УДК 550.8.053

ПЛОТНОСТНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЛИТОСФЕРЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Впервые построена объёмная разломно-блоковая плотностная модель верхней части литосферы северо-западной окраины Западно-Сибирской платформы. На основе 3D плотностной модели и геолого-геофизических данных составлена схема тектонического районирования консолидированной коры и верхней мантии, отображающая современное сложное состояние геосреды.

3D плотностная модель, верхняя часть литосферы, глубинное строение, схема тектоники.

INHOMOGENEUMS DENSITY OF UPPER PART LITHOSPHERE OF NORTH WEST REGION OF THE WEST SIBERIAN PLATFORM

Druzhinin V.S., Nachapkin N.I., Osipov V.Yu. – Institute of Geophysics UB of the RAS, Yekaterinburg

Abstract. For first time, volume density model of upper part lithosphere of northwestern region of the West Siberian Platform was constructed. Based on the 3D density model and geological and geophysical data, a tectonic zoning scheme for consolidated Earth`s crust and upper mantle is compiled, reflecting the modern complex state of the geo-environment.

3D density model, upper part of lithosphere, deep structure, tectonics scheme.

Введение

Существующие тектонические карты и схемы северо-западной окраины Западно-Сибирской плиты (66–70º с. ш., 64–74º в. д.) построены с учетом использования результатов интерпретации различного набора геолого-геофизических данных.

Представители первого направления за основу обычно принимают результаты качественной интерпретации потенциальных геофизических полей и их анализ в соответствии с господствующей плиттектоникой. Примером таких построений может служить тектоническая карта России 2007 года, составленная под редакцией Е.Е. Милановского (Тектоническая карта … , 2007). На ней фундаментом отложений Mz-Kz является комплекс молодой Западно-Сибирской плиты (ЗСП), ограниченный в северной части (до широты 72º с. ш.) Новоземельской микроплитой с позднедокембрийским фундаментом; в южной части (68–64º с. ш.) – комплексами Уральской складчатой системы (герциниды). Восточное положение уралид (Приуральская область ЗСП) южнее 68º на карте не показано. Система рифтов с кайнотипным вулканизмом захватывает большую часть п-ова Ямал с некоторыми её изменениями восточнее Обской губы. В районе 66–69º в. д. и 71–72º с. ш. отмечены отрицательные структуры подобные рифтовой зоне, имеющие ограниченное развитие и представленные сбросами и сдвигами различных направлений.

Второе направление построения тектонических карт связано с использованием конкретной геологической и сейсмической информации по ОГТ. При этом надо иметь ввиду, что основной показатель, принимаемый при определении поверхности фундамента кристаллической коры, – подошва расслоенной части временного разреза ОГТ, допускает противоречивые оценки глубин, поскольку во многом он зависит от технологии сейсмических работ, допускающей некоторый произвол при построении геологической модели. Также следует отметить, что возможности этого метода для изучения более глубоких горизонтов земной коры, включая поверхность Мохоровичича (*M*), ограничены по сравнению с ГСЗ. Сведения о поверхности *M* в Центральной структуре Урала по данным ОГТ вообще отсутствуют. Основные причины такой неоднозначной информации по методу ОГТ связаны с объёмной картиной распределения сейсмоплотностных неод-

нородностей и сложным тектоническим строением исследуемой территории.

Наиболее полно второй подход представлен в работах (Бочкарев и др., 2010; Бочкарев, Чувашов, 2014). Он сводится к следующим моментам:

Полуостров Ямал и соседние с ним структуры южнее Карского моря представлены древними докембрийскими породами, перекрытыми складчатыми отложениями палеозоя различного состава и возраста. Приуральская часть ЗСП приходится на область развития уралид, которые прослеживаются значительно севернее рассматриваемой территории до субширотного коридора на уровне северо-восточной окраины Новой Земли (75–76º с. ш.). Рифтовые зоны и сопровождающий их кайнотипный вулканизм имеют ограниченное развитие, что подтверждается результатами бурения, в частности, для п-ова Ямал отмечена только одна локальная зона кайнотипного вулканизма. Региональная система рифтов, обусловленная, по мнению сторонников плиттектоники, растяжением Западно-Сибирского океана, отсутствует (так же как и сам океан). Сделан общий вывод о том, что использование только потенциальных полей и представлений о тектонике не даёт нужной информации о строении консолидированного фундамента.

Таким образом, имеются противоречивые мнения исследователей по основным вопросам тектоники и геодинамики консолидированного фундамента. Общим недостатком рассматриваемых подходов, на наш взгляд, является не учёт специфики глубинного строения земной коры. Это обусловлено, во-первых, практически отсутствием соответствующей информации по исследуемой территории, во-вторых, игнорированием имеющихся данных о квазислоистой разломно-блоковой плотностной модели верхней части литосферы северо-западной окраины Западно-Сибирской плиты, что подчёркивает необходимость и актуальность выполненных исследований. Следует добавить, что для Уральского региона значение 3D плотностных моделей для тектонического районирования консолидированного фундамента и решения геодинамических проблем показано в работах (Дружинин и др., 2014а; 2015) и работе (Дружинин и др., 2017б).

Содержание работы

Цель настоящей работы – создание 3D слоисто-блоковой плотностной модели верхней части литосферы (ВЧЛ) северо-западной окраины Западно-Сибирской плиты (66–70º с. ш., 64–74º в. д.) и на ее основе схемы тектонического районирования кристаллической коры по комплексу геолого-геофизических данных, в первую очередь сейсмических и гравитационного поля. Для этого были проанализированы вновь полученные данные по Полярно-Уральскому трансекту, новые данные о строении допалеозойского комплекса при бурении Янги-Юганской глубокой параметрической скважины (забой на глубине 4050 м) (Горбачев и др., 2013) в увязке с имеющейся информации по ГСЗ (геотраверс АГАТ-1, отработанный Центром региональных геофизических исследований «Геон», сводный разрез по Салехардскому профилю).

В соответствии с задачей исследований основное внимание в работе уделено составлению объемной плотностной модели консолидированной коры, к которой отнесены комплексы, расположенные между поверхностью отражающего горизонта *А* и подошвой земной коры. Схема рельефа поверхности *М* составлена на основе ограниченной информации по данным ГСЗ с использованием качественной зависимости, установленной для типовых подразделений геологической среды Уральского региона: стабильные древние массивы, пограничные разновозрастные зоны, отрицательные структуры (авлакогены, грабены впадины). Составленная таким образом схема рельефа поверхности *М* представлена на рис. 1 (цветная вкладка).

Погрешность определения границы М по сейсмическим данным составляет в среднем 1–2 км. Рассмотрим, как погрешность в определении мощности блоков кристаллической коры сказывается при построении объемной плотностной моде-

ли? Возьмем блок коры со средними параметрами: плотность σ = 2,84 г/см^3, глубина кровли $H_к$ = 2750 м, глубина подошвы $H_п$ = = 42000 м, мощность = 39250 м, площадь горизонтального сечения бока S = 2624 км^2, что соответствует средним размерам блока L = 51×51км. При постоянной мощности гравитационный эффект, создаваемый блоком при плотности вмещающей среды σ = 3,02 г/см^3, равен Δg = -0,056 мГал при σ = 2,82 г/см^3 и Δg = -0,046 мГал при σ = 2,86 г/см^3. Чтобы получить соответствующий гравитационный эффект при постоянной плотности σ = 2,84 г/см^3 необходимо в первом случае глубину подошвы $H_п$ увеличить до 44 км, втором случае – уменьшить до 40 км. Следовательно, изменение плотности блока на 0,04 г/см^3 соответствует изменению глубины подошвы блока на 4 км. Таким образом, характер зависимости аномалий поля силы тяжести зависит в большей степени от плотности блока, значение которой подбирается в процессе гравитационного моделирования, чем от его мощности.

В монографии (Дружинин и др., 2014а) в результате выполненного качественного анализа была составлена схема тектонического районирования, на которой показано продолжение основных глубинных структур Приуральской области, установленных на более южных широтах, в приполярную и заполярную части ЗСП. Это продолжение оказалось весьма сложным, что подтверждают имеющиеся геологические данные и карта рельефа отражающего горизонта *А*. Но эта сложность порождает и принципиально разные толкования о строении структур и их тектонической принадлежности, следствием чего являются разные оценки нефтегазоперспективности относительно новых площадей (западная часть Карского моря) и нижерасположенных отложений.

3D плотностная модель

Для построения плотностной модели использовался метод гравитационного моделирования, основой которого является расчет гравитационного эффекта от верхней части литосферы северо-западной окраины ЗСП. Разломно-блоковые модели являются наиболее адекватными геологической среде. Согласно этой модели сейсмогеологические этажи (СГЭ) верхней части литосферы состоят из блоков горных пород различных размеров, подчиняющихся иерархической последовательности. Модель изучаемого района состоит из нескольких СГЭ, каждый из которых аппроксимируется набором вертикальных усеченных призм однородной плотности. В горизонтальном сечении призма имеет многоугольник произвольной формы. Плотностная модель строится до глубины 80 км, что согласуется с имеющимися сейсмическими и сейсмогеологическими данными. Предполагается, что ниже этого уровня верхняя мантия однородна в пределах одного региона. Расчет гравитационного поля модели осуществляется относительно единой плотности, равной средневзвешенному значению плотности всех блоков стартовой модели. Гравитационный эффект вычисляется раздельно от каждого СГЭ с последующим анализом его влияния на суммарное поле.

Деление на блоки сейсмогеологических этажей стартовой модели проводилось с учётом зависимости плотности пород мезозойско-кайнозойского осадочного чехла отложений от их мощности, определяемой по рельефу отражающего горизонта *А* (рис. 2, цветная вкладка), и намеченной типизации геологических структур по основным параметрам (мощность (рис. 3, цветная вкладка) и плотность кристаллической коры) и их проявлению в региональных геофизических полях. Правомочность такого подхода была продемонстрирована составлением прогнозной модели земной коры по геотраверсу Уралсейс (Южный Урал) (Дружинин и др., 2014а) и аналогичной по северо-западной части Приуральской области (район Полярного трансекта) (Дружинин и др., 2014б), которые подтвердились в основных чертах.

Стартовая плотностная модель Ново-Портовской площади состоит из 4-х сейсмогеологических этажей:

– 0–дно Обской и Байдарацкой губы в

Таблица 1. Осадки (0–*A*)

Блоки слоя осадков	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение
Плотность (г/см^3)	1,75	2,85	2,27
Глубина кровли (м)	0	200	17
Глубина подошвы (м)	500	11000	4600
Мощность (м)	400	10900	4600

Примечание: среднее значение площади блоков слоя осадков 1735 км^2. Среднее значение размеров блока слоя осадков 41×41 км.

Таблица 2. Кристаллическая кора (*A–M*)

Блоки слоя кристаллической коры	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение
Плотность (г/см^3)	2,75	2,96	2,84
Глубина кровли (м)	500	11000	2600
Глубина подошвы (м)	38000	54000	45000
Мощность (м)	29000	53000	43000

Примечание: среднее значение площади блоков слоя кристаллической коры 2370 км^2. Среднее значение размеров блока слоя кристаллической коры 48×48 км.

Таблица 3. Верхняя мантия (*M*–80)

Блоки слоя верхней мантии	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение
Плотность (г/см^3)	3,28	3,41	3,34
Глубина кровли (м)	38000	54000	45000
Глубина подошвы (м)	80000	80000	80000
Мощность (м)	26000	42000	35000

Примечание: среднее значение площади блоков слоя верхней мантии 6300 км^2. Среднее значение размеров блока слоя верхней мантии 79×79 км.

пределах исследуемой территории. Количество блоков – 127. Плотность водных масс принята 1 г/см^3;

– осадки (0–*A*). Количество блоков – 323. Плотности блоков сняты с карты мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы М 1:500000 (ОАО «СибНац», 2011);

– кристаллическая кора (*A–M*). Количество блоков – 227;

– верхняя мантия (*M*–80). Количество блоков – 87. В связи с крайне ограниченными сейсмическими данными на начальном этапе моделирования всем блокам верхней мантии задавалось значение 3,33 г/см^3. Блоковое строение сейсмологических этажей 3D плотностной модели представлено на рис. 4.

Гравитационное моделирование выполнено относительно единой плотности 3,02 г/см^3 для площади 66–70º с. ш. и 64–74º в.д. по сетке 10×10 км. Карта гравитационного поля в редукции Буге М 1:1000000 представлена на рис. 5 (цветная вкладка). Для исключения краевых эффектов при моделировании территория исследований была расширена до границ: 62–72º с. ш. и 62–76º в. д. В процессе моделирования подбирались плотности блоков кристаллической коры и верхней мантии, плотности блоков водных масс и осадков считались известными. Среднеквадратическое отклонение вычисленного и исходного гравитационного поля в точках сетки 10×10 км составило ≈6 мГал. Усредненные параметры блоков 3D плотностной модели Ново-Портовской приведены в табл. 1, 2, 3. Средние значения размеров блоков увеличиваются с глу-

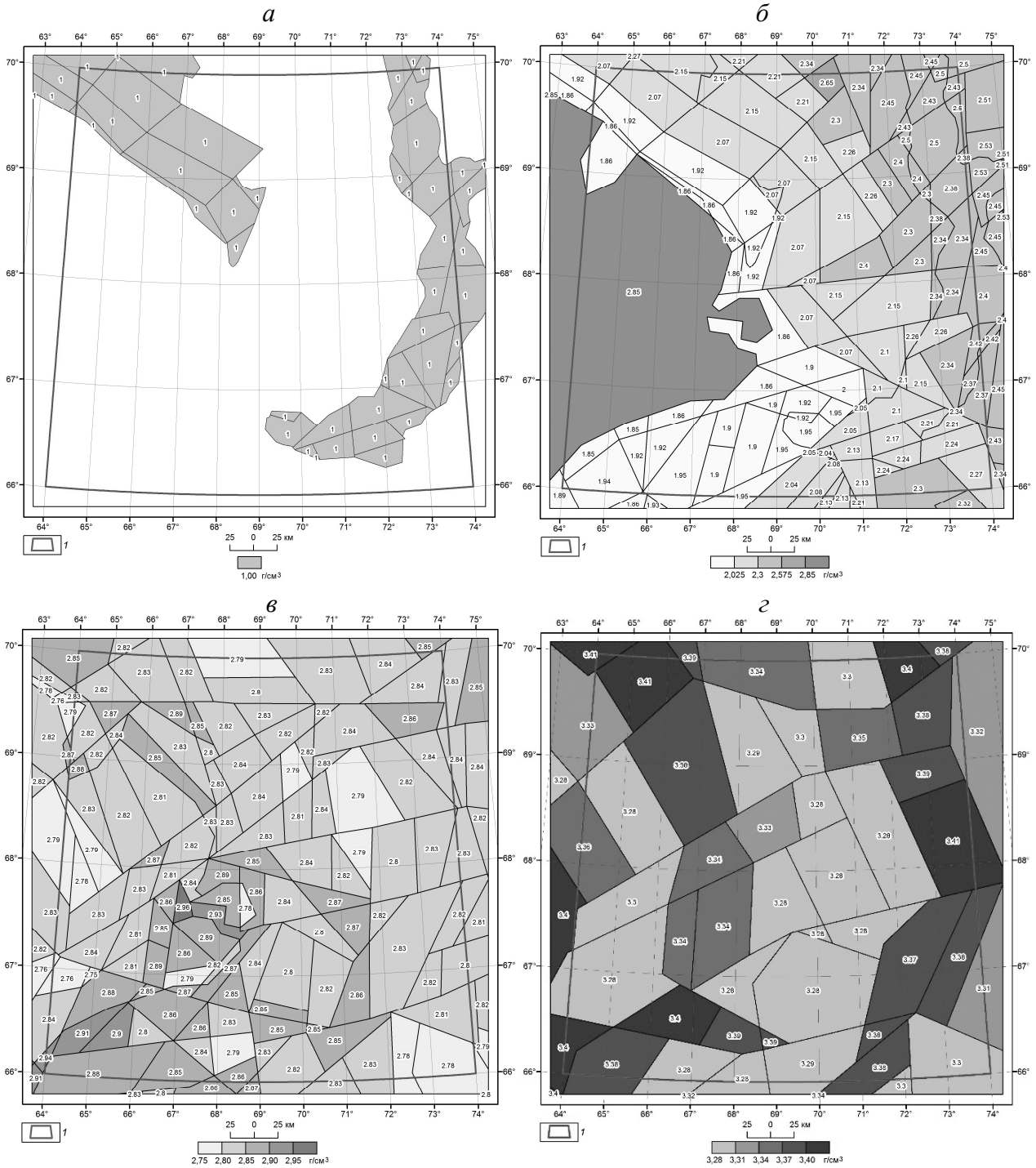

Рис. 4. Схемы блоков плотностной модели Ново-Портовско-Салехардского района:
а – слой 0–дно Байдарацкой и Обской губы; *б* – слой 0–*А*; *в* – слой *А*–*М*; *г* – слой *М*–80.
1 – контур Ново-Портовско-Салехардского района

биной, образуя иерархическую последовательность. Средние значения плотности СГЭ не противоречат стандартным значениям плотности верхней части литосферы, что может свидетельствовать об адекватности геологической среде 3D плотностной модели (рис. 6, цветная вкладка).

Основные результаты

1. Впервые составлена схема тектоники ВЧЛ в составе консолидированной коры (*А*–*М*) и верхов верхней мантии (*М*–80), которые характеризуют сложное тектоническое строение территории. Контуры основных подразделений ВЧЛ образуют

своеобразную Обско-Ямальскую дугу (ОЯД) с отклонением амфитеатра на северо-северо-восток до 250,0 км.

Положение ОЯД и её составляющих, показано на рис. 7 (цветная вкладка). Полоса глубинных аномальных объектов ВЧЛ, расположенных в центральной части дуги включает южную полосу тел с повышенной основностью, сменяющихся севернее объектами с отрицательными значениями относительно среднего значения; разница весьма существенная. Аномальность ВЧЛ ограничена контурами Центрально-Уральской мегазоны (ЦУМЗ), включая часть, которая перекрыта осадочными породами Mz-Kz. Отмеченная зона является северо-северо-восточным продолжением Инта-Воркутинского мегаблока, выделенного при анализе тектонической структуры консолидированной коры (Дружинин и др., 2017а). Полученные в результате данных работ плотностные характеристики ВЧЛ конкретизируют её и позволяют сделать следующее предположение о возможной природе этой аномальности и времени начала преобразований. Южная, вернее юго-юго-восточная часть, соответствующая объектам с повышенной основностью ВЧЛ, имеет древнее заложение, и это определяет последующее развитие рассматриваемой территории. В верхней части земной коры она представлена массивами габбро, габбро-ультраосновного состава. Расположенная севернее зона повышенной основности относится к интрузивным комплексам среднего и кислого состава. Обе аномальные полосы принадлежат Центрально-Уральской мегазоне в составе Центрально-Уральского поднятия и Тагильского прогиба. Это даёт основание считать, что Тагильский прогиб как часть ЦУМЗ существует в пределах ОЯД (Дружинин и др., 2014а; 2014б; 2017а); она перекрыта отложениями Mz-Kz мощностью 0,5–1,5 км. Севернее 69º с. ш. наблюдается «разворот» в противоположном направлении от положения основных структур УСС, включая ЦУМЗ, ЗУМЗ, ВУМЗ. Тагильская глубинная структура при этом соответствует Байдарацкой губе на поверхности. Вследствие выдвинутости ЦУМЗ на восток происходит сокращение размеров ВУМЗ в центральной части ОЯД до 100,0–150,0 км. Смена направлений сопровождается субширотными и западно-северо-западными глубинными дислокациями ВЧЛ, которые имеют место и в южной части территории (см. рис. 7, цветная вкладка). Средняя субширотная дислокация пограничного шва (ПШ) совпадает с Тазовской губой того же направления.

2. Существующие разногласия о восточной границе уралид, или в нашем понимании собственно уралид, обусловлены различием в понимании этой границы. Согласно Бочкарёву В.С. и др. (Бочкарев и др., 2014) уралиды отображают время консолидации фундамента Западно-Сибирской геосинеклизы до девона-карбона включительно. По-нашему мнению, основанному на информации о разломно-блоковой модели ВЧЛ и представлениях о нелинейном характере геодинамических преобразований, временной ограниченностью активных фаз развития геосреды, в частности для собственно уралид (термин предложил В.Н. Пучков (Пучков, 2010), является период О–*S*. Для более раннего периода это, по-видимому, нижний протерозой (Дружинин и др., 2014а). Характеристика восточной пограничной структуры УСС (ПШ) представлена на рис. 7 (цветная вкладка), где показаны её контуры в соответствии с составленной схемой тектонического районирования.

На тектонической карте, составленной под редакцией Е.Е. Милановского (Тектоническая карта … , 2007) пограничному шву соответствует часть рифтовой системы, в интервале широт 69–70º30' с. ш. В соответствии с плотностной моделью к этому интервалу приурочены повышенные значения расчетной плотности для верхов верхней мантии (*M*–80,0) и средние значения для консолидированной коры. Севернее этого интервала зона рифтов отличается пониженными значениями расчетной плотности, нехарактерными для подобного рода структур, и она дискордантна по отношению к тектоническим глубинным

структурам. Аналогичная ситуация наблюдается в юго-восточной части, где зона рифтов имеет резко отличное от ПШ направление. Она соответствует комплексам ВЧЛ с пониженной основностью. Таким образом, сравнение явно не в пользу существования региональной системы относительно молодых рифтов, по крайней мере в северо-западной части ЗСГС.

Из рассмотрения положения основных звеньев гидросети следует, что в интервале широт 71–67º с. ш. ПШ совпадёт с контурами Обской губы. Аналогичная ситуация наблюдается с Центральной пограничной структурой УСС (ЦУМЗ), которой соответствует Байдарацкая губа. Из этого следует, что современное положение аномальных структур ВЧЛ и гидросети совпадают.

Для района исследований характерна пёстрая картина потенциальных полей, обусловленная сложным устройством верхней части литосферы, в частности распределением плотностных неоднородностей и их более неопределённой зависимостью от тектонического фактора. В магнитном поле к ПШ приурочены локальные положительные аномалии, но явной зависимости не прослеживается. Аналогичная картина наблюдается в расположении аномалий гравитационного поля (см. рис. 5, цветная вкладка). Это ставит под сомнение использование при тектоническом районировании только потенциальных полей, что обычно практикуется для фундамента осадочных бассейнов. Одной из причин является аддитивный характер потенциальных полей, не понятно каким образом сглаживающий аномальный эффект от глубинных плотностных неоднородностей.

Таким образом, зона ПШ, выделенная по особенностям глубинного строения как восточная пограничная структура собственно уралид, проявлена в геологической и гидрологической информации по приповерхностной части земной коры. Аналогичная картина отмечается и для более южных широт ПШ (Дружинин и др., 2017б). К нему следует относить и рифт-авлакогенные структуры с меняющейся природой в разных секторах Приуральской области ЗСГС. Нечёткое проявление этого элемента в потенциальных полях устранимо при использовании объёмного плотностного моделирования, что и было реализовано в наших исследованиях. Появление на тектонических картах осадочных бассейнов системы рифтовых зон вне связи с особенностями глубинного строения сомнительно.

Выводы

1. Впервые построена объёмная плотностная модель ВЧЛ северо-западной окраины ЗСП в составе консолидированной коры и верхней мантии до регионального уровня изостатической компенсации 80,0 км (масштаб М:1000000, 64–71º с. ш., 62–74º в. д.).

2. Установлено распределение плотностных неоднородностей в консолидированной коре и верхней мантии, выделены аномальные объекты с повышенной основностью.

3. Составлена схема тектонического районирования консолидированной коры и верхней мантии в рамках разломно-блоковой модели, отображающая современное сложное состояние геосреды.

4. Основными отличительными чертами тектонического устройства геологической среды в рассматриваемом интервале глубин являются следующие особенности. Главная определяющая роль принадлежит древней Инта-Воркутинской структуре (мегаблоку), сложенному преимущественно основными комплексами ВЧЛ. Мегаблок имеет удлинённую форму, ориентирован на северо-восток, его размер в поперечнике достигает 75,0 км. Северо-западнее находится полоса, представленная комплексами пониженной основности. Вправе предположить, что они могут относиться к одной древней системе доуралид, шириной до 150 км.

Положение аномального мегаобъекта ВЧЛ определило отклонение Уральских структур в северо-восточном направлении с образованием своеобразной глубинной дуги с максимальным отклонением до 250,0 км от основного субмеридионального направления, фиксируемого южнее

64º с. ш. Севернее широты 68º наблюдается встречный разворот структур в северо-западном направлении, что соответствует имеющимся геолого-геофизическим данным.

5. Полученная глубинная информация позволила по-иному подойти к решению проблемных вопросов тектоники и геодинамики.

- Для регионального тектонического районирования, включая осадочный слой, целесообразно пользоваться понятием собственно уралид, ограничив их периодом активного развития O–*S*. При таком подходе северное ограничение приходится на субширотную зону в пределах 71º 30'–72º с. ш. Восточной границей является пограничный шов (ПШ), совпадающий в основном с Обской губой.
- Молодые рифтовые системы Западно-Сибирской платформы, которым отдаётся предпочтение сторонниками плиттектоники, не имеет такого масштабного распространения, как это показано на тектонической карте России, составленной под редакцией Е.Е. Милановского.
- Промежуточные комплексы, в том числе и в низах осадочного слоя, возникли в процессе поэтапного развития ВЧЛ и поэтому являются составной частью её тектонической модели.
- Консолидированный фундамент п-ова Ямал соответствует структурам Восточно-Уральской мегазоны древнего возраста, осложнённых отрицательными структурами типа грабенов и депрессий. Центрально-Уральская мегазона в составе Центрально-Уральского поднятия и Тагильского прогиба, выделенная как пограничная структура ВЧЛ между двумя платформами Евразийского континента (Дружинин и др., 2014а), севернее 68º с. ш., совпадает с Байдарацкой губой Карского моря.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта фундаментальных научных исследований УрО РАН 15-18-5-33 (№ 0394-2015-0021).

Литература

Бочкарёв В.С., Брехунцов А.И., Лукомская К.Г. Складчатый фундамент полуострова Ямал // Горные ведомости. 2010. № 8 (75). С. 6–35.

Бочкарёв В.С., Чувашов Б.И. Уралиды и неомобилизм // Горные ведомости. 2014. № 11. С. 6–26; № 12. С.6–17.

Горбачёв В.И., Наркисова В.В., Крупенин В.И., Тарханов Г.В., Попов С.Г., Свешникова К.Ю., Соколова Т.Н., Кузьмин Д.А., Докучаев А.Я. Новые данные о фундаменте Западно-Сибирской плиты (Янги-Юганская параметрическая скважина) // Горные ведомости. 2013. № 9. С. 22–37.

Дружинин В.С., Мартышко П.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. Строение верхней части литосферы и нефтегазоносность недр Уральского региона. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2014а. 226 с.

Дружинин В.С., Ракитов В.А., Осипов В.Ю., Начапкин Н.И., Недядько В.В. Строение земной коры Полярного сектора Уральской складчатой системы по данным ГСЗ // Геология и геофизика. 2014б. Т. 55. № 3. С. 498–505.

Дружинин В.С., Мартышко П.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. Тектоническая модель кристаллической коры Урала и сопредельных территорий // ДАН. 2015. Т. 463. № 2. С. 1–4.

Дружинин В.С., Мартышко П.С., Осипов В.Ю. Новая региональная карта тектоники консолидированного фундамента осадочного бассейна и приповерхностных складчатых структур Уральского региона // ДАН. 2017а. Т. 475. № 1. С. 60–63.

Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. Технология регионального изучения тектоники домезозойского мегакомплекса Приуральской области Западно-Сибирской платформы (на примере Урайской площади) // Уральский геофизический вестник. 2017б. № 1(29). С. 34–42.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: Полиграф сервис, 2010. 280 с.

Тектоническая карта России, сопредельных территорий и акватории / Отв. редактор Е.Е. Милановский, 2007.

К статье: Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – «Плотностные неоднородности верхней части литосферы северо-западной окраины Западно-Сибирской платформы»

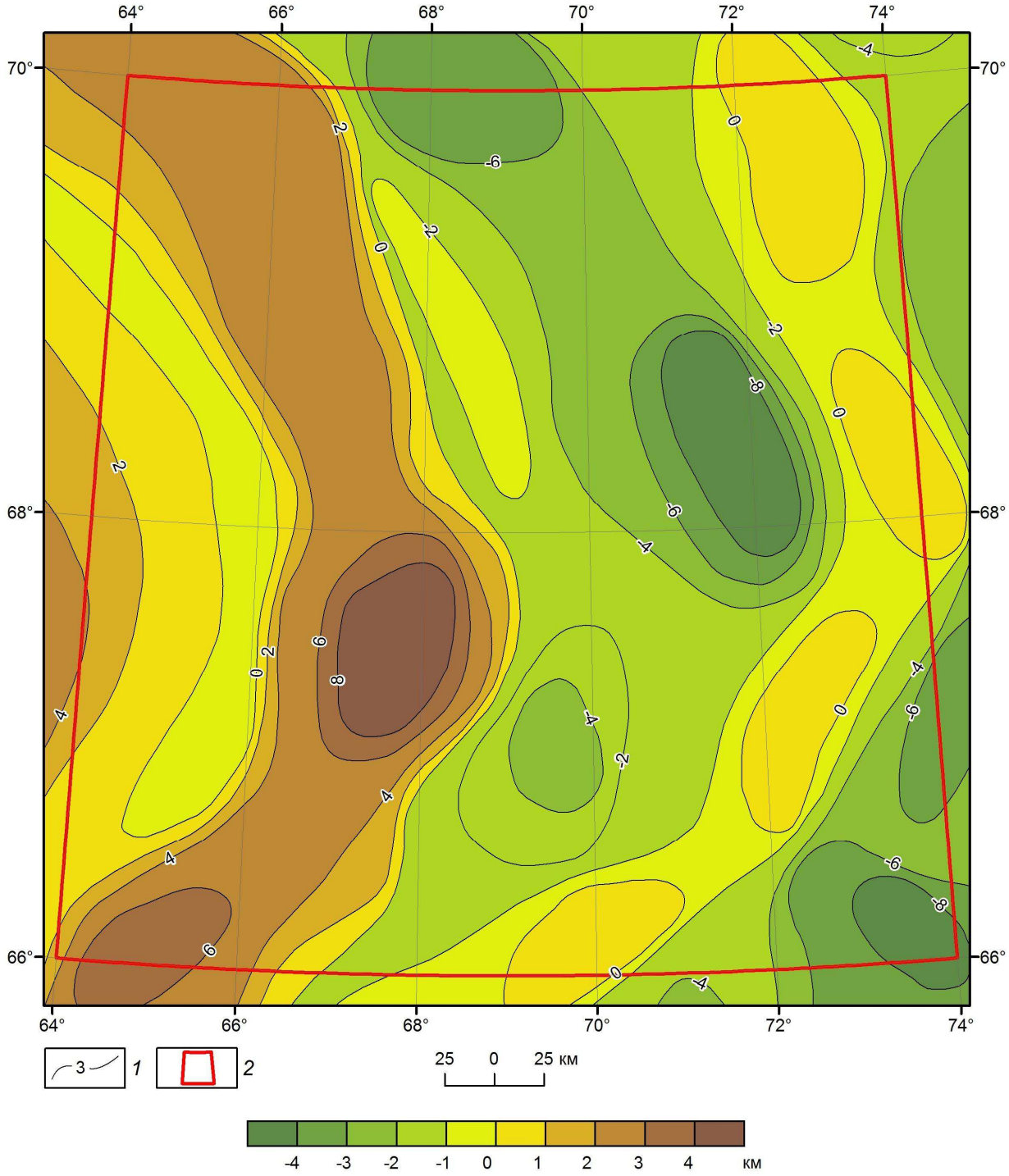

Рис. 1. Схема вариаций рельефа поверхности Мохоровичича Ново-Портовской площади относительно среднего значения (46 км):

1 – изогипсы вариаций рельефа поверхности Мохо относительно среднего значения (46 км);

2 – контур Ново-Портовской площади

К статье: Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – «Плотностные неоднородности верхней части литосферы северо-западной окраины Западно-Сибирской платформы»

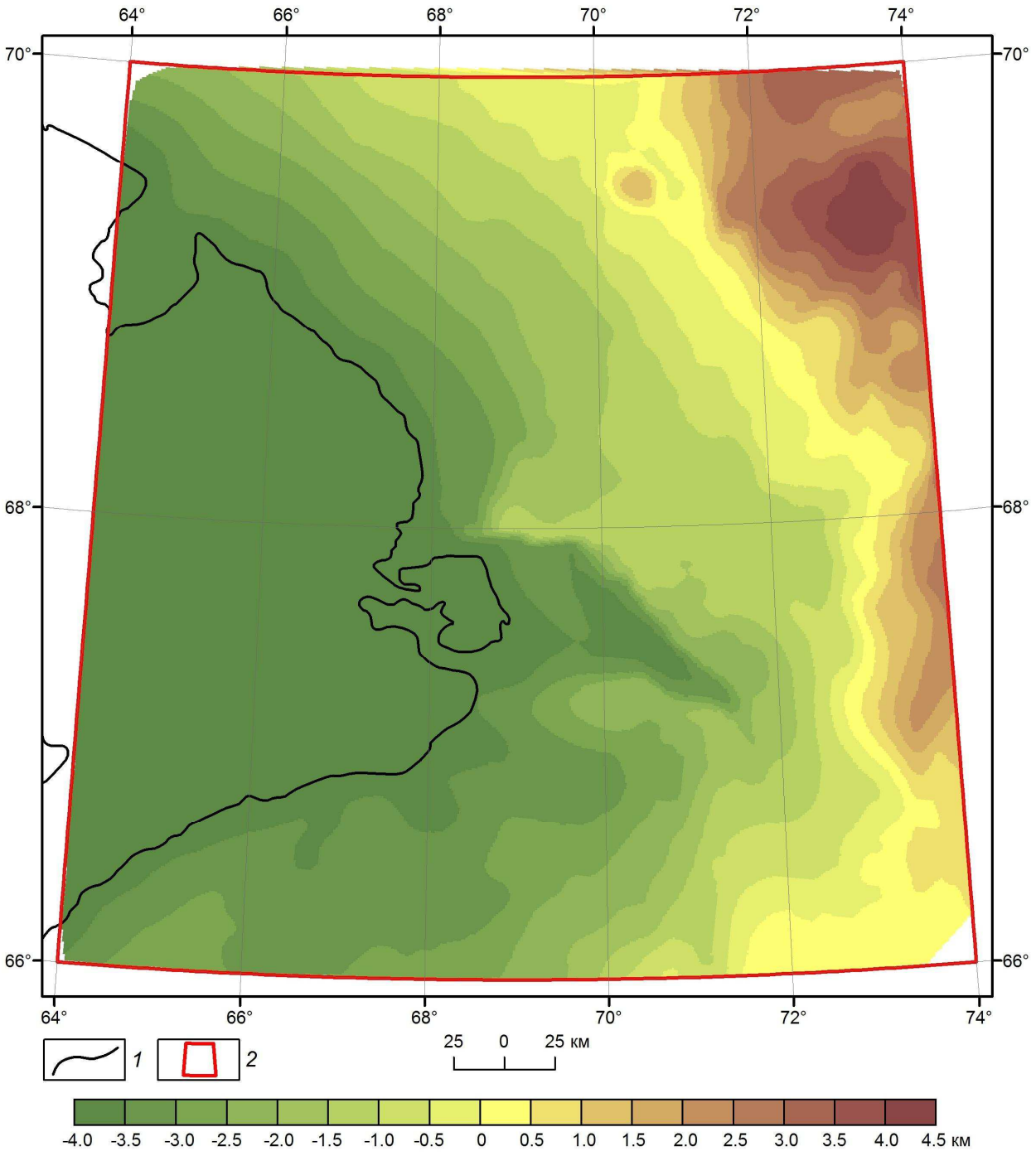

Рис. 2. Схема вариаций мощности MZ–KZ чехла относительно среднего значения (4 км), составленная по материалам предоставленным ОАО «СибНАЦ» о рельефе отражающего горизонта *А*, принятого за поверхность доюрского комплекса:
1 – граница обнаженного Урала; *2* – контур Ново-Портовской площади

К статье: Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – «Плотностные неоднородности верхней части литосферы северо-западной окраины Западно-Сибирской платформы»

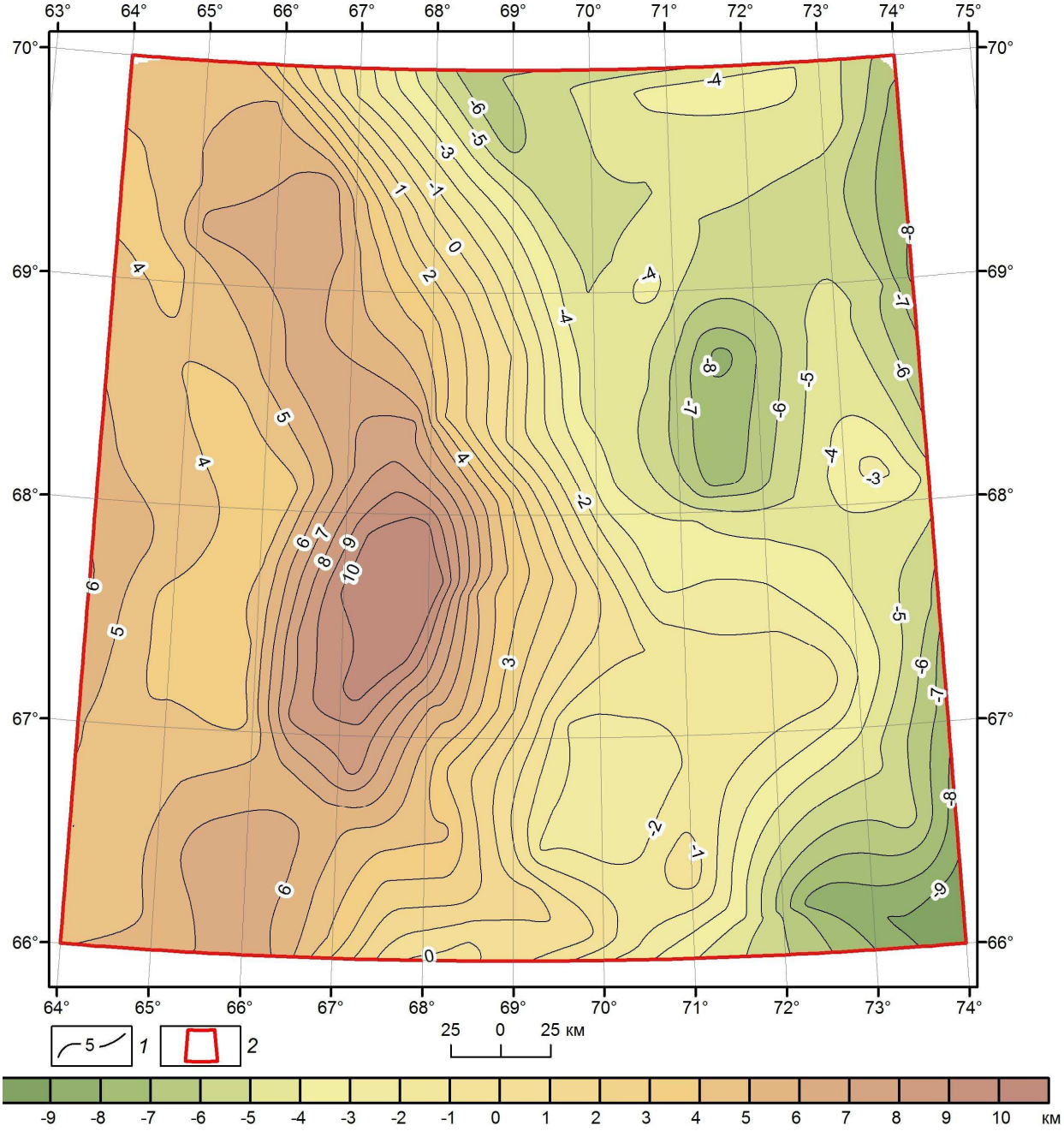

Рис. 3. Схема вариаций мощности консолидированной коры Ново-Портовской площади относительно среднего значения (43 км):

1 – изолинии вариаций мощности консолидированной коры относительно среднего значения (43 км);

2 – контур Ново-Портовской площади

К статье: Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – «Плотностные неоднородности верхней части литосферы северо-западной окраины Западно-Сибирской платформы»

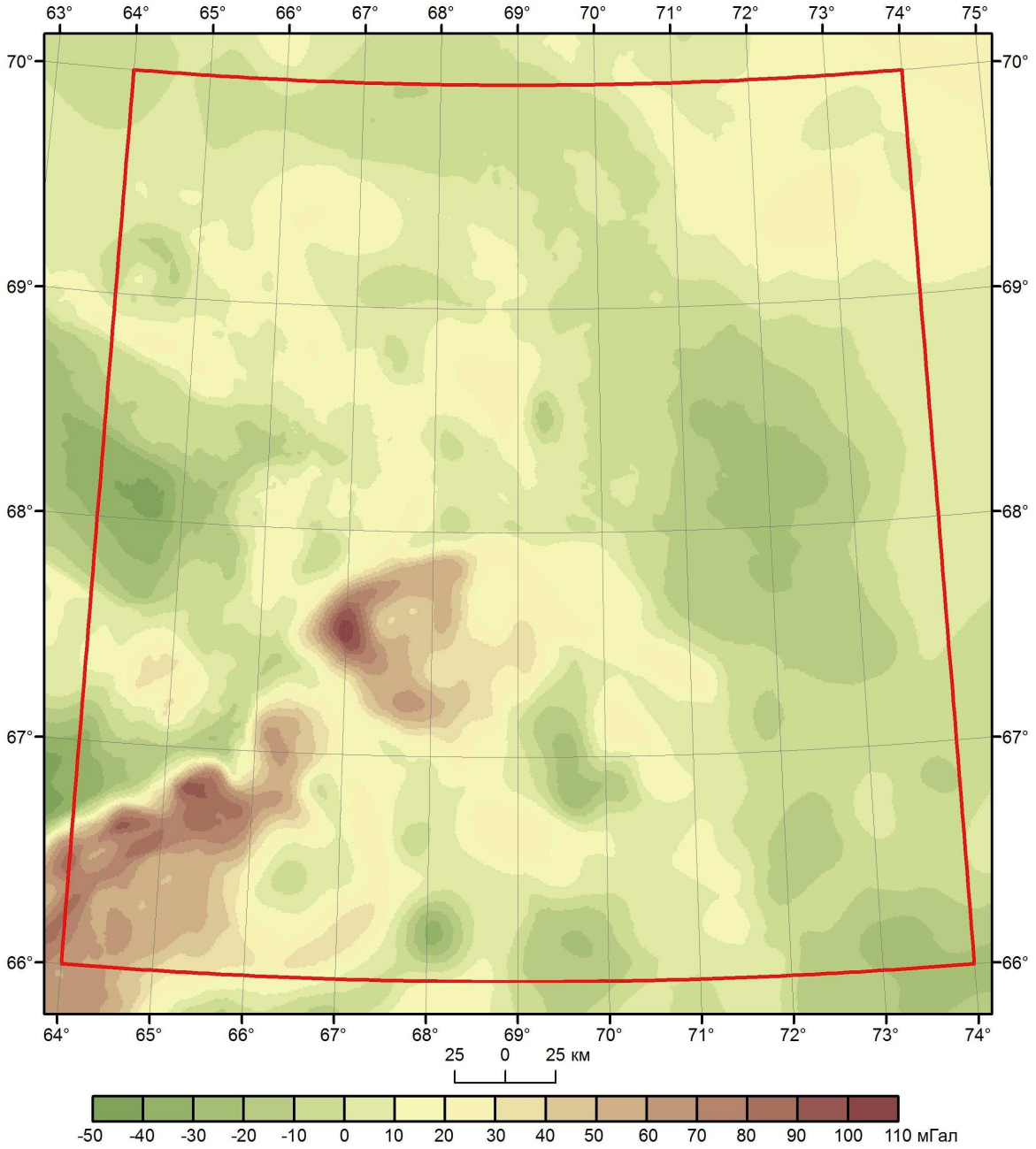

Рис. 5. Карта аномального гравитационного поля Δg

К статье: Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – «Плотностные неоднородности верхней части литосферы северо-западной окраины Западно-Сибирской платформы»

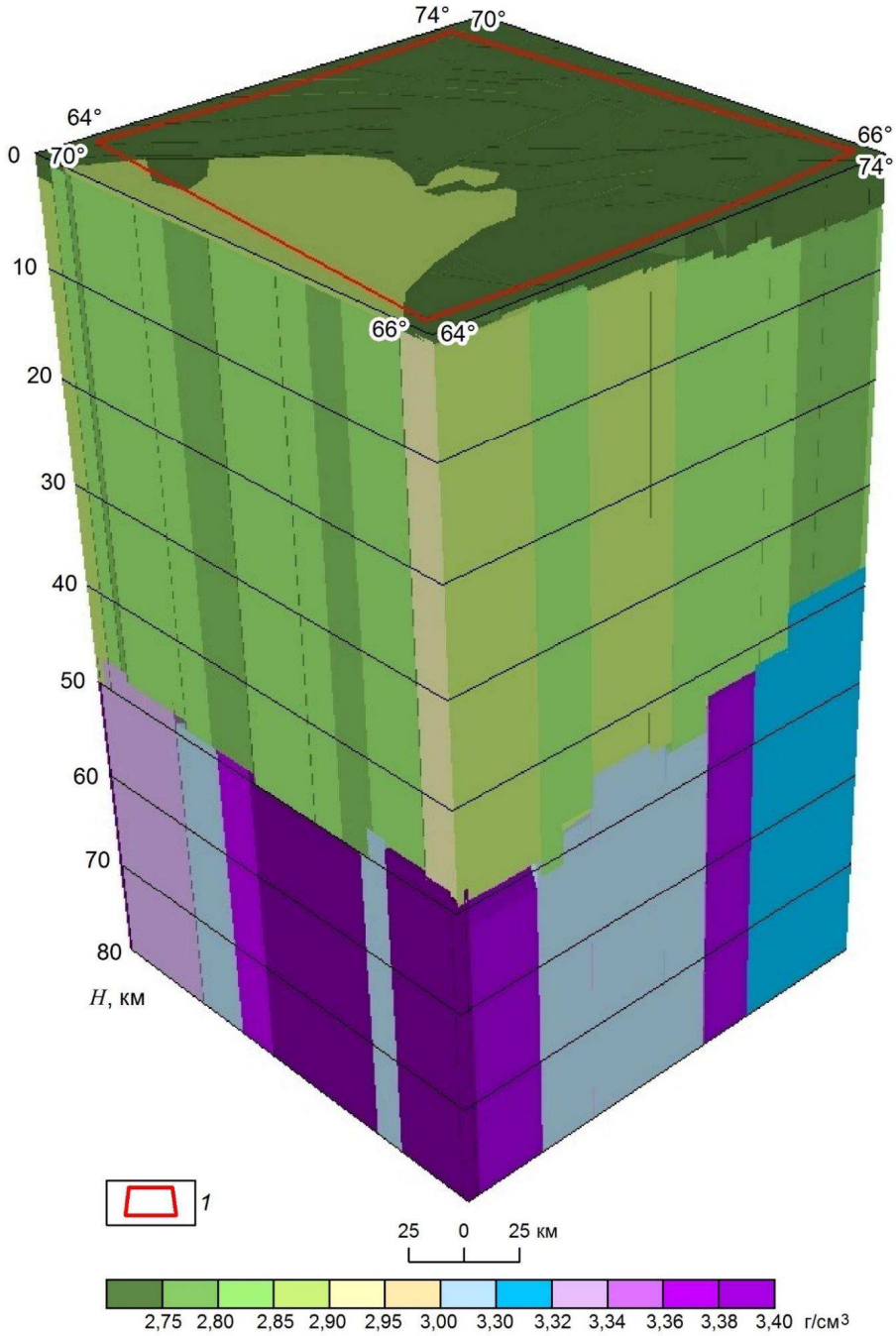

Рис. 6. Плотностная 3D модель верхней части литосферы Ново-Портовской площади (слой 0–80 км):
1 – контур Ново-Портовско-Салехардского района

К статье: Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – «Плотностные неоднородности верхней части литосферы северо-западной окраины Западно-Сибирской платформы»

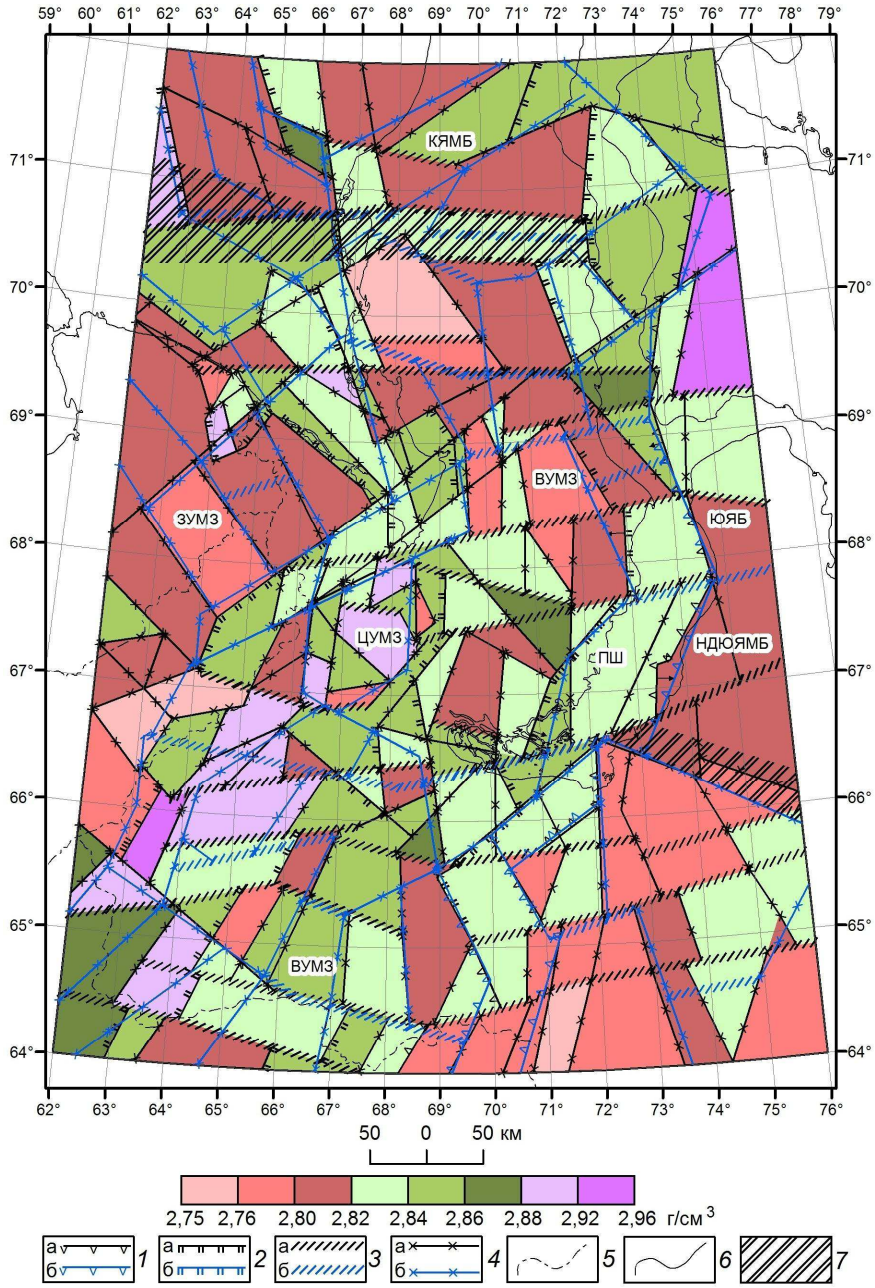

Рис. 7. Схема тектонического районирования консолидированной коры Ново-Портовско-Салехардского района с вынесенными перспективными участками, предлагаемыми для более тщательного анализа с учетом имеющейся конкретной геолого-геофизической информации:

Тектоническое районирование (*1–4*): а – консолидированной коры, б – верхов верхней мантии: *1* – восточная граница Уральской складчатой системы (УСС); стрелка обозначает направление тектонических границ консолидированной коры по отношению к слою *M*–80 км; *2* – контуры основных подразделений консолидированной коры; *3* – глубинные субширотные дислокации верхней части литосферы; *4* – глубинные разломы субмеридиональной и диагональной направленности; *5* – Административные границы субъектов Российской Федерации; *6* – береговая линия; *7* – возможное северное ограничение УСС; **Буквенные обозначения. Тектонические структуры Уральской складчатой системы (УСС):** ЗУМЗ – Западно-Уральская мегазона, ЦУМЗ – Центрально-Уральская мегазона, ВУМЗ – Восточно-Уральская мегазона, ПШ – пограничная структура по восточной границе собственно Уралид; **Западно-Сибирская платформа:** НДЮЯМБ – Надым–Южно-Ямальский мегаблок, НДБ – Надымский блок, ЮЯБ – Южно-Ямальский блок, КЯМБ – Карско-Ямальский мегаблок