

УДК 551.242(268.53)

Заварзина Г.А.¹, Шкарубо С.И.²Открытое акционерное общество «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (ОАО «МАГЭ»), Мурманск, Россия, ¹zavarzinag@mage.ru, ²sergeysh@mage.ru

ТЕКТОНИКА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

По материалам комплексных геофизических исследований (грави-магнитометрии и сейсморазведки 2D), выполненных в 2005-2010 гг. на шельфе моря Лаптевых, выявлены и прослежены основные структурные элементы и системы разрывных нарушений. Разрывы северо-западного простирания определяют заложение и формирование основных структур Лаптевоморской плиты: Лено-Таймырскую область пограничных поднятий, Западно-Лаптевскую рифтовую систему и Новосибирскую систему грабенов и горстов. Сдвиги северо-восточного простирания доминируют как секущие разрывы кайнозойской активизации. Определение главных систем дизъюнктивных нарушений является основой для тектонического районирования и понимания истории развития региона.

Ключевые слова: *рифтогенез, тектонический блок, взброс, сброс, сдвиг, сбросо-сдвиг, Лаптевоморская плита.*

Район исследований находится в западной части шельфа моря Лаптевых, включая прибрежные низменности и дельту р. Лена. В тектоническом отношении он расположен в зоне сочленения северной части Сибирской древней (эпикарельской) платформы, Таймыро-Североземельской (раннекиммерийской) и Верхояно-Колымской (позднекиммерийской) складчатых областей и Лаптевоморской (эпипозднекиммерийской) плиты (рис. 1). По особенностям геологического строения регион подразделяется на западную и восточную части, граница между которыми проходит по разлому Лазарева [Иванова, Секретов, 1989].

Своеобразие тектонической позиции Лаптевоморской плиты состоит в том, что она приурочена к центриклинальному замыканию Евразийского суббассейна и относится к торцевым окраинам, развитие которых связано с процессами раскрытия Северного Ледовитого океана.

Большинство исследователей, в том числе авторы статьи, выделяют в пределах Лаптевоморского шельфа рифтовую систему [Hinz et al., 1997; Драчев, 2000; Андиева, 2008] как связующее звено между срединно-океаническим хребтом Гаккеля и Момским континентальным рифтом [Грачев и др., 1971]. Ким с соавторами [Геология и полезные..., 2004] также считают, что «структура Лаптевского седиментационного бассейна включает в себя систему линейных рифтогенных грабенов с осадочным выполнением позднемелового-миоценового возраста, перекрытую покровным плиоцен-четвертичным комплексом».

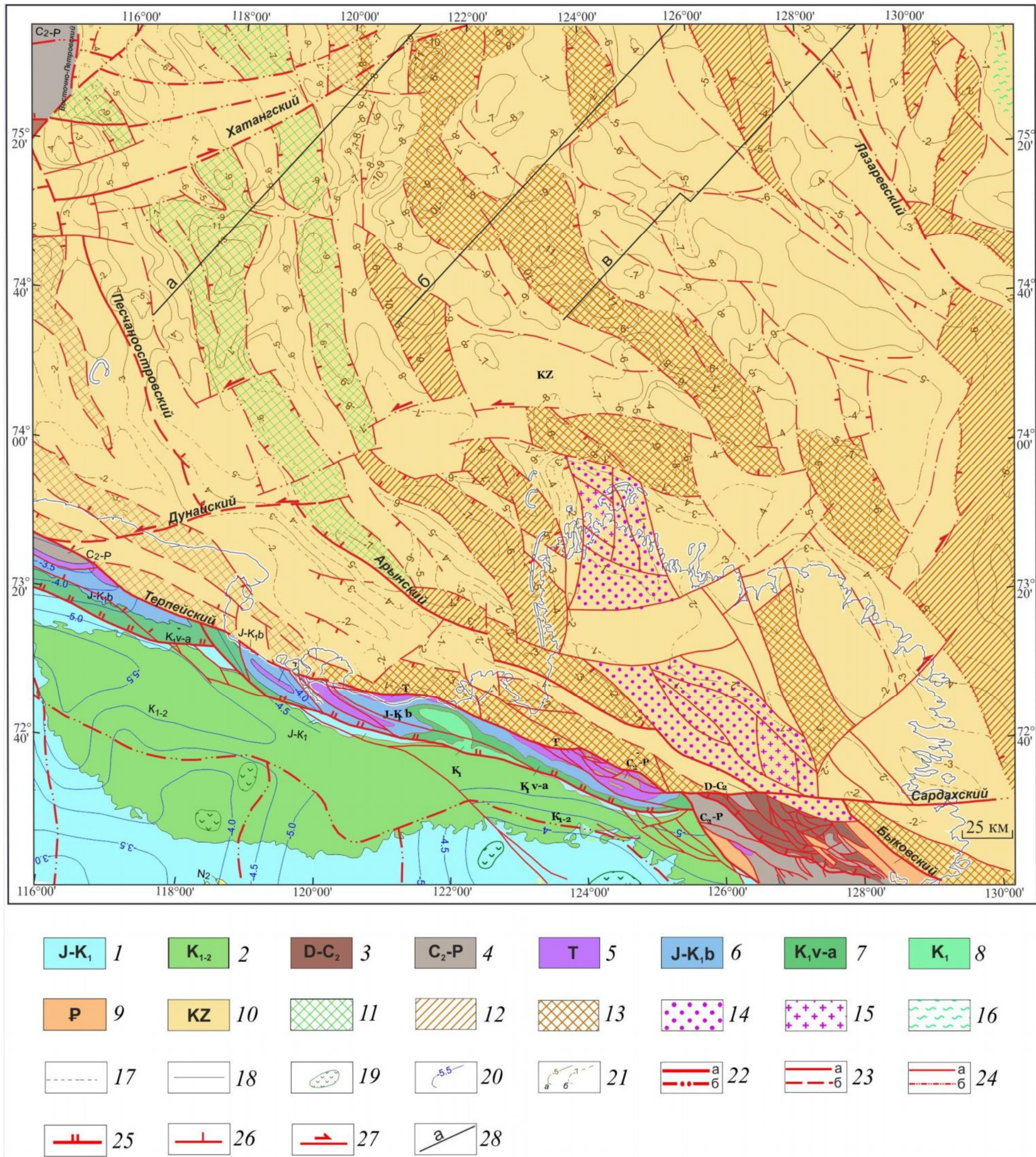


Рис. 1. Тектоническая схема западной части Лаптевоморской плиты и сопредельных областей
(С.И. Шкарубо (ОАО «МАГЭ»), В.Ф. Проскурнин (ФГУП «ВСЕГЕИ»))

I. Сибирская платформа: 1 – юрско-раннемеловой окраинно-шельфовый структурно-формационный комплекс (СФК), 2 – ранне-поздне меловой синорогенный континентальный СФК; II. Верхояно-Колымская складчатая область: 3 – девонско-среднекаменноугольный шельфовый СФК, 4 – среднекаменноугольно-пермский терригенный СФК, 5 – триасовый шельфово-континентальный СФК, 6 – юрско-раннемеловой окраинно-шельфовый СФК, 7,8 – раннемеловой синорогенный континентальный СФК, 9 – палеогеновый континентальный СФК; III. Лаптевоморская эпипозднекеммерийская плита: 10 – кайнозойский континентально-морской СФК; IV. Таймыро-Североземельская складчатая область: 4 – среднекаменноугольно-пермский терригенный СФК; структуры Лаптевоморской плиты: 11 – грабены с преобладанием в разрезе ранне(?) -поздне мелового СФК, грабены наложенные на складчатые структуры Верхояно-Колымской области: 12 – с незначительным преобладанием в разрезе кайнозойского СФК, 13 – с преобладанием в разрезе кайнозойского СФК, 14 – глыбовые поднятия с сокращенной мощностью кайнозойского СФК, 15 – выступы древних массивов, 16 – выступы складчатых комплексов мезозой; 17 – границы структур, не совпадающие с разломами; 18 – границы СФК; 19 – крупные погребенные интрузии основных и ультраосновных пород; стратозиписы: 20 – фундамента Сибирской платформы; 21 – складчатого основания Лаптевоморской плиты: а) достоверные, б) предполагаемые; разрывные нарушения: 22 – шовные разломы (границы платформ, плит, складчатых областей): а) достоверные, б) предполагаемые; 23 – региональные: а) достоверные, б) предполагаемые; 25 – зональные: а) достоверные, б) предполагаемые; разрывы по кинематике: 25 – надвиги, 26 – сбросы, 27 – сдвиги; 28 – профили МОВ ОГТ: а- 200712, б- 200520-200918; в-200515 – 200501 – 200918.

Со ссылкой на эту работу Л.И. Красный приводит ансамбль рифтогенных структур моря Лаптевых в качестве примера воздействия океанского рифтогенеза на пассивную окраину Азии [Красный, 2009].

Существует и альтернативное мнение: роль рифтогенеза в образовании кайнозойского чехла моря Лаптевых явно завышена. Это мнение основывается на представлениях о том, что спрединг в Евразийском суббассейне начался значительно позднее – в олигоцене - раннем миоцене [Поселов и др., 1998; Дараган-Суцова и др., 2010].

Неоднозначность и противоречивость представлений о геологическом строении Лаптевоморской плиты обусловлены чрезвычайно сложной разломной тектоникой. Это затрудняет уверенное прослеживание отражающих горизонтов на значительные расстояния.

В ходе проведения региональных сейсморазведочных работ 1986-1990 гг. на шельфе моря Лаптевых были выявлены отрицательные структуры: Южно-Лаптевский прогиб, Усть-Ленский и Омолойский грабены, а также крупные положительные элементы: Лено-Таймырская зона пограничных поднятий, Трофимовское и Центрально-Лаптевское поднятия [Иванова, Секретов, 1989]. Новые площадные комплексные исследования по региональной сети (10х20 км) позволили более детально расчленить разрез осадочного чехла и уточнить структуру и историю развития ранее выделенных тектонических элементов.

Согласно принятой авторами модели геологического строения, фундаментом западной части Лаптевоморской плиты, как и восточной, являются дислоцированные в различной степени палеозойско-мезозойские образования, обнажающиеся в пределах Верхояно-Колымской складчатой области (см. рис. 1). Осадочный чехол представлен, предположительно, аптско-верхнемеловым-палеоценовым (А-L2), палеоцен (?) - среднемиоценовым (L2-L4) и среднемиоцен - плейстоценовым (L4 - дно моря) сейсмокомплексами (СК). По характеру волновой картины сейсмокомплексы подразделены на подкомплексы (СПК): нижне (?) -верхнемеловой (А-L1), верхнемеловой-палеоценовый (L1-L2), палеоцен (?) -эоценовый (L2-L3), верхнеолигоцен-среднемиоценовый (L3-L4), средне-верхнемиоценовый (L4-L5) и плиоцен-четвертичный (L5-дно моря), условно разделенный на две сейсмотолщи: плиоценовую, плиоцен-четвертичную [Шкарубо, Заварзина, 2011].

По особенностям рельефа складчатого основания (отражающий горизонт «А») в западной части Лаптевоморской плиты выделены Лено-Таймырская область пограничных поднятий, Западно-Лаптевская рифтовая система и Новосибирская система грабенов и горстов. Основные структуры простираются в северо-западном направлении и представляют

собой зоны субпараллельных разрывных нарушений северо-западного простирания и сопряженную с ними систему грабен и горстов, сегментированную сдвиговыми деформациями северо-восточного направления (см. рис. 1).

Лено-Таймырская область пограничных поднятий прослеживается узкой полосой (до 100 км) от северной оконечности Таймыра до залива Буор-Хая. В потенциальных полях она выражена интенсивными и контрастными аномалиями. В пределах области прослеживается полоса землетрясений, в очагах которых рассчитаны фокальные механизмы со сбросовыми и сдвиговыми параметрами [Аветисов, 1991, Козьмин, 1984].

На сейсмических разрезах Лено-Таймырской области пограничных поднятий соответствует подъем позднекиммерийского складчатого фундамента, черты строения которого отражают продолжение погребенных под верхнемеловыми и кайнозойскими отложениями складчато-надвиговых структур Восточнотаймырско-Оленекской системы, входящей в состав Верхояно-Колымской складчатой области (рис. 2).

Горсты, погребенные под кайнозойским чехлом в пределах Лено-Таймырской области пограничных поднятий, сложены, как и в обнаженной на суше части Восточнотаймырско-Оленекской складчато-надвиговой системы, дислоцированными в разной степени комплексами среднего карбона-перми, триаса и юры мощностью до 3 км. Возможно, в ядрах погребенных горстов мощность палеозойских образований сокращена, и более высокое положение занимает кровля кристаллического фундамента, с чем связаны повышенные (20-30 мГал и более) значения поля силы тяжести. В грабенах подошва «постверхоянского» осадочного чехла прослеживается на глубине от 3-5 до 2-3 км. На склонах горстов и в днищах грабенов предполагается присутствие юрско-нижнемеловых толщ, а в осадочном чехле – верхнемеловых отложений. В вершинных частях горстов складчатый фундамент перекрыт только кайнозойскими отложениями. В крайней западной и южной частях Лено-Таймырской области пограничных поднятий верхнемеловые-палеоценовые отложения (СК L1-L2) выклиниваются, налегая на складчатое основание.

Продолжение складчато-глыбовых структур Верхояно-Колымской складчатой области наблюдается также в дельте р. Лена, где расположен Туматский выступ, характеризующийся контрастным гравитационным максимумом, со значениями до 55 мГал (рис. 3). Это наиболее приподнятый блок кристаллических пород дорифейского основания и реоморфизованных в рифее раннепротерозойских пород, перекрытый маломощным покровом плиоценовых и четвертичных отложений.

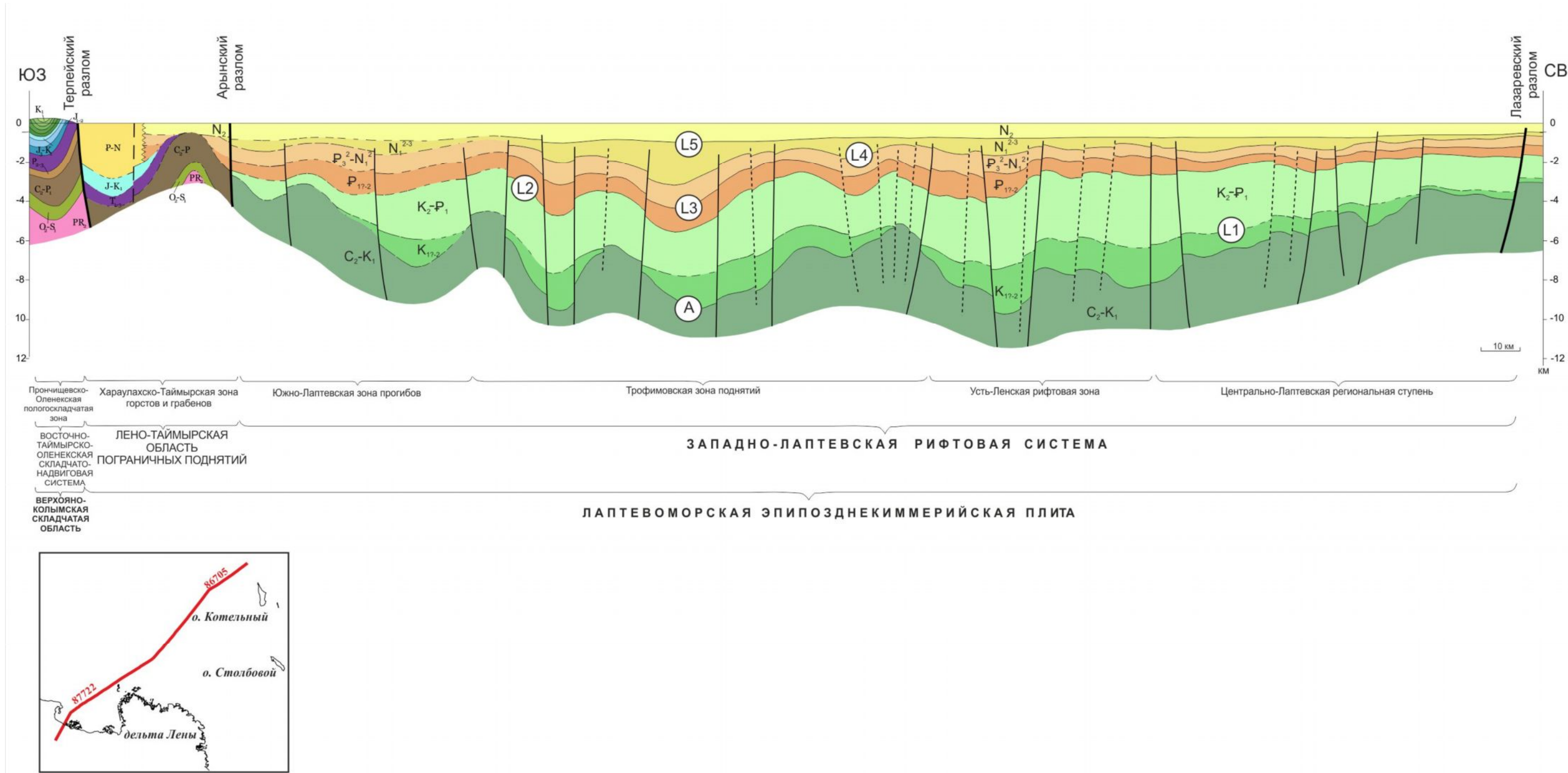


Рис. 2. Композитный геологический разрез по профилю 87722-86705 (С.И. Шкарубо, Г.А. Заварзина)

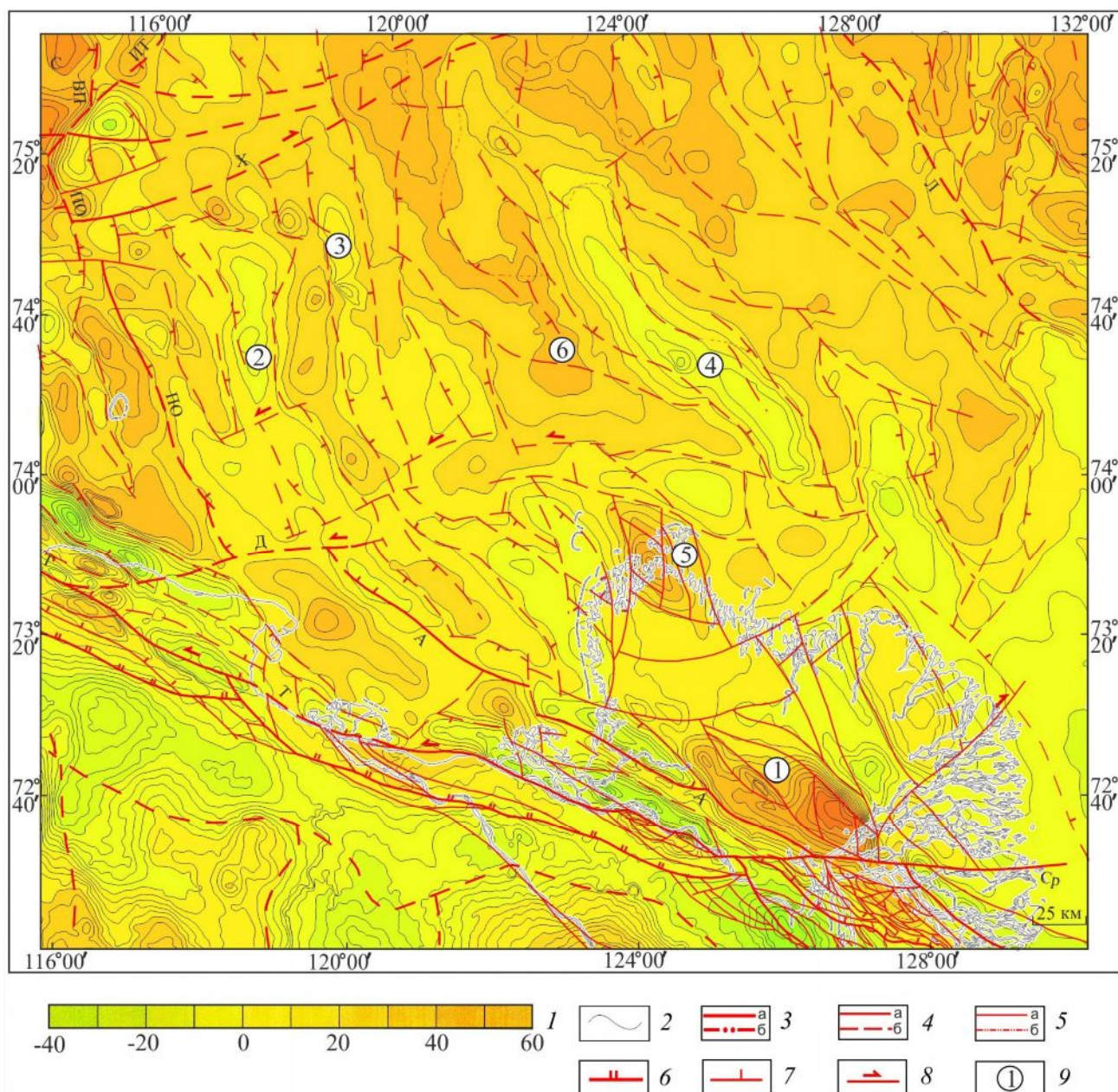


Рис. 3. Карта гравитационного поля (В.В. Васильев, ОАО «МАГЭ»)

1 – шкала интенсивности аномалий силы тяжести (редукция Буге 2.30 г/см³, мГал); 2 – изолинии; 3-5 – разрывные нарушения: 3 – шовные разломы (границы платформ, плит, складчатых областей) (а – достоверные, б – предполагаемые), 4 – региональные (а – достоверные, б – предполагаемые), 5 – зональные (а достоверные, б – предполагаемые); разрывы по кинематике: 6 – надвиги; 7 – сбросы; 8 – сдвиги; 9 – структуры (цифры в кружках: 1 – Туматский выступ, 2 – Арынско-Витязевский грабен, 3 – Оленекский грабен, 4 – Усть-Ленский грабен, 5 – Муоринский выступ, 6 – Трофимовская зона поднятий).

На крыльях выступа предполагаются выходы вулканогенных и терригенно-карбонатных комплексов рифея-позднего венда, а также поздневендско-среднекаменноугольных образований. Южное крыло выступа осложнено, предположительно, взбросами, взбросо-надвигами с падением плоскостей сместителей на северо-восток. Образование Туматского выступа, вероятно, связано со складко-

горообразованием в Восточнотаймырско-Оленекской системе в сеноманско-маастрихское время (по материалам ОАО «МАГЭ», 2011 г.).

Западно-Лаптевская рифтовая система простирается с юго-востока на северо-запад. Представляется, что заложение и формирование этой сложно построенной рифтовой системы связано с развитием Евразийского суббассейна. Об этом свидетельствует как общее утонение земной коры до 25-22 км в осевых частях бассейна, выраженных глубокими грабенами, так и раздробленность осадочного чехла многочисленными дизъюнктивными нарушениями.

Глубины залегания складчатого основания в пределах Западно-Лаптевской рифтовой системы составляют от 2-5 км до 7-13 км, с погружением к осевой части (см. рис. 1). Структура основания Лаптевоморской плиты, установленная по сейсморазведочным данным, напрямую отражается в гравитационном поле: впадинам, в большинстве случаев, соответствуют минимумы, а поднятия отображаются максимумами (см. рис. 3).

В пределах Западно-Лаптевской рифтовой системы выделяются Южно-Лаптевская зона прогибов, Трофимовская зона поднятий, Усть-Ленская рифтовая зона, Центрально-Лаптевская региональная ступень, Сагыстарская ступень и Омолойская зона прогибов (рис. 4, 5). В рельефе складчатого фундамента эти структуры выделяются вытянутыми в северо-западном и северном направлении зонами. В Южно-Лаптевской зоне прогибов наибольшей глубиной прогибания характеризуются Арынско-Витязевский и Оленекский грабены, в Усть-Ленской рифтовой зоне - Усть-Ленский осевой грабен (рис. 4а). На северо-западе региона грабены ограничены Хатангским разломом, по которому смещаются в восточном направлении.

Южно-Лаптевская зона прогибов и Усть-Ленская рифтовая зона разделены Трофимовской зоной поднятий, которая включает в себя крупные выступы, поднятия, горсты и ступени с глубинами залегания складчатого основания от 1 км до 5,5-6 км. Наиболее приподнятый блок складчатого основания – Муоринский выступ расположен в дельте Лены. В гравитационном поле он выражен крупным овальной формы максимумом до 38 мГал, ориентированным в северо-западном направлении (см. рис. 3). От Туматского выступа он отделен системой субширотных дуговых разломов. С севера и запада Муоринский выступ ограничен зонами сбросов и сбросо-сдвигов, отделяющих сопряженные с ним грабены.

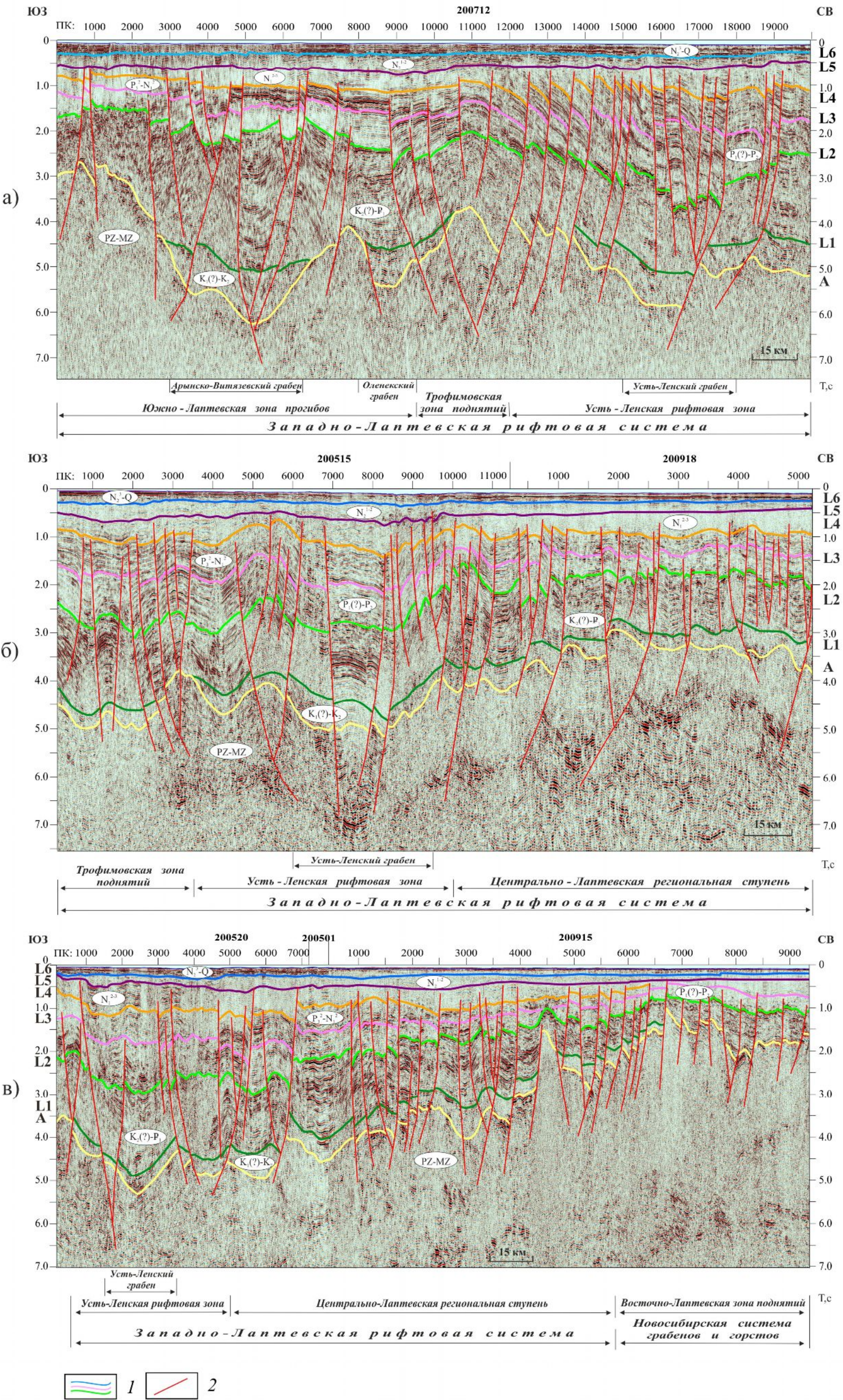


Рис. 4. Временные разрезы по профилям:
а – 200712, б – 200520-200918, в – 200515 – 200501 – 200918

1 - отражающие горизонты; 2 – разломы.

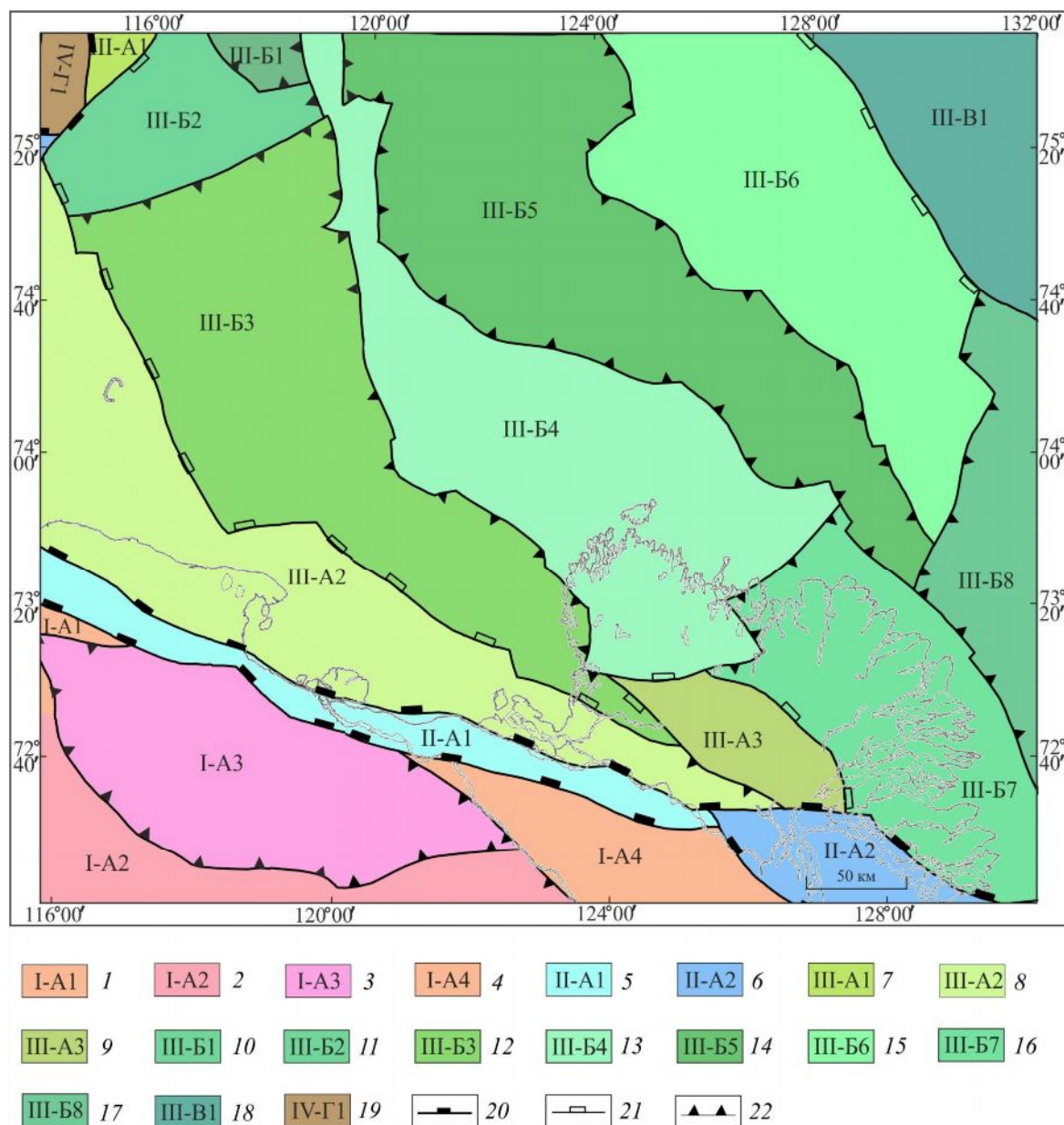


Рис. 5. Схема тектонического районирования

(С.И. Шкарубо (ОАО «МАГЭ»), В.Ф. Проскурнин (ФГУП «ВСЕГЕИ»))

I. Сибирская платформа: IA – Хатангско-Ленский перикратонный мегапрогиб, 1 – I-A1 – Хатангско-Устьанабарская мегаседловина, 2 – I-A2 – Северо-Сибирская моноклираль, 3 – I-A3 – Лено-Анабарский краевой прогиб, 4 – I-A4 – Чекановская зона инверсионного прогиба; II. Верхоно-Колымская складчатая область, 5 – II-A1 – Прончищевско-Оленекская полого-складчатая зона, 6 – II-A2 – Бастахско-Хараулахская складчато-глыбовая зона; III. Лаптевоморская эпипозднекеммерийская плита, III-A – Лено-Таймырская область пограничных поднятий, 7 – III-A1 – Притаймырский выступ, 8 – III-A2 – Хараулахско-Таймырская зона грабенов и горстов, 9 – III-A3 – Туматский выступ; III-B – Западно-Лаптевская рифтовая система, 10 – III-B1 – Западно-Лаптевский прогиб, 11 – III-B2 – Восточно-Таймырская ступень, 12 – III-B3 – Южно-Лаптевская зона прогибов, 13 – III-B4 – Трофимовская зона поднятий, 14 – III-B5 – Усть-Ленская рифтовая зона, 15 – III-B6 – Центрально-Лаптевская региональная ступень, 16 – III-B7 – Сагастырская региональная ступень, 17 – III-B8 – Омолойская зона прогибов, III-B – Новосибирская система грабенов и горстов, 18 – III-B1 – Восточно-Лаптевская зона поднятий; IV. Таймыро-Североземельская складчатая область, IV-G – Таймырская складчато-надвиговая система, 19 – IV-G1 – Южно-Бырангская складчатая зона; границы тектонических структур (20-23): 20 – трансрегиональных и региональных, 21 – субрегиональных; 22 – I порядка.

По аналогии с Туматским выступом, можно предположить, что в ядре Муоринского выступа под кайнозойскими отложениями (или близко к их подошве) залегают протерозойские метаморфические породы, обрамленные верхневендско-среднекаменноугольными терригенно-карбонатными и вулканогенными толщами, а мощность кайнозойских отложений в его своде составляет первые сотни метров, на крыльях вряд ли превышая 1-1,5 км. Вероятно, верхнемеловые-палеоценовые отложения в пределах выступа отсутствуют, либо, выклиниваются, налегая на поверхность складчатого основания, либо ограничены разломами и локализуются в сопредельных грабенах. Муоринский выступ имеет характерный собственный образ на космических снимках, четко обособляясь от остальной части дельты Лены. Все русла и протоки дельты обтекают этот выступ, что свидетельствует о его новейшем поднятии (по материалам ОАО «МАГЭ», 2011 г.).

Центрально-Лаптевская региональная ступень простирается вдоль северо-восточного борта Усть-Ленской рифтовой зоны, характеризуется глубинами залегания складчатого основания от 7 до 3 км и осложнена рядом положительных и отрицательных структур (см. рис. 2, 4).

Сагастырская региональная ступень занимает восточную часть дельты Лены и прилегающую акваторию, залегая между высоко приподнятыми блоками складчатого основания – Туматским и Муоринским выступами и грабенами Усть-Ленской и Омолойской зон. В целом Сагастырская региональная ступень отличается высокоградиентным полем силы тяжести, предположительно свидетельствующем о резко расчлененном рельефе ее складчатого позднекиммерийского основания.

Омолойская зона прогибов представляет собой субмеридиональную ветвь Западно-Лаптевской рифтовой системы, отделенную от собственно Усть-Ленской рифтовой зоны поперечным горстом. На юге Омолойская зона прогибов уходит в губу Буор-Хая, на севере ограничена структурами Центрально-Лаптевской ступени и Новосибирской системы грабенов и горстов. Омолойская зона прогибов отличается от Усть-Ленской рифтовой зоны меньшими глубинами залегания подошвы посткиммерийского осадочного чехла и в большей степени компенсирована верхнемеловыми-палеоценовыми отложениями (СК А-L2).

Новосибирская система грабенов и горстов в пределах изученной площади является областью относительного поднятия складчатого фундамента (от 0,5 до 2 км), характеризующейся повышенным фоном гравитационного поля (от 15 до 40 мГал) и сокращенным по мощности осадочным чехлом. Ее граница с Западно-Лаптевской рифтовой системой выделяется резким ступенчатым погружением складчатого основания в зоне

разлома Лазарева (см. рис. 2). Осевые части горстов перекрыты здесь только плиоцен-четвертичными отложениями. Под их покровом на склонах горстов и грабенов предполагается преимущественное распространение верхнемеловых-палеоценовых и палеоцен?-эоценовых отложений. Более молодые слои, верхнего олигоцена-миоцена, вероятно, срезаны предплиоценовым несогласием.

Анализируя закономерности тектонического строения западной части Лаптевоморской плиты, можно выделить два основных направления разрывных нарушений, составляющие диагональную систему: северо-западную и северо-восточную, которые определяют структуру осадочного чехла. Преобладающей является система разломов северо-западного простирания. В пределах площади работ выделены глубинные разломы (шовные зоны) – границы Сибирской платформы, Лаптевоморской плиты и складчатых систем (Верхояно-Колымской и Таймыро-Североземельской); региональные разломы, ограничивающие крупные тектонические элементы и зональные, ограничивающие грабены и горсты. По кинематике они подразделены на сбросы, взбросы (надвиги) и сдвиги.

Трассирование разрывных дислокаций, выраженных на профилях МОВ ОГТ характерными особенностями волнового поля, в межпрофильном пространстве проводилось по данным интерпретации потенциальных полей (см. рис. 3).

Магнитное поле региона умеренно отрицательное спокойное на акватории и резко дифференцированное на прилегающей материковой суше. Гравитационное поле характеризуется четкой линейностью и высокими градиентами на краях локальных аномалий. При этом на суше и в прибрежной части преобладают общие запад-северо-западные простирания изолиний поля, в то время как на остальной акватории – северных румбов (см. рис. 3).

Глубинные разломы, по которым происходит погружение блоков складчатого основания Лаптевоморской плиты, контролируют распространение кайнозойских комплексов и определяют формирование осадочного бассейна. К ним относятся: *Восточно-Петровский* на западе, *Тернейский*, *Сардахский* и *Быковский* на юге (см. рис. 2). С ними связано начало формирования бассейна.

Западная граница плиты определяется *Восточно-Петровским разломом*, который прослежен к северу от Хатангской зоны разломов по грави-магнитометрическим данным и простирается субмеридионально. Он разделяет структуры Таймыро-Североземельской складчатой области и Лено-Таймырской области пограничных поднятий. Современная его кинематика определяется, как сброс.

Южная граница проходит по шовной зоне северо-западного простирания, представляющей собой систему сбросо-сдвигов. Формирование этой системы связано с верхоянскими движениями в раннем-позднем мелу, в результате которых во фронтальной части Восточнотаймырско-Оленекской ветви Верхоянья происходило образование надвигов, а позднее, в познемеловое-кайнозойское время в тыловой – по ослабленным зонам происходило обрушение и образование сбросо-сдвигов преимущественно с левосдвиговой кинематикой, о чем свидетельствует расположение складок вдоль разломов и распределение аномалий потенциальных полей.

Терпейский разлом проходит по северному крылу Прончищевско-Оленекской складчато-надвиговой зоны. По нему складчатые палеозойско-мезозойские образования Верхояно-Колымской области контактируют с кайнозойскими отложениями (см. рис. 1,2). Разлом выражен градиентными зонами в поле силы тяжести. Результаты сопоставления сейсморазведочных данных с морфологическими параметрами магнитного и гравитационного полей дают основание считать, что все горсты Лено-Таймырской области пограничных поднятий, расположенные севернее Терпейского разлома, перекрыты кайнозойским чехлом (по материалам ОАО «МАГЭ», 2011 г.).

Структурообразующие региональные разломы северо-западной системы *Притаймырский, Песчаноостровский, Арынский и Лазаревский* разграничивают Лено-Таймырскую область пограничных поднятий, Западно-Лаптевскую рифтовую систему и Новосибирскую систему грабенов и горстов, в пределах которых разломами подчиненного ранга (зональными) ограничены отдельные грабены и горсты. Разрывные нарушения обоих рангов на этапе заложения бассейна представляли собой ступенчатые сбросы, обусловившие последовательное погружение складчатого основания. Они соответствуют этапам растяжения бассейна, признаками которых являются асимметричные и ступенчатые грабены или полуграбены, с наклонными днищами. При этом ступени грабенов и горстов наклонены в сторону падения сбросов и представляют собой запрокинутые приразломные блоки. Вертикальная амплитуда смещения по разломам составляет 0,8-3 км. Сдвиговая компонента смещения по разломам сопровождается образованием вторичных син- и антитетических сбросо-сдвигов. Сбросовая составляющая деформаций подчеркивается элементами грабен-горстового строения по всему разрезу: от подошвы осадочного чехла до горизонта L4, сдвиговая – смещением разорванных блоков структур вдоль сдвига. Практически, все структурные признаки указывают на то, что образование крупных структур и разрывов северо-западного простирания (региональных и зональных) обусловлено подвижками блоков

фундамента.

Система разломов северо-восточного простирания является секущей по отношению к разрывам северо-западного простирания и представляет собой сдвиговые зоны. В зонах пересечения этими разрывами разломов северо-западного простирания наблюдаются смещения в плане, как крупных структур и их частей, так и аномалий потенциальных полей. Отмечается торцевое сопряжение разнознаковых аномалий потенциальных полей и структур (грабенов и горстов).

В северо-западной части района исследований по характерным аномалиям магнитного поля выделяется Хатангская зона разломов, известная как (Хатангско-Ломоносовская зона трансформных разломов [Шипилов, 2004]), северо-восточного простирания, проходящая за пределами района вдоль континентального склона моря Лаптевых. По этому разлому происходит скольжение оси спрединга океанской литосферы Евразийского суббассейна в северо-восточном и восточном направлениях относительно шельфа [Объяснительная записка..., 1998]. С этой зоной разломов связаны изменения простираний и торцевые сочленения структур, изменение кинематики разрывов северо-западного и субмеридионального простираний. Структуры северо-западного простирания, ограниченные Хатангским разломом, смещаются в восточном направлении по правостороннему сдвигу (см. рис. 1).

Кайнозойская история развития Лаптевоморского региона связывается с раскрытием Евразийского суббассейна, начало которого предполагается около 56 млн. лет назад, в конце палеоцена [Драчев, 2000]. Активизация тектонических движений в позднем палеоцене отражается в блоковом рельефе поверхности ОГ L2. Вероятно, в это время начала формироваться Усть-Ленская рифтовая зона. На уровне отражающего горизонта «L2» она выделяется областью максимального погружения до глубин более 3 км, что указывает на проявление процессов растяжения (см. рис. 4).

В конце эоцена – начале олигоцена в регионе началась активизация тектонических движений, отразившаяся в регрессии моря и привносе грубообломочного материала в грабены из областей относительно приподнятых блоков.

В среднем олигоцене – раннем и начале среднего миоцена в регионе, включая шельф, устанавливается обстановка сжатия, с частыми перерывами осадконакопления, отраженная на сейсмических разрезах поверхностью «L4». На суше во впадинах палеоцен-эоценовые отложения залегают с резким угловым несогласием на дислоцированных породах палеозоя-мезозоя (Согинский, Кенгдейский грабены). В некоторых местах палеогеновые отложения

смяты в складки и разбиты надвигами и взбросами, что указывает на проявление фазы сжатия в среднем миоцене [Имаева, 2009]. В среднем миоцене активизировались тектонические процессы и на шельфе моря Лаптевых. С этим этапом связано, по всей видимости, возникновение систем сдвигов (зон транстенсии), деформировавших накопленную ранее толщу меловых – раннемиоценовых образований многочисленными «пилообразными разломами» и «цветковыми структурами» (см. рис. 4). Именно общая конфигурация этих разломов и структурный рисунок тектонических блоков позволяет предполагать проявление в среднем миоцене сдвиговых деформаций. На сейсмических разрезах «цветковые структуры» распространены в Трофимовской зоне поднятий, разделяющей два основных депоцентра прогибания: Южно-Лаптевскую зону прогибов и Усть-Ленскую рифтовую зону.

Максимальные глубины (более 2,5 км) залегания горизонта «L4» и мощности (более 2 км) средне-верхнемиоценовых отложений (СПК L3-L4) наблюдаются в оконтуренной разломами Усть-Ленской рифтовой зоне, а также и в приленской части Южно-Лаптевской зоны прогибов. Это может свидетельствовать о том, что разломно-блоковые дислокации значительной амплитуды, затронувшие, начиная со второй половины среднего миоцена, практически весь шельф моря Лаптевых, в пределах Западно-Лаптевской рифтовой системы наиболее контрастно проявились в районе современной дельты Лены и прилегающей к ней северо-западной части шельфа. В миоцене и на континенте также активизировались поднятия, сопровождавшиеся интенсивным размывом приподнятых участков (по материалам ОАО «МАГЭ», 2011 г.).

Со второй половины среднего миоцена на шельфе формируется преимущественно покровный комплекс, в котором постепенно затухают тектонические нарушения. Этот средне-позднемиоценовый комплекс практически полностью компенсирует грабены последней генерации. Конец миоцена знаменует этап глобальной (мессинской) регрессии Мирового океана. Он выражен на шельфе резким несогласием (отражающий горизонт «L5»), последовательно срезающим с запада на восток все комплексы отложений, вплоть до выступов складчатого основания (см. рис. 2). На основании этого предполагается, что средне-верхнемиоценовые отложения распространены, главным образом, в Западно-Лаптевской рифтовой системе и отсутствуют в пределах Восточно-Лаптевской зоны поднятий, юго-восточной части Омолойской зоны прогибов и на поднятиях, расположенных в дельте Лены.

Таким образом, установленные закономерности в ориентировке и кинематике

основных разрывных нарушений доказывают, что структуры западной части Лаптевоморского бассейна заложены в середине позднего мела и наиболее интенсивно развивались в кайнозойское время. При этом, грабены раннего заложения, наследующие межгорные прогибы поздних киммерид, в Южно-Лаптевской зоне в большей мере компенсированы верхнемеловыми-палеоценовыми отложениями. Наиболее активно в кайнозойское время развивалась Усть-Ленская рифтовая зона, где наблюдается максимальная мощность кайнозойских отложений и сложная конфигурация грабенов и горстов. Барьером, который отделяет Усть-Ленскую рифтовую зону от Южно-Лаптевской зоны прогибов, служит Трофимовская зона поднятий. Наложение правосдвиговых дислокаций по разломам северо-восточного направления на структурные парагенезисы северо-западных простираний привело к смещению структур и их трансформированию в сбросо-сдвиговые (в грабенах) и взбросо-сдвиговые (в горстах) структуры.

Комплексная интерпретация геофизических данных позволила уточнить строение основных тектонических элементов западной части Лаптевоморской плиты и прилегающих участков суши, а также кинематику структурообразующих процессов. Вместе с тем, на сегодняшний день, при отсутствии скважин глубокого бурения, остаются дискуссионными любая обоснованная авторами модель стратиграфической привязки отражающих горизонтов и природа комплексов осадочного чехла.

Работа выполнена по результатам составления листов Государственной геологической карты РФ (лист S-50-52).

Литература

Аветисов Г.П. Гипоцентрия и фокальные механизмы землетрясений дельты р. Лены и ее обрамления // Вулканология и сейсмология. - 1991. - № 6. - С. 59-69.

Андиева Т.А. Тектоническая позиция и основные структуры моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2008. - Т.3. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/4/8_2008.pdf

Геология и полезные ископаемые России. Т.5. Кн.1. Арктические моря. - СПб.: изд-во ВСЕГЕИ. - 2004. - 468 с.

Грачев А.Ф., Деменицкая Р.М., Карасик А.М. Проблема связи Момского континентального рифта со структурой срединно-океанического хребта Гаккеля // Геофизические методы разведки в Арктике. - 1971. - Вып. 6. - С. 48-50.

Дараган-Суцова Л.А., Петров О.В., Дараган-Суцов Ю.И., Рукавишникова Д.Д. Новый взгляд на геологическое строение осадочного чехла моря Лаптевых // Региональная геология и металлогения. - 2010. - №41. - С. 5-17.

Драчев С.С. Тектоника рифтовой системы дна моря Лаптевых // Геотектоника. – 2000. - №6. - С. 43-58.

Драчев С.С. О тектонике фундамента шельфа моря Лаптевых // Геотектоника. - 2002. - №6. - С. 60-76.

Иванова Н.М., Секретов С.Б., Шкарубо С.И. Данные о геологическом строении шельфа моря Лаптевых по материалам сейсмических исследований // Океанология. – 1989. - Т. XXIX. - Вып. 5. - С. 789-793.

Имаева Л.П., Имаев В.С., Козьмин Б.М. Новейшие структуры и современная геодинамика Арктического сектора Верхоянской складчатой системы // Геология полярных областей земли. - М. - 2009. - Т.1. - С. 233-236.

Козьмин Б.М. Сейсмические поля Якутии и механизмы очагов землетрясений. - М. – Наука. - 1984. - 126 с.

Красный Л.И. Новые структурные элементы в тектонике территории России и дна обрамляющих морей // Региональная геология и металлогения. – 2009. - №39. - С. 5-13.

Объяснительная записка к Тектонической карте морей Карского и Лаптевых и севера Сибири. Масштаб 1:2 500 000 / *Богданов Н.А., Хаин В.Е., Розен О.М., Шпилов Э.В., Верниковский В.А., Драчев С.С., Костюченко С.Л., Кузмичев А.Б., Секретов С.Б.* - М.: Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН. - 1998. - С. 87-94.

Поселов В.А., Буценко В.В., Павленкин А.Д. Альтернатива спрединговой природе Евразийского бассейна по сейсмическим данным (на примере геотрансекта хребет Гаккеля – хребет Ломоносова) // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. - СПб.: ВНИИОкеангеология. - 1998. - Вып. 2. - С. 177-183.

Шкарубо С.И., Заварзина Г.А. Стратиграфия и характеристика сейсмических комплексов осадочного чехла западной части шельфа моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. -Т.6. - №2. - http://www.ngtp.ru/rub/2/14_2011.pdf

Шпилов Э.В. К тектоно-геодинамической эволюции континентальных окраин Арктики в эпохи молодого океанообразования // Геотектоника. - 2004. - №5. - С. 26-52.

Hinz K., Delisle G., Cramer B., Franke D., Fieguth U., Linderman F., Neben S., Tochtman H. & Zeibig M. Cruise report: marine seismic measurements and geoscientific studies on the slope and shelf of the Laptev Sea & East Siberian Sea / Arctic with M.V. “Akademik Lazarev”, I.V. “Kapitan Dranitsin”, Preliminary scientific results. – BDR-Report, №116.693, 1997.

Zavarzina G.A.¹, Shkarubo S.I.²

JSC «Marine Arctic Geological Expedition» (MAGE), Murmansk, Russia, ¹sergeysh@mage.ru,
²zavarzinag@mage.ru

TECTONICS OF THE WESTERN PART OF THE LAPTEV SEA SHELF

Main structural elements and disjunctive dislocation systems are revealed and traced from the results of integrated geophysical investigations (gravimetry, magnetometry and 2D seismic surveys) conducted in 2005 to 2010 within the Laptev Sea shelf. The breaks of the north-west strike identify the formation of the Laptev Sea Plate and its main structures: the Lena-Taimyr area of border uplifts, West-Laptev rift system and Novosibirsk system of grabens and horsts. The slips of the north-east strike dominate as transversal breaks of Cenozoic activation. Identification of the main disjunctive dislocation systems is the base for tectonic zonation and understanding of region evolution.

Key words: rifting, tectonic block, thrust, fault, slip, strike-slip, Laptev Sea Plate.

References

Andieva T.A. *Tektonicheskaya pozitsiya i osnovnye struktury morya Laptevykh* [Tectonic position and major structures of the Laptev Sea]. *Neftgazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2008, vol. 3, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/8_2008.pdf

Avetisov G.P. *Gipotsentriya i fokal'nye mekhanizmy zemletryaseniy del'ty r. Leny i ee obramleniya* [Hypocenter and focal mechanisms of earthquakes of Lena River delta and its frame]. *Vulkanologiya i seysmologiya*, 1991, no. 6, pp. 59-69.

Daragan-Sushchova L.A., Petrov O.V., Daragan-Sushchov Yu.I., Rukavishnikova D.D. *Novyy vzglyad na geologicheskoe stroenie osadochnogo chekhla morya Laptevykh* [A new insight into the geological structure of the sedimentary cover of the Laptev Sea]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2010, no. 41, pp. 5-17.

Drachev S.S. *O tektonike fundamenta shel'fa morya Laptevykh* [On the tectonics of the foundation of the Laptev Sea shelf]. *Geotektonika*, 2002, no. 6, pp. 60-76.

Drachev S.S. *Tektonika riftovoy sistemy dna morya Laptevykh* [Tectonics of rift system of the Laptev Sea bottom]. *Geotektonika*, 2000, no. 6, pp. 43-58.

Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii [Geology and Mineral Resources of Russia]. Vol. 5, book 1. *Arkticheskie moray* [Arctic Seas]. Saint Petersburg: VSEGEI, 2004, 468 p.

Grachev A.F., Demenitskaya R.M., Karasik A.M. *Problema svyazi Morskogo kontinental'nogo rifta so strukturoy sredinno-okeanicheskogo khrebt Gakkelya* [Issues of connection between Moma continental rift and the structure of the mid-ocean Gakkel Ridge]. *Geofizicheskie metody razvedki v Arktike*, 1971, vol. 6, pp. 48-50.

Hinz K., Delisle G., Cramer B., Franke D., Fieguth U., Linderman F., Neben S., Toctman H. & Zeibig M. Cruise report: marine seismic measurements and geoscientific studies on the slope and shelf of the Laptev Sea & East Siberian Sea / Arctic with M.V. "Akademik Lazarev", I.V. "Kapitan Dranitsin", Preliminary scientific results. BDR-Report, №116.693, 1997.

Imaeva L.P., Imaev V.S., Koz'min B.M. *Noveyshie struktury i sovremennaya geodinamika Arkticheskogo sektora Verkhoyanskoy skladchatoy sistemy* [The latest structures and recent geodynamics of the Arctic sector of the Verkhoyansk fold system]. *Geologiya polyarnykh oblastey zemli*. Moscow, 2009, vol. 1, pp. 233-236.

Ivanova N.M., Sekretov S.B., Shkarubo S.I. *Dannye o geologicheskom stroenii shel'fa morya Laptevykh po materialam seysmicheskikh issledovaniy* [Data on the geological structure of the Laptev Sea shelf based on seismic studies]. *Okeanologiya*, 1989, vol. XXIX, issue 5, pp. 789-793.

Koz'min B.M. *Seysmicheskie polya Yakutii i mekhanizmy ochagov zemletryaseniy* [Seismic field in Yakutia, and earthquake focal mechanisms]. Moscow: Nauka, 1984, 126 p.

Krasnyy L.I. *Novye strukturnye elementy v tektonike territorii Rossii i dna obramlyayushchikh morey* [New structural elements in the tectonics of the territory of Russia and the bottom of the framing seas]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2009, no. 39, pp. 5-13.

Ob'yasnitel'naya zapiska k Tektonicheskoy karte morey Karskogo i Laptevykh i severa Sibiri. Masshtab 1:2 500 000 [Explanatory Note to Tectonic Map of the Kara and Laptev Seas and Northern Siberia. Scale 1:2 500 000]. Bogdanov N.A., Khain V.E., Rozen O.M., Shipilov E.V., Vernikovskiy V.A., Drachev S.S., Kostyuchenko S.L., Kuzmichev A.B., Sekretov S.B. Moscow: Institut litosfery okrainnykh i vnutrennikh morey RAN, 1998, pp. 87-94.

Poselov V.A., Butsenko V.V., Pavlenkin A.D. *Al'ternativa spreadingovoy prirode Evraziyskogo basseyna po seysmicheskim dannym (na primere geotransekta khrebet Gakkelya – khrebet Lomonosova)* [An alternative to spreading nature of the Eurasian Basin based on seismic data (by example of the Gakkel Ridge - Lomonosov Ridge)]. *Geologo-geofizicheskie kharakteristiki litosfery Arkticheskogo regiona*. Saint Petersburg: VNIIOkeangeologiya, 1998, vol. 2, pp. 177-183.

Shipilov E.V. *K tektono-geodinamicheskoy evolyutsii kontinental'nykh okrain Arktiki v epokhi molodogo okeanoobrazovaniya* [On the tectonic-geodynamic evolution of continental margins of the Arctic in the period of young ocean formation]. *Geotektonika*, 2004, no. 5, pp. 26-52.

Shkarubo S.I., Zavarzina G.A. *Stratigrafiya i kharakteristika seysmicheskikh kompleksov osadochnogo chekhla zapadnoy chasti shelfa morya Laptevykh* [Stratigraphy and characteristics of the sedimentary cover sequences of the western Laptev Sea shelf]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2011, vol. 6, no. 2, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/14_2011.pdf