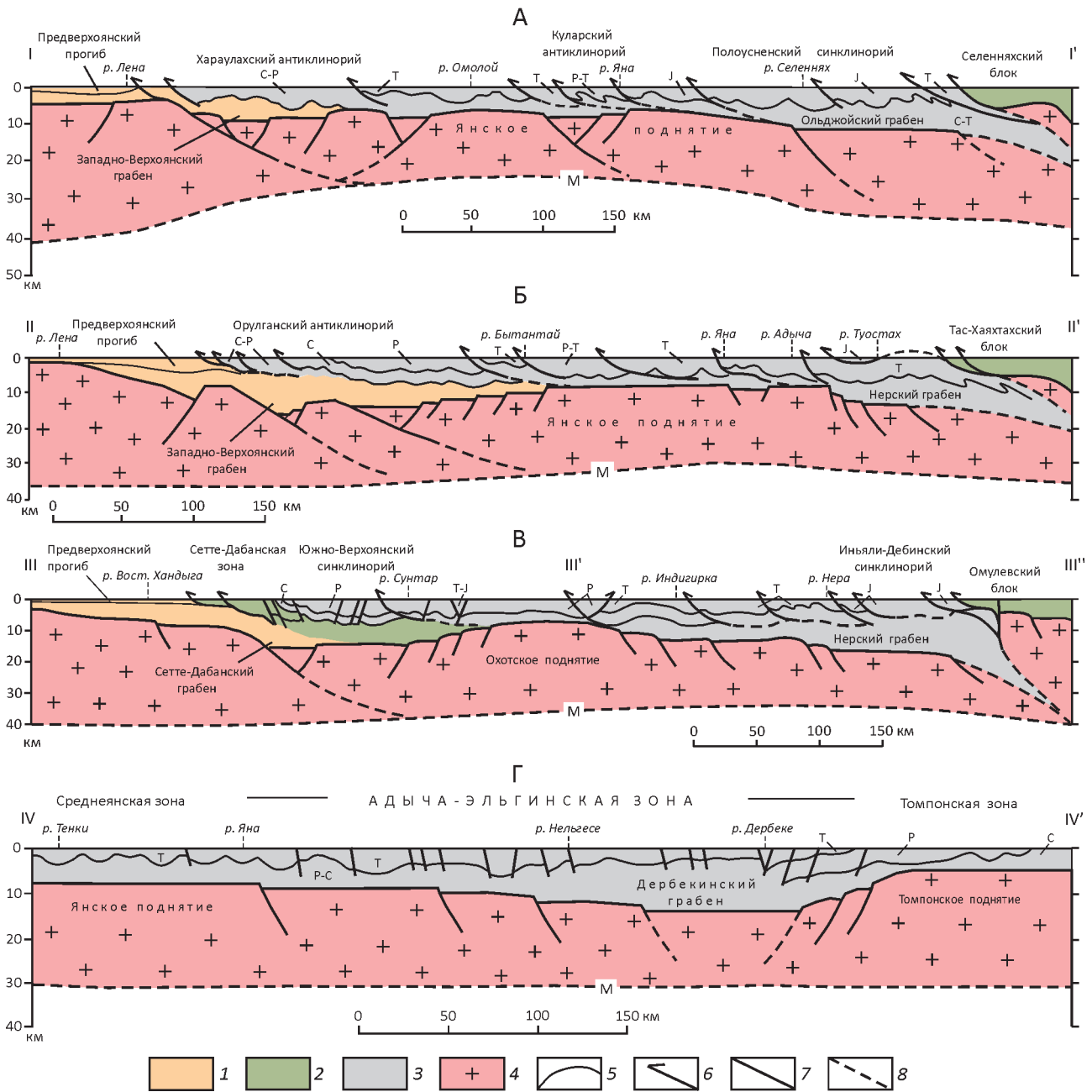


Рис. 4. Структурно-геологические профили земной коры через: А – северную, Б, Г – центральную и В – южную части Верхоянского складчато-надвигового пояса:

1–3 – осадочные комплексы: 1 – Сибирской платформы, 2 – Сетте-Дабанской зоны и палеозойских блоков Колымского мегаблока, 3 – Верхоянского складчато-надвигового пояса; 4 – консолидированная кора; 5 – геологические границы; 6 – надвиги; 7 – сбросы и прочие разрывные нарушения, 8 – предполагаемые разломы и границы осадочных комплексов; М – поверхность Мохо

Субширотного простирания Дербекинский ПГ (см. рисунки 2 и 4, Г) также имеет асимметричное строение. Его юг-юго-восточный борт относительно крутой, а противоположный – более пологий. Дно грабена

погружается в западном направлении от глубин 12 км до 14–16 км в зоне сочленения его с Западно-Верхоянским и Вилюйским рифтами. Дербекинский погруженный грабен не только разделяет поднятия Янское и

Томпонское, но и объединяет структуры Верхоянской и Индигирской рифтовых систем в единую тектоническую раму (см. рис. 3).

Учитывая глубины залегания поверхностей Мохо [15] и кровли консолидированной коры [17], можно оценить относительную мощность деформированной КК, которая была сформирована в результате среднепалеозойского рифтогенеза и сохранилась под ПГ. В целом участки тонкой консолидированной коры в рифтовых структурах Верхоянской и Индигирской систем размещаются там, где поверхность кровли КК наиболее глубоко опущена (см. рис. 2).

Под Западно-Верхоянским погребенным грабеном мощность деформированной консолидированной коры неровная. В его северной части под Хара-Улахским антиклинорием она составляет 23–18 км. Южнее в пределах Орулганского антиклинория увеличивается до 25–20 км и снова уменьшается на крайнем юге – в зоне тройного сочленения грабенов Верхоянской рифтовой системы до 19–17 км (см. рисунки 2 и 3). Под субширотным Дербекинским ПГ толщина консолидированной коры изменяется примерно в тех же средних значениях – 23–21 км, что и в Западно-Верхоянском ПГ.

В пределах Сетте-Дабанского рифта наименьшая мощность консолидированной коры 24 км устанавливается в его крайней северной части, в южном направлении к бассейну р. Юдома увеличивается до 28 км. Неровная мощность консолидированной коры отмечается и в Ольджойском ПГ, которая с севера на юг резко сокращается от 28 до 24 км. Для Нерского ПГ характерна минимальная толщина консолидированной коры – 21–19 км. Однако в обширной зоне тройного сочленения рифтов Индигирской системы, в районе северо-западной половины Инъяли-Дебинского синклинория, устанавливается наименее тонкий слой консолидированной коры около – 17 км (см. рисунки 2 и 3). Привлекает внимание то, что верхняя половина земной коры здесь сложена структурами деформированного осадочного чехла ВСНП, мощность которой составляет около 18 км, то есть примерно равна мощности консолидированной коры (см. рис. 2). Не исключено, что такое же соотношение мощностей деформированного осадочного чехла и консолидированной коры может существовать и для района тройного сочленения рифтов Верхоянской системы.

Нарушениям подвержены и обширные поднятия консолидированной коры, расположенные между Верхоянской и Индигирской рифтовыми системами (см. рис. 4). При этом значительные деформации растяжения и утонения КК, степень которых определяется изменениями глубины залегания поверхности Мохо, хорошо видны на примере Янского поднятия. В результате подъема поверхности Мохо в направлении Арктического побережья ВСНП толщина слоя консолидированной коры Янского поднятия в этом районе вначале постепенно уменьшается от 30–20 до 18–16 км (см. рисунки 4, А–Б и Г),

а на левобережье приустьевой части р. Яна резко сокращается до 14–12 км (см. рисунки 1 и 2). Эти изменения мощности консолидированной коры могут свидетельствовать и об эрозионных деформациях ее подошвы. Кроме того, учитывая известные мощности осадочных толщ верхнего палеозоя и мезозоя в пределах Янского и Охотского поднятий, можно предположить, что поверхность поднятий консолидированной коры перекрыта главным образом терригенными отложениями верхоянского комплекса (см. рис. 4).

Основные выводы по вышеизложенному сводятся к следующему:

1. Предполагается, что основные деформации и структуры растяжения консолидированной коры ВСНП были созданы в процессе девонского рифтогенеза. В определенной степени они продолжали свое развитие и в верхнем палеозое–мезозое в геодинамическом режиме пассивной континентальной окраины. Позже они были сохранены в общих чертах под деформированным осадочным чехлом ВСНП.

2. Сильные нарушения и сокращение мощности консолидированной коры произошли в зонах развития Индигирской и Верхоянской палеорифтовых систем девонского возраста, в которых наибольшие раздробленность кровли, утонение и проницаемость КК проявились в районах тройных сочленений рифтовых структур.

3. Относительно небольшие глубины залегания поверхности Мохо на территории Арктического побережья ВСНП показывают интенсивные деформации консолидированной коры северной половины Янского поднятия, выраженные ее растяжением, утонением и заметными неровностями (эрозией) ее подошвы снизу. Это может быть связано с режимом современного активного рифтогенеза в смежном Лаптевоморском блоке Арктической пассивной континентальной окраины [2], который отражает процесс потенциальной проградации хр. Гаккеля в южном направлении.

Исследование выполнено по плану НИР ИГАБМ СО РАН (Проект № VIII.66.1.4.), при частичной поддержке грантов РФФИ (16-05-00705, 15-45-05095), проекта № 53 Программы Президиума РАН № 32 П.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аветисов Г.П.* Сейсмическим исследованиям НИИГА-ВНИИОкеангеология 40 лет: история, достижения, перспективы // 60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане. –С-Пб: ВНИИОкеангеология, 2008. С. 110–128.
2. *Анализ современных тектонических режимов Лаптевоморского блока (Арктический сектор территории Якутии) / Л.П.Имаева, Б.М.Козьмин, В.С.Имаев и др. // Отечественная геология. 2016. № 6. С. 91–98.*
3. *Булин Н.К.* Глубинное строение Верхояно-Чукотской складчатой области по сейсмическим данным // Тихоокеанская геология. 1989. № 1. С. 77–85.

4. *Геологическая карта СССР. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист-52, 53 – Верхоянск. Объяснительная записка // Отв. ред. Л.М.Натапов. – Л., 1984.*
5. *Глубинное строение восточной части Сибирской платформы и прилегающих складчатых сооружений Верхояно-Чукотской области // К.Б.Мокшанцев, Д.К.Горнштейн, А.А.Гудков и др. – М.: Наука, 1968.*
6. *Гошко Е.Ю., Ефимов А.С., Сальников А.С. Строение земной коры Верхояно-Колымской складчатой области вдоль линии опорного геофизического профиля 3-ДВ // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы Всероссийской научной конференции. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2015. С. 121–124.*
7. *Коган А.Л. Постановка сейсмических работ методом КМПВ-ГСЗ с морского льда на шельфе арктических морей (опыт работ в море Лаптевых) // Геофизические методы разведки в Арктике. 1974. Труды НИИГА. Вып. 9. С. 33–39.*
8. *Парфенов Л.М. Тектоническая эволюция земной коры Якутии в контексте геодинамики севера Тихоокеанского обрамления и металлогенические пояса // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. С. 499–512.*
9. *Среднепалеозойский (верхнегерцинский) мегакомплекс / Г.С.Гусев, В.В.Гайдук, М.Д.Булгакова и др. // Структура и эволюция земной коры Якутии. – М.: Наука, 1985. С. 89–117.*
10. *Строение земной коры Магаданского сектора Северо-Востока России по данным ГСЗ / В.С.Сурков, А.С.Сальников, В.Л.Кузнецов и др. // Структура и строение земной коры Магаданского сектора России по геолого-геофизическим данным. Сборник научных трудов. – Новосибирск: Наука, 2007. С. 13–21.*
11. *Суворов В.Д., Корнилова З.А. Мощность земной коры на юго-востоке Верхояно-Колымской складчатой системы // Тихоокеанская геология. 1986. № 4. С. 32–36.*
12. *Тектоника Якутии / К.Б.Мокшанцев, Д.К.Горнштейн, Г.С. Гусев и др. – Новосибирск: Наука, 1975.*
13. *Третьяков Ф.Ф. Среднепалеозойские рифтовые структуры в основании Верхоянского складчатого пояса // Отечественная геология. 2004. № 5. С. 67–70.*
14. *Третьяков Ф.Ф., Прокопьев А.В. Тектоническое строение северной части Южно-Верхоянского орогенного пояса (Восточная Якутия) по данным опорного геофизического профиля 3-ДВ // Отечественная геология. 2015. № 5. С. 96–99.*
15. *Чехол Сибирской платформы и смежных складчатонадвиговых поясов / А.В.Прокопьев, Л.М.Парфенов, М.Д.Томшин, И.И.Колодезников // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. С. 113–155.*
16. *Шмех Г.И. Строение глубинных границ раздела земной коры // Глубинное строение восточной части Сибирской платформы и прилегающих складчатых сооружений Верхояно-Чукотской области. – М.: Наука, 1968. С. 149–153.*
17. *Шмех Г.И., Мокшанцев К.Б. Рельеф консолидированной коры // Тектоника Якутии. – Новосибирск: Наука, 1975. С. 118–121.*
18. *Mackey K. G., Fujita K., Ruff L.J. Crustal thickness of northeast Russia // Tectonophysics. 1998. Vol. 284. Pp. 283–297.*
19. *Wernicke B. Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere // Canadian Journal of Earth Sciences. 1985. Vol. 22. № 1. Pp. 108–125.*