УДК 550.834.3(571.1)

ТЕХНОЛОГИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ТЕКТОНИКИ ДОМЕЗОЗОЙСКОГО МЕГАКОМПЛЕКСА ПРИУРАЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (НА ПРИМЕРЕ УРАЙСКОЙ ПЛОЩАДИ)

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

Аннотация. Рассматривается технология построения схемы тектоники домезозойского мегакомплекса (консолидированный фундамент) Урайской площади Приуральской части Западно-Сибирской геосинеклизы на основе 3D плотностной модели верхней части литосферы. Показано, что тектонический фактор и специфика строения земной коры являются необходимым условием для регионального геокартирования и регионально-зонального прогнозирования, особенно при поисках месторождений углеводородов (УВ) в нижерасположенных областях и новых объектов.

Земная кора, верхняя часть литосферы, глубинное строение, схема тектоники, газ, нефть.

TECHNOLOGY OF REGIONAL STUDY OF THE PRE-MEZOZOYSKY MEGACOMPLEX TECTONICS OF WESTERN SIBERIAN PLATFORM PRIURALSKY REGION (ON EXAMPLE OF URAI AREA)

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

Abstract. The technology of construction of the tectonics scheme of pre-Mesozoic megacomplex (consolidated foundation) of the UraIyskie Square of Priuralsky part of the West Siberian geosyneclise, based on the 3D density model of the lithosphere upper part is considered. It is shown that the tectonic factor and the specificity of the crustal structure is a prerequisite for regional geology and of forecasting, especially by search for hydrocarbons in the lower part of pre-Mesozoic megacomplex and new facilities.

Earth's crust, upper part of the lithosphere, deep structure, tectonics scheme, gas, oil.

Введение

3D плотностные модели верхней части литосферы позволяют делать обоснованные выводы о вещественном составе, условиях образования и тектонического развития геоструктур. Для построения таких моделей используется метод гравитационного моделирования (Красовский, 1989; Куприенко и др., 2007). С.С. Красовский разработал технологию построения градиентно-слоистых плотностных моделей земной коры на основе сейсмических данных по профилям ГСЗ. Методической особенностью технологии является расчет гравитационного эффекта от всей среды относительно значения плотности верхней мантии под границей Мохо – 3,40 г/см^3. Параметризация модели выполнялась с учетом корреляционной зависимости плотности пород от скорости продольных волн. В слоях определялось интегральное значение скорости и соответственно – интегральное значение плотности. Градиентно-слоистая модель не позволяет детализировать плотностной разрез по латерали и является довольно грубым приближением к реальному строению геосреды. Она не дает возможности решать геологические задачи определения особенностей строения и вещественного состава структур.

Известно, что иерархическая блоковость верхней части литосферы является одной из основных ее характеристик (Садовский, Писаренко, 1989). Регионально выдержанными поверхностями раздела верхней части литосферы являются древний (архейский) кристаллический фундамент (K_{01}) и основной сейсмогеологический раздел M, что позволило разработать методику глубинного сейсмоплотностного

геокартирования земной коры (Дружинин и др., 2000). Дальнейшее развитие метода гравитационного моделирования заключалось в разработке методики и программного обеспечения построения 3D плотностных, разломно-блоковых моделей верхней части литосферы (там же). На Урале с 1961 г. получен большой объем сейсмической информация по 15 профилям ГСЗ протяженностью свыше 10000 км. На основе сейсмоплотностных разрезов по профилям ГСЗ, методики сейсмогеокартирования и гравитационного моделирования построены геолого-геофизические разломно-блоковые модели верхней части литосферы Урала и сопредельных территорий (Дружинин и др., 2009; 2012; 2014). В статье рассмотрена технология изучения тектоники мезозойских мегакомплексов Западно-Сибирской платформы на основе 3D плотностной разломно-блоковой модели Урайской площади.

Домезозойский мегакомплекс Приуральской области Западно-Сибирской платформы (ЗСП) и проблемы его изучения

В состав домезозойского мегакомплекса *(dMZ*) входят субплатформенные образования – промежуточный комплекс *(ПК),* включающий терригенно-карбонатно-вулканические отложения в возрастном диапазоне от девона до триаса включительно. Они развиты в прогибах консолидированного фундамента и локальных отрицательных структурах в пределах древних поднятий. Нижняя часть мегакомплекса соответствует преимущественно протогеосинклинальным породам консолидированной коры.

В статье по ряду причин, рассмотренных ниже, *dMZ* рассматривается в целом как подразделение земной коры с выделением участков возможного развития *ПК*.

Первое – это отсутствие конкретных геологических данных о строении ПК и неоднозначность сейсмической информации. Согласно устоявшейся практике за кровлю *dMZ* принимается отражающий горизонт *А*. Рельеф его достаточно хорошо изучен, хотя имеются отдельные затруднения в выделении региональных структур и их контуров. На временных сейсмических разрезах ОГТ горизонт *А* соответствует подошве расслоенной пачки хорошо коррелируемых отражений; его положение контролируется имеющимися поисковыми и разведочными скважинами. На уровне этого горизонта происходит изменение типа сейсмической модели: субгоризонтально-расслоенная сменяется сложной разломно-блоковой, для которой характерна дискретная волновая картина и, как правило, отсутствие выдержанных отражений.

Рассматриваемый сейсмический критерий не срабатывает при наличии субплатформенной складчатости *ПК,* который по характеру волновой картины ОГТ может быть отнесен к породам консолидированной коры. Так, при бурении Янги-Юганской параметрической скважины глубже горизонта *А* обнаружены преимущественно осадочные отложения карбона мощностью около 1,0 км, находящиеся в сложной тектонической обстановке (Горбачев и др., 2013). Неоднозначность в привязке горизонта *А*, как правило, наблюдается в прогибах консолидированной коры за счет появления при обработке сейсмических материалов ОГТ стандартным методом ложной расслоенности временного разреза. Наглядным примером являются результаты бурения Тюменской сверхглубокой скважины СГ-6, расположенной в Пуровском прогибе ЗСП. По данным метода ОГТ, выполненном ПГО «Ямалнефтегеофизика» в предбуровой период, мощность осадков *MZ-KZ* была определена в 9,0–9,2 км (Дружинин и др., 2014).

По результатам площадной съемки с использованием преломленных волн, выполненной Баженовской геофизической экспедиции ПГО «Уралгеология», мезокайнозойские осадки были ограничены уровнем в 6,5 км. Согласно прогнозной модели СГ-6, составленной по данным МПВ и интерпретации аномалий магнитного поля, ниже расположены базальты триаса мощностью до 1,5 км, далее сменяющиеся осадочно-вулканогенным мегакомплексом *D-C* мощностью 2,0–3,0 км и значениями скорости ~5,7 км/с (там же). Результаты

бурения подтвердили этот прогноз. К сожалению, бурение по ряду причин было приостановлено в том числе из-за сложности обстановки на глубине 7,8 км. Тем самым остается открытым вопрос о мощности толщи базальтов триаса и строении подстилающих их пород. Подобные ситуации могут иметь место и для других районов и площадей ЗСП, и соответственно существует *проблема определения кровли dMZ.* В меньшей степени это относится к исследуемой Урайской площади, где самая верхняя ее часть достаточно изучена по результатам бурения поисковых и разведочных скважин при сравнительно неглубоком залегании основания *dMZ.*

Второе – ограниченность или отсутствие (как в случае с Урайской площадью) конкретной геологической информации. Ограниченность данных обусловлена малым интервалом вскрытия скважинами домезозойского основания, что не позволяет делать заключение о составе и типе строения всего *dMZ*, включая и промежуточный комплекс. Хорошей иллюстрацией этому являются результаты поэтапного бурения Янги-Юганской глубокой параметрической скважины, расположенной севернее района исследований, но в аналогичной геологической обстановке (Горбачев и др., 2013). Первоначально скважина была пробурена до 2,5 км, ниже отражающего горизонта *A* на 1,5 км. Согласно полученным данным был сделан вывод о наличии на участке бурения типового палеозойского прогиба восточного склона Уральской складчатой системы (там же); на втором этапе, при бурении до 4,1 км оказалось, что основной геологической структурой в районе скважины является древнее протерозойское поднятие, сложенное гнейсами и сланцами, типичными для Восточно-Уральской мегазоны (там же). Вскрытые скважиной домезозойские отложения в верхней части следует отнести к локальным тектоническим структурам, подобным грабенам континентального типа.

Третье – проблемой изучения отложений промежуточного комплекса является невозможность определения их возраста по геофизическим данным. Для примера приведем сведения по Ляпинскому прогибу, который был впервые выделен по Няксимвольскому региональному профилю в 1961 г. и затем частично по профилю ГСЗ Верхне-Нильдино Казымскому в 1985 г. (Дружинин, Карманов, 1985). Нижняя часть осадочного комплекса была отнесена, в соответствии с пониженными значениями физических параметров (скорость, плотность и магнитная восприимчивость), нехарактерными для складчатых комплексов Тагильского прогиба, к осадкам карбона. По результатам глубинного бурения в связи с поисками месторождений углеводородов (Иванов и др., 2004), были вскрыты немагнитные породы триаса, нетипичные для подобного подкомплекса возрастом от *D* до *T*. Однако невязка с возрастом не отразилась при изучении геолого-геофизическими методами строения Ляпинского прогиба и оценке его нефтегазоперспективности (там же).

Четвертое – более важной проблемой является повышение эффективности (надежности) прогнозирования, прежде всего, на регионально-зональной стадии поисков УВ в новых районах и промежуточных комплексах, относящихся к dMZ. По результатам анализа большого объема информации, представленной 2D и 3D геолого-геофизическими моделями верхней части литосферы (ВЧЛ), установлена преобладающая роль тектонического фактора и специфики строения земной коры в оценке генерационно-углеводородного потенциала геологической среды. Примерами являются Ляпинский и Уренгойский прогибы, восточная Приновоземельская мегазона, соответствующие рифт-авлакогенным структурам с фемическим типом строения кристаллической коры и ограниченным углеводородным потенциалом. Как и следовало ожидать, в этих районах, несмотря на существенный объем поисково-разведочного бурения, не было выявлено сколько-нибудь значительных месторождений.

Приуроченность месторождений УВ к блокам пониженной основности, по-

видимому, имеет более широкое распространение, чем это считалось раньше. Большое значение при этом имеет характер и особенности разломной тектоники и ее активность в новейший и современный этапы развития. Поэтому весьма актуальной задачей поисков месторождений УВ является изучение тектоники *dMZ* в увязке со строением кристаллической коры и верхней мантии. В первую очередь это необходимо для повышения уровня регионально-зонального прогнозирования при обосновании потенциально перспективных районов с учетом глубинного строения и имеющейся геолого-геофизической информации по верхней части *dMZ.*

В качестве примера для разработки технологии изучения тектоники *dMZ* взята Урайская площадь, в которой относительно хорошо исследована геолого-геофизическими методами верхняя часть *dMZ.* В районе присутствует значительное количество месторождений УВ, и он является одним из самых сложных в тектоническом отношении.

Технология исследований по Урайской площади включает следующие этапы:

– составление объемных разломно-блоковых плотностных моделей для верхней части литосферы (ВЧЛ) и отдельных ее частей;

– создание схемы тектоники *dMZ.*

3D разломно-блоковая плотностная модель

Урайская площадь расположена в пределах Восточно-Уральской мегазоны Уральской складчатой системы и Ханты-Мансийско-Надымского мегаблока Западно-Сибирской платформы (60–64º с.ш., 62–69º в.д.). По территории площади проходят два геотраверса: Кварц, Рубин-2 и пять профилей ГСЗ: Гранит, Ханты–Мансийский, Сев. Сосьва–Ялуторовск, Краснолениский, Верхненильдино–Казым. По профилям построены 2D скоростные, сейсмогеологические и сейсмогеоплотностные разрезы, на которых были выделены границы раздела земной коры: отражающий горизонт *A,* архейский фундамент K_{01}, сейсмогеологический раздел *M*. 2D плотностная модель строится до глубины 80 км. Предполагается, что верхняя мантия ниже этого уровня однородная и аномальное поле Δg полностью определяется вышележащими плотностными неоднородностями. Таким образом, на каждом из разрезов выделяются четыре сейсмогеологических этажа (СГЭ), различающиеся по структурно-тектоническим особенностям, физическим параметрам и геодинамике:

– мезозойско-кайнозойские осадки (0–K_0), за подошву СГЭ принята поверхность отражающего горизонта *A* (рис. 1, цветная вкладка);

– домезозойский мегакомплекс (K_0–K_{01});

– кристаллическая кора (K_{01}–*M*);

– верхняя мантия (*M*–80).

С учетом геологических данных, выделенных по профилям глубинным разломам, и корреляционным зависимостям плотности пород от скорости продольных волн $\sigma = f\,(V_p)$, выполнена параметризация СГЭ на блоки с однородной плотностью.

Объемная плотностная модель первого приближения ВЧЛ Урайской площади составлена по комплексу геолого-геофизических данных: 2D разрезов по профилям ГСЗ; схематических карт поверхностей отражающего горизонта *A*, нижнеархейского фундамента K_{01}, сейсмологического раздела *M*; плотностей осадков и пород верхней части коры; плотностей пород нижней части коры и верхней мантии, известных приближенно; результатов районирования территории по гравитационному и магнитному полям. 3D плотностная модель, также, как и 2D плотностная модель разделена на четыре СГЭ: 0–K_0, K_0–K_{01}, K_{01}–*M*, *M*–80. Сейсмогеологические этажи аппроксимировались вертикальными усеченными призмами с однородной плотностью, имеющими в горизонтальном сечении форму произвольного многоугольника.

Гравитационное моделирование ВЧЛ в профильном и площадном вариантах проводилось по сетке 5×5 км с использованием программ «2D bloc», «3D bloc», разра-

ботанных в Институте геофизики УрО РАН. Расчет гравитационного поля модели осуществлялся относительно единой плотности, равной средневзвешенному значению плотности всех блоков модели первого приближения. На первом этапе в модели были жестко закреплены плотности блоков сейсмогеологических этажей 0–K_0, K_0–K_{01}. Это связано с тем, что параметризация блоков СГЭ 0–K_0 осуществлялась по карте мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы М 1:500 000 (ОАО «СибНАЦ», 2011), по породам которого имеется достаточно полная геологическая и петрофизическая информация. Определение плотности блоков СГЭ K_0–K_{01} является конечной целью моделирования.

На первом этапе в процессе моделирования производилась корректировка плотности отдельных блоков СГЭ K_{01}–M, M–80, известных приближенно, при наилучшем учете всех известных сейсмических материалов и подборе более вероятных значений плотности в определенном диапазоне изменений. Известно, что гравитационное поле наиболее чувствительно к приповерхностным объектам. Поэтому погрешность моделирования ВЧЛ на первом этапе (≈7 мГал) целесообразно считать связанной в основном с погрешностями задания плотности блоков *dMZ* в модели первого приближения.

Гравитационное поле Δg_{dMZ} домезозойского мегакомплекса определяется как разность наблюденного аномального поля Δg и суммарного поля трех СГЭ: 0–K_0, K_{01}–M, M–80. По полю Δg_{dMZ} выполнен второй этап гравитационного моделирования. Получены следующие численные параметры мегакомплекса: количество блоков – 220; средний размер блоков – 33×33 км; мощность блоков изменяется в интервале от 5,5 до 10,7 км (среднее значение – 7,6 км); средняя плотность блоков $\sigma = 2{,}74 \pm 0{,}05$ г/см^3 совместима с плотностью пород комплексов складчатого Урала. Плотностная модель домезойского мегакомплекса Урайской площади представлена на рис. 2 (цветная вкладка).

Схема тектоники домезозойского мегакомплекса

Тектоническое районирование домезозойского мегакомплекса (консолидированного фундамента)

Надрегиональной границей является западное ограничение Западно-Сибирской платформы, которое представлено на Урайской площади Надымским, Ляминским, Ханты-Мансийским блоками, входящими в состав Ханты-Мансийско-Надымского мегаблока (рис. 3, цветная вкладка). Одновременно она является границей Приуральской области Западно-Сибирской платформы. Присутствие подобной границы можно проследить в особенностях структурно-тектонической карты отражающего горизонта *А* (см. рис. 1, цветная вкладка). Это является подтверждением ранее высказанного положения, что выделение надрегиональных границ консолидированного фундамента возможно только с учетом строения земной коры. Характер границы в южном блоке в интервале 59–61° с.ш. неустойчивый со значительным смещением от общей направленности на широтах 60–61° с.ш. до 100 км на восток. Оно сопровождается серией субширотных дислокаций.

Если обратиться ко всему Уральскому региону, то увидим, что существенные тектонические изменения наблюдаются на территории восточной окраины Восточно-Европейской плиты (ВЕП) в зоне сочленения трех геоструктур: Тимано-Печорской плиты (ТПП), северо-восточной части ВЕП и Уральской складчатой системы (УСС) (Дружинин и др., 2015). Они указывают на присутствие в верхней части литосферы зоны глубинной дислокации Евразийского континента (Дружинин, Осипов, 2016; Дружинин и др., 2016). Основная часть территории находится в пределах Восточно-Уральской мегазоны (ВУМЗ), которая резко различна по строению в северной и южной частях с границей между ними на широте 62° с.ш. Размеры ВУМЗ на юге увеличены по сравнению с северной частью до 100 км (см. рис. 3, цветная вкладка). Различие между ними наблюдается в

тектоническом устройстве.

В северной части ВУМЗ представлена двумя блоками: Северо-Сосьвинским и Березовским. Они соответствуют поднятиям древнего гранитогнейсового фундамента и разделены локальными звеньями отрицательной тектонической структуры в виде грабенов с незначительной мощностью (до 2–3 км), заполненных вулканогенно-осадочными отложениями девона-карбона и триаса. В южной части схемы тектоники выделен Пелымский блок, соответствующий самостоятельному прогибу домезозойского фундамента, сложенного вулканогенно-осадочными, вулканическими отложениями палеозойского возраста и интрузиями основного состава. Восточнее прогиба находится Урайский блок значительных размеров, сложенный гранитоидами и гнейсами ВУМЗ.

Пелымский прогиб, находясь между двумя древними поднятиями, является своеобразной пограничной зоной земной коры, которая играет более значительную роль в тектонике *dMZ,* чем рассматриваемая выше отрицательная структура, которая прослежена в северной части до широты 62º с.ш. К этому следует добавить, что Урайский блок как самостоятельное подразделение имеет развитие на юго-востоке площади (см. рис. 3, цветная вкладка). Вместе с Пелымским блоком они выклиниваются в северном направлении и далее широты 64º с.ш. не прослеживаются. Учитывая сложный характер взаимоотношения подразделений ВУМЗ на разных широтах и неясность природы тектонической перестройки, представленная схема строения является одним из возможных вариантов. Преимущество этой схемы по сравнению с другими заключается в ее увязке со спецификой глубинного строения земной коры. Возможны корректировки схемы в зависимости от совместного анализа с конкретной геологической информацией, в частности, о наличии и параметрах промежуточного комплекса.

Региональная структура УСС соответствует пограничному шву (ПШ), расположенному на востоке ВУМЗ, сопровождающему западную границу Ханты-Мансийского мегаблока Западно-Сибирской платформы. По особенностям глубинного строения, установленным на профилях ГСЗ, пограничный шов соответствует пограничным структурам континентальной коры местами с увеличенной мощностью земной коры за счет увеличенной мощности переходного мегакомплекса *К–М* и повышенной основности на некоторых интервалах (авлакогенно-рифтовая структура). Он соответствует Шеркалинскому палеозойскому прогибу, прослеживание которого затруднено в связи со сложной формой ПШ, наличием субширотных дислокаций и неоднородностями состава вскрываемой бурением верхней части *dMZ* мегакомплекса. Интересной особенностью является увеличение его размеров и основности состава в северной части Урайской площади, особенно в интервале широт 62–63º с.ш.

Ханты-Мансийско-Надымский мегаблок представлен Казымским, Ляминским, Ханты-Мансийским блоками. Ханты-Мансийский блок по сравнению с двумя вышерасположенными образует значительное отклонение на восток с выступом первых двух в противоположном направлении. Вероятно, с такими подвижками западных частей древней Западно-Сибирской платформы и связана наблюдаемая тектоническая перестройка всего облика ВУМЗ на широтах 60–64º с.ш.

Выделенные на схеме тектонического районирования региональные тектонические структуры серией разломов различной ориентировки подразделены на блоки с различной расчетной плотностью. Это отражено на схеме тектоники домезозойского мегакомплекса (рис. 4, цветная вкладка).

Литологический состав и нефтеносность домезозойского основания

На рис. 4 (цветная вкладка) приведено разделение домезозойского основания Урайской площади на породные комплексы по преобладающему составу в соответствии с расчетной плотностной моделью и тектонической принадлежностью.

Вопрос о промежуточном комплексе, представленном терригенно-базальтовыми породами триаса, на данной стадии *региональных исследований* пока отодвигается на последующее время по следующим причинам: отсутствие у исполнителей конкретной геолого-геофизической информации; незначительный плотностной эффект, создаваемый плотностными неоднородностями триаса, неустойчивость магнитной характеристики слагающих его отложений. Поэтому приведенный состав характеризует породы палеозоя и докембрия. Возможность присутствия отложений триаса показаны в пределах субширотных дислокаций на Ляминском и Ханты-Мансийском блоках Ханты-Мансийско–Надымского мегаблока. На тектонической схеме приведен фрагмент обзорной карты нефтегазоносности территории Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области (Обзорная карта … , 1995).

Из сопоставления видно, что основная часть месторождений приходится на Ляминский и Казымский блоки, образующие выступ древней Западно-Сибирской платформы в сторону Урала, сопровождаемый глубинными субширотными дислокациями в интервале 61–63º с.ш. Месторождения расположены в низах осадочного *MZ–KZ* чехла и отложениях промежуточного комплекса *D–T* возраста, располагаясь, кроме древних поднятий Ханты-Мансийско-Надымского мегаблока, в пограничном шве, которому соответствует Шеркалинский прогиб по осадочному чехлу. Присутствие некоторых месторождений нефти на участках развития основных пород, что является исключением из преобладающей тенденции приуроченности к породам кристаллизованного фундамента относительно пониженной основности, может свидетельствовать о возможной горизонтальной миграции УВ из глубинной зоны флюидодинамической активности земной коры, возможные контуры которой показаны на рис. 4 (цветная вкладка). На территории Приуральской области, к западу от крупного нефтеносного района крупных месторождений в осадочном чехле не выявлено; в их расположении отмечена тенденция приуроченности к широтным дислокациям. Более отчетливо это проявлено к юго-востоку от территории исследований на долготе 70–72º в.д. и широтах 60–62º с.ш.

Несмотря на значительный объем поисково-разведочных работ, выполненных в пределах запада Западно-Сибирской геосинеклизы, вопрос о ее нефтеносности *не решен*. Полученные результаты подчеркивают необходимость продолжения исследований. Особое внимание следует уделить отмеченным отрицательным структурам консолидированного фундамента, заполненным осадочно-вулканогенными породами девона-карбона, и терригенно-базальтовой толще триаса. На схеме тектоники *dMZ* комплекса (см. рис. 4, цветная вкладка) намечены перспективные участки для постановки более детальных поисково-разведочных работ. Они приурочены к местам пересечения перспективных субширотных дислокаций с разломами других направлений, к осложнениям рельефа отражающего горизонта *A* (там же); к породам преимущественно пониженной основности согласно расчетной плотностной модели. Для принятия окончательного решения необходим дополнительный анализ полученной информации о тектонике с имеющимися конкретными геолого-геофизическими данными.

Выводы

Основные составляющие технологии, предложенной и внедренной в практику исследований домезозойского мегакомплекса Приуральской области Западно-Сибирской геосинеклизы, имеют следующие отличия от ранее применяемых приемов интерпретации потенциальных полей:

1) объемное плотностное моделирование в рамках разломно-блоковых 3D моделей верхней части литосферы;

2) рассмотрение всего мегакомплекса в составе промежуточного комплекса, соответствующего верхней его части в возрастном диапазоне *D–T* и нижней части, представленной консолидированными складчатыми геосинклинальными отложениями PR_1–*S*;

3) расчеты производятся под остаточное аномальное гравитационное поле, полученное вычитанием из наблюденного поля эффекта, создаваемого осадочным мезокайнозойским чехлом, кристаллической корой и верхами верхней мантии;

4) подбор значений плотности производится относительно расчетной средней плотности пород, соответствующей обоснованному уровню изостатической компенсации в 80,0 км.

Исследования, выполненные на Урайской площади, показали, что гравитационный эффект глубинных неоднородностей достаточно значителен и его учет позволит избежать существенных ошибок при построении плотностных моделей, особенно в варианте 2D. Значение расчетной плотности *dMZ* мегакомплекса согласуется с известной информацией по открытым регионам складчатого Урала, что подчеркивает пригодность предложенной технологии для изучения всего домезозойского комплекса Приуральской области Западно-Сибирской геосинеклизы, перекрытого мощным чехлом *MZ-KZ* до 4,0–5,0 км и более.

Для повышения уровня прогнозирования поисков месторождений УВ в новых районах и нижерасположенных отложениях необходимо проводить региональное тектоническое районирование осадочного чехла и изучение тектоники промежуточного комплекса *D–T*. Однако эти исследования сдерживаются из-за отсутствия конкретной геолого-геофизической информации по глубоким скважинам и неоднозначностью определения по данным стандартного ОГТ структурных параметров промежуточного комплекса на участках со сложной тектоникой.

На основе объемной плотностной модели составлена *новая схема тектонического районирования dMZ* мегакомплекса, дополненная, в соответствии со значениями расчетной плотности, возможной литологической характеристикой для выделенных блоков. Согласно полученным данным и установленным глубинным критериям, контролирующим месторождения нефти, обоснованы перспективные структуры и участки. Для постановки в их пределах детальных поисково-разведочных работ необходима дополнительная конкретная геолого-геофизическая информации и рекомендации специалистов нефтяников.

Рекомендации

Следует предпринять совместные усилия геологов и геофизиков по изучению промежуточного комплекса *D–T* в составе *dMZ* мегакомплекса: провести дополнительную интерпретацию временных разрезов ОГТ с учетом присутствия на некоторых участках дискретной сейсмической среды, требующих иного подхода к обработке материалов; выполнить объемное магнитное моделирование; провести анализ полученных данных совместно с информацией по неотектонике и современной геодинамике. Целесообразно подобные исследования продолжить на Урайской площади, которая является наиболее сложным в тектоническом отношении районом Приуральской области. Она насыщена месторождениями УВ и имеет относительно небольшую глубину залегания отложений промежуточного комплекса.

Можно надеяться, что предложенная технология повысит эффективность работ по открытию месторождений УВ в нижерасположенных отложениях и найдет применение в других районах Западно-Сибирской нефтегазовой провинции.

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

Литература

Горбачев В.И., Наркисова В.В., Крупеник В.А., 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., Каретин Ю.С., Начапкин Н.И., Бахвалов А.Н. Использование результатов геофизических исследований на региональных профилях для глубинного

геокартирования // Разведка и охрана недр. 2000. № 2. С. 2–6.

Дружинин В.С., Карманов А.Б. Изучение строения земной коры северо-западной части Западно-Сибирской плиты // Советская геология. 1985. № 9. С. 38–48

Дружинин В.С., Колмогорова В.В., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю., Брехунцов А.М., Нестеров И.И., Плесовских И.А. Карта доюрских вещественных комплексов северо-западной части Западно-Сибирской равнины на основе объемной модели земной коры // Отечественная геология. 2009. № 1. С 104–112.

Дружинин В.С., Мартышко П.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. Решение задач региональной геологии среднего сегмента Уральского региона на основе объемной геолого-геофизической модели верхней части литосферы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2012. № 1. С. 32–41.

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, 2014. 226 с.

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., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю., Федорова Н.В. Оценка нефтегазоперспективности Тимано-Печорской плиты с учетом объемной модели верхней части литосферы // Отечественная геология. 2011. № 3. С. 22–29.

Дружинин В.С., Осипов В.Ю. Субширотные дислокации земной коры Уральского региона – звенья системы линеаментов Евразийского континента // Уральский геофизический вестник. 2016. № 2. С. 33–47.

Дружинин В.С., Осипов В.Ю., Начапкин Н.И. Специфика строения земной коры восточной окраины ВЕП по меридиану 55º в.д. в пределах широт 53–68º с.ш. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2016. № 10. С. 25–34.

Иванов К.С., Коротеев В.А., Федоров Ю.Н., Кошевой В.Н., Кормильцев В.В., Печеркин М.Ф., Ерохин Ю.В., Погромская О.Э., Ронкин Ю.Л., Калеганов Б.А., Сурина О.В., Князева И.В. Строение зоны сочленения Приполярного Урала и Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Литосфера. 2004. № 2. С. 108–124.

Красовский С.С. Гравитационное моделирование глубинных структур земной коры и изостазия. Киев: Наукова думка, 1989. 248 с.

Куприенко П.Я., Макаренко И.Б., Старостенко В.И., Легостаева О.В. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Украинского щита // Геофизический журнал. 2007. Т. 29. № 5. С. 3–27.

Обзорная карта нефтегазоносности Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области / Гл. ред. И.И. Нестеров. Тюмень: ЗАПСИБНИГНИ, 1995.

Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Дискретные иерархические модели геофизической среды // Комплексные исследования по физике Земли: Сб. статей. М.: Наука, 1989. С. 9–26.

К статье: Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – «Технология регионального изучения тектоники домезозойского мегакомплекса Приуральской области Западно-Сибирской платформы (на примере Урайской площади)»

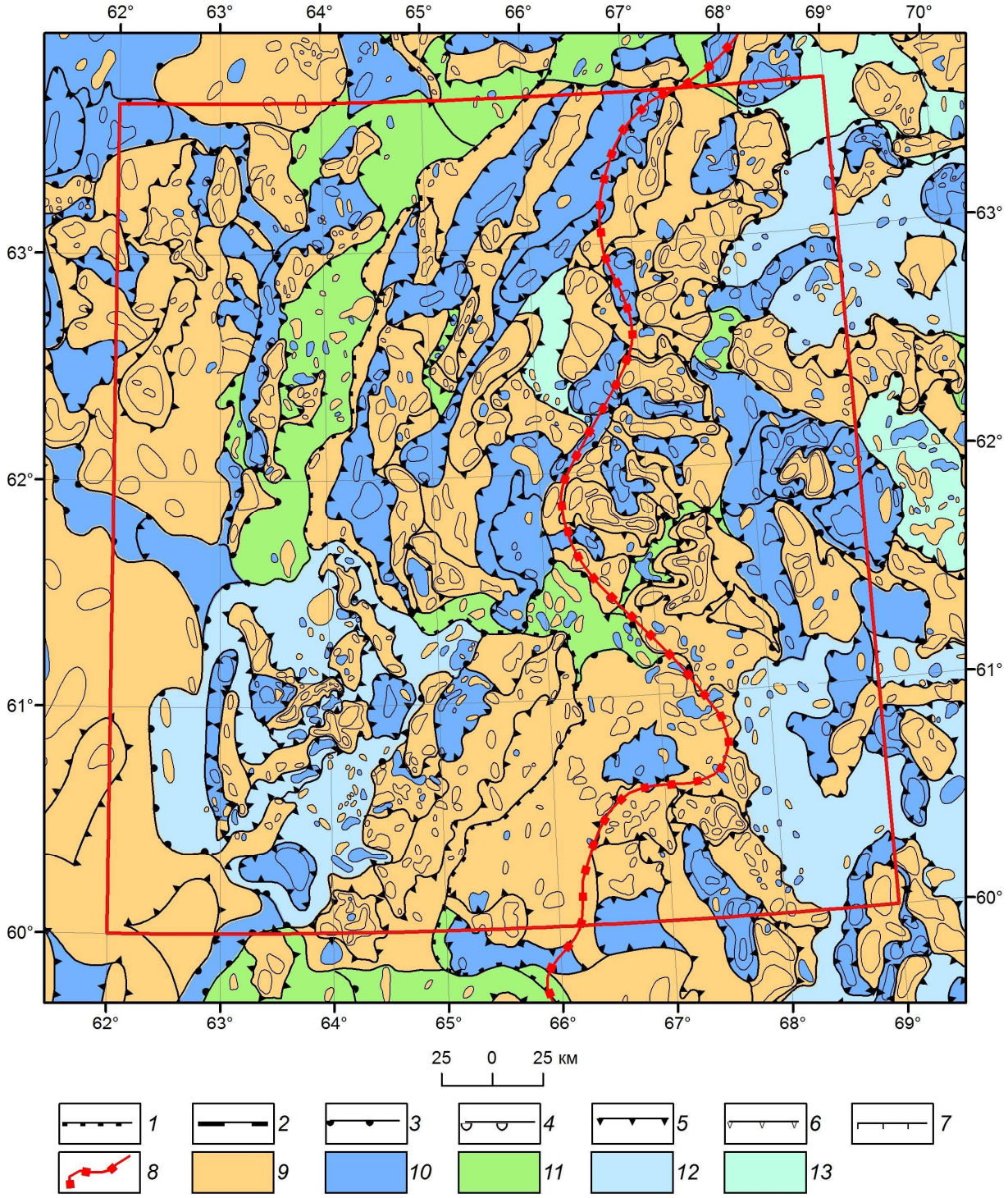

Рис. 1. Фрагмент тектонической карты мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы (ОАО "СибНАЦ", 2011).

Условные обозначения: границы структур (*1–7*): *1* – субрегиональных; *2* – надпорядковых; *3* – крупных I порядка; *4* – мелких и средних I порядка; *5* – крупных II порядка; *6* – мелких и средних II порядка; *7* – III и IV порядков; *8* – восточная граница собственно уралид, отделяющая ВУМЗ от древних срединных поднятий Ханты-Мансийско–Надымского и Северо-Казахстанского мегаблоков платформы; *9* – положительные структуры; *10* – отрицательные структуры; *11* – однокрылые структуры; *12* – мегаседловины; *13* – мезоседловины

К статье: Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – «Технология регионального изучения тектоники домезозойского мегакомплекса Приуральской области Западно-Сибирской платформы (на примере Урайской площади)»

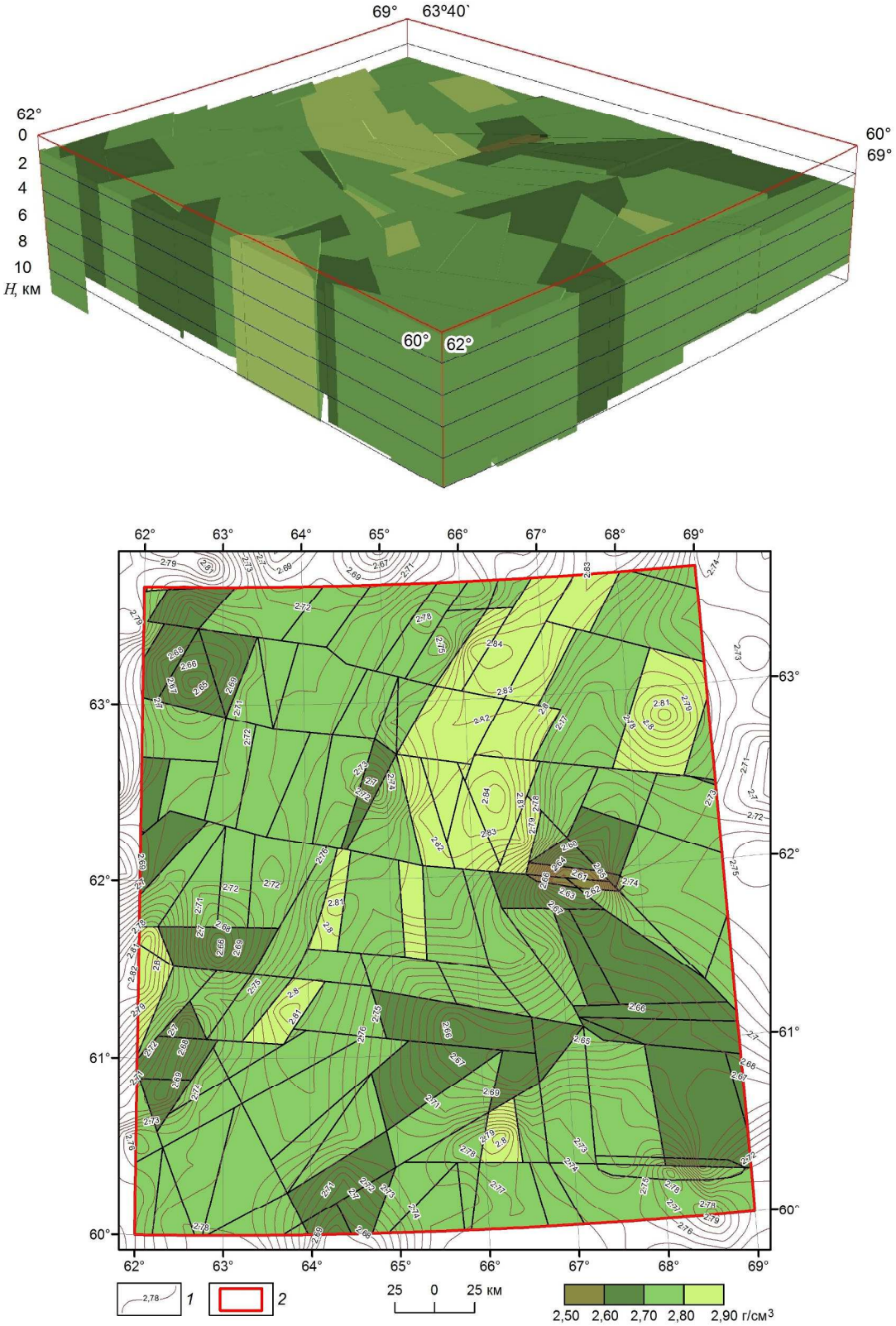

Рис. 2. Плотностная 3D модель слоя K_0–K_{01} Урайской площади.
Условные обозначения: *1* – изогипсы расчетной плотности блоков; *2* – контур Урайской площади

К статье: Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – «Технология регионального изучения тектоники домезозойского мегакомплекса Приуральской области Западно-Сибирской платформы (на примере Урайской площади)»

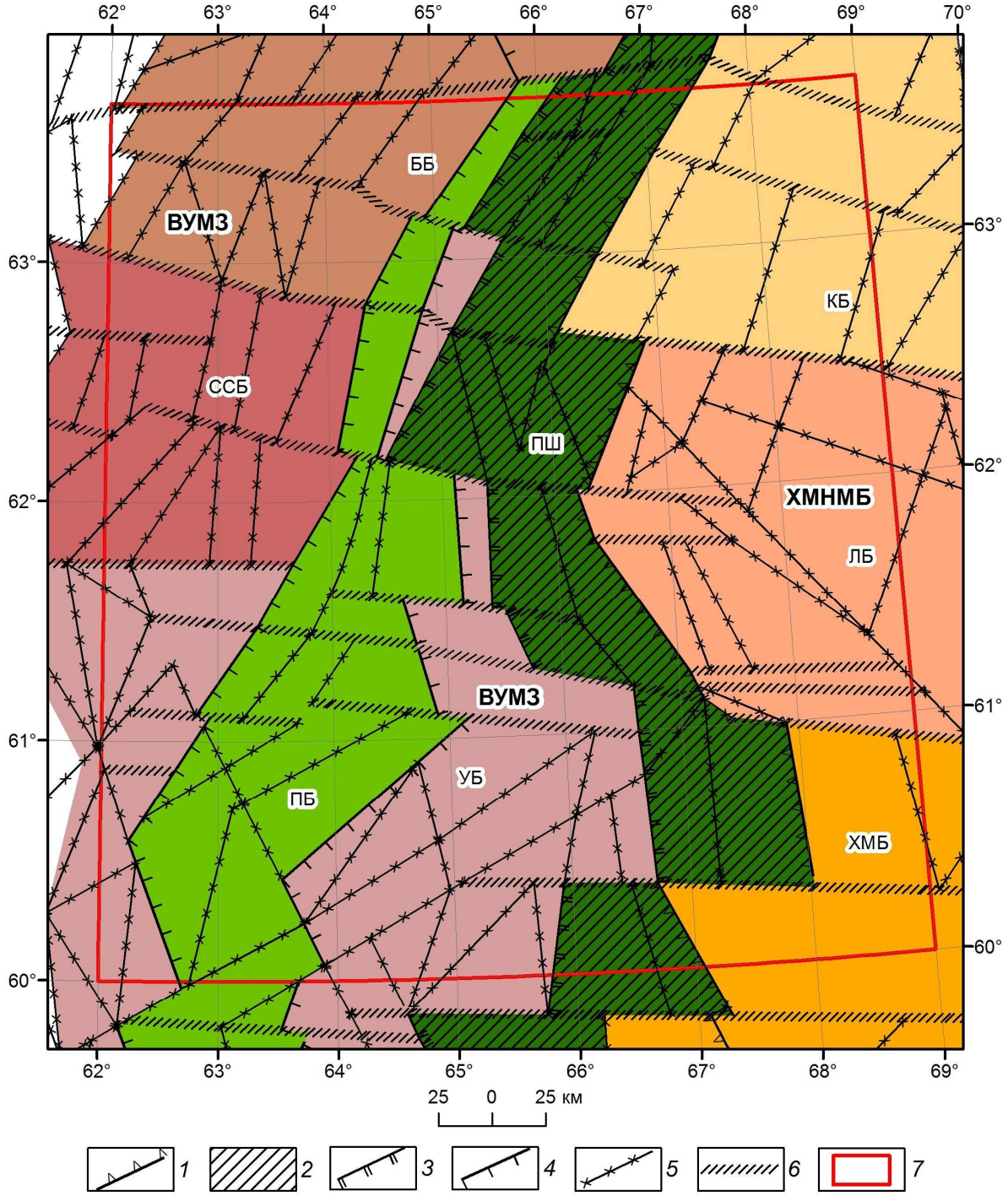

Рис. 3. Схема тектонического районирования домезозойского мегакомплекса Урайской площади. Условные обозначения. Тектоническое районирование: *1* – западная граница Ханты-Мансийско–Надымского мегаблока (ХМНМБ) Западно-Сибирской платформы; *2* – пограничный шов, соответствующий Шеркалинскому прогибу осадочного чехла; *3* – восточная граница Восточно-Уральской мегазоны (ВУМЗ); *4* – контуры Пелымского прогиба ВУМЗ; *5* – границы подзон в пределах основных структур, соответствуют разломам; *6* – субширотные дислокации.

Районирование по блокам: ССБ – Северо-Сосьвинский; ПБ – Пелымский; УБ – Урайский; КБ – Казымский, Ляпинский блок; ХМБ – Ханты-Мансийский; ББ – Березовский; ПШ – пограничный шов; *7* – контур Урайской площади

К статье: Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – «Технология регионального изучения тектоники домезозойского мегакомплекса Приуральской области Западно-Сибирской платформы (на примере Урайской площади)»

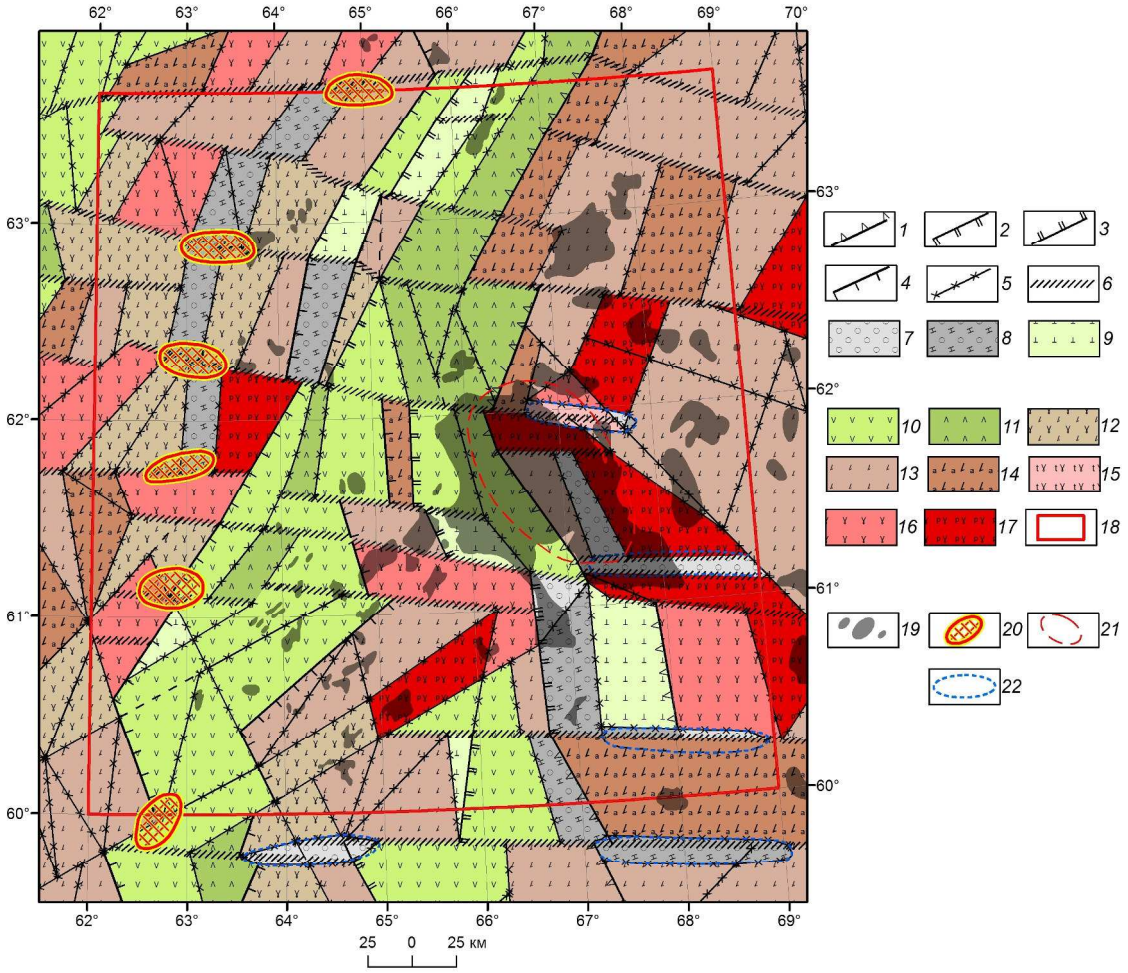

Рис. 4. Схема тектоники домезозойского мегакомплекса Урайской площади, совмещенная со схемой расположения месторождений углеводородов и схемой перспективных участков.

Тектоническое районирование: *1* – западная граница Ханты-Мансийско-Надымского мегаблока Западно-Сибирской платформы; *2* – пограничный шов, соответствующий Шеркалинскому прогибу осадочного чехла; *3* – западная граница Восточно-Уральской мегазоны (ВУМЗ); *4* – контуры Пелымского прогиба ВУМЗ; *5* – границы подзон в пределах основных структур, соответствуют разломам; *6* – субширотные дислокации.

Литологическое районирование выполнено в соответствии с расчетной разломно-блоковой плотностной моделью домезозойского основания и установлено типовой принадлежности блока. Осадочные комплексы: *7* – терригенные, значения плотности σ = 2,64–2,68 г/см^3; *8* – терригенно-карбонатные, σ = 2,69–– 2,76 г/см^3, карбонатные, σ = 2,74–2,78 г/см^3; **вулканические комплексы:** *9* – вулканиты кислого состава, σ = 2,65–2,75 г/см^3; *10* – вулканиты среднего состава, андезито-базальты, вулканогенно-осадочные породы, σ = 2,76–2,81 г/см^3; *11* – вулканиты основного состава, σ = 2,82–2,87 г/см^3; **метаморфические комплексы:** *12* – гранито-гнейсы, сланцы, σ = 2,65–2,79 г/см^3; *13* – гнейсы среднего состава, зеленые сланцы, σ = 2,70–2,79 г/см^3; *14* – гнейсы основного состава, гнейсо-амфиболиты, σ = 2,80–2,85 г/см^3, амфиболиты, σ = 2,86–2,89 г/см^3; **интрузивные комплексы:** *15* – лейкограниты, σ = 2,59–2,62 г/см^3; *16* – граниты, σ = 2,63–2,67 г/см^3; *17* – плагиограниты, гранодиориты, σ = 2,68–2,71 г/см^3; *18* – контур Урайской площади; *19* – положение месторождений нефти (Обзорная карта … , 1995); *20* – перспективные цчастки Восточно-Уральской мегазоны на поиски месторождений углеводородов в низах юрских толщ и нижерасположенных осадочных, вулканогенно-осадочных отложениях D–T, которые следует учитывать при выборе мест постановки детальных поисково-разведочных работ; *21* – предполагаемое положение глубинной флюидогеодинамической зоны; *22* – возможные зоны развития отложений промежуточного комплекса, представляющие интерес для поисков месторождений нефти.

Примечание: литологическая нагрузка, приведенная на схеме, соответствует значению плотности для всего домезозойского комплекса, мощность и ее вариации характеризует рис. 2 (цветная вкладка)