

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОНСОЛИДИРОВАННОЙ КОРЫ В РАЙОНЕ РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ДАННЫМ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ МОГТ-ГСЗ Часть 2

А.М. Кузин
ИПНГ РАН, e-mail: amkouzin@yandex.ru

Сейсмическая интерпретация данных МОГТ-ГСЗ по Южно-Татарскому своду (Альметьевский овал, Ромашкинское месторождение)

На восточном склоне Татарского свода по данным сейсмологии в верхней мантии на глубинах 100–200 км присутствует обширная низкоскоростная зона [Feng, Teng, 1983], которая предполагает присутствие в ней флюида и возможное проявление флюидной активности в земной коре Татарского свода и его обрамления. Альметьевский овал расположен в междуречье Волги и низовьев Камы и в плане представляет собой вытянутую в северо-восточном направлении овальную структуру протяженностью 400 км по длинной оси и 160 км в поперечном северо-западном направлении [Богданова, 1986]. В центральной части Альметьевского овала расположено уникальное Ромашкинское месторождение нефти.

М.В. Минцем на основе данных по геотраверсам 1-ЕВ, Татсейс, карт гравитационного и магнитного поля (ФГУ НПП «Аэрогеофизика») была выполнена геологическая переинтерпретация модели глубинного строения. Многие тектонические нарушения и границы были проведены практически заново. В итоге составлена следующая картина тектонического строения. Альметьевский овал имеет синформное строение, подошва синформы достигает глубины порядка 25 км. Юго-восточное крыло более крутое по сравнению с северо-западным. Альметьевский овал сложен тектоно-стратиграфической последовательностью синформно изогнутых пластин, образованных метавулканогенными, метаосадочными и метаинтрузивными гранулитогнейсовыми комплексами [Глубинное строение..., 2010].

Сопоставление глубинного разреза (см. часть 1, рис. 9) с разрезом ранее построенной модели (рис. 1, 2) из работы [Глубинное строение..., 2010] показало достаточно большое сходство, но выявило и различия. Например, при сопоставлении со схемой отражающих поверхностей две поверхности (А и Б) с одинаковым простиранием (см. часть 1, рис. 9), но с углами падения с разницей в 90° представляются на глубинном разрезе в виде наклонного пласта с параллельными границами (А и Б). Учитывая также то,

что отражающие поверхности по восстанию не выходят в осадочный чехол в пределах контура Ромашкинского месторождения, убедительно подтверждается необходимость площадных сейсмических наблюдений (включая ГСЗ и МОВЗ) для определения истинного пространственного положения отражающих границ. Это особенно важно при изучении тектоники глубинных факторов в нефтеобразовании, возможных каналов перетоков флюидов между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом, прогноза сейсмичности и других исследований.

Ромашкинское месторождение четко ложится в синформу лепестковой структуры, образованную отражающими поверхностями (см. часть 1, рис. 3), что позволяет предполагать наличие «кинематического» экранирования волн деформаций и напряжений за счет демпфирования и проскальзывания относительно жестких слоев по отражающим поверхностям – разрывным нарушениям. Это предположение подтверждается результатами обработки фрагмента профиля 11 (МОГТ) по методу параметрической развертки отображений (ПРО). В методе ПРО, в отличие от накапливания по методу ОГТ, одновременно с зеркальной компонентой накапливается рассеянная компонента волнового поля. Для рассеянной или дифрагированной волны сейсмический снос отсутствует, что позволяет более объективно судить о залегании отражающих (рассеивающих) границ.

Положение профиля и временной разрез МОГТ, на котором выполнена обработка ПРО, показаны на рис. 3 и 4. Обработка (ПРО) проводилась для фрагмента восточной части профиля (рис. 4), где длительность регистрации составляла 16 с. С целью детального изучения особенностей геологического строения в средней части консолидированной коры временной диапазон обработки был сокращен до 8 с. На конечной стадии обработки использовалось дисперсионное сканирование [Кузин, 2000, 2015], которое заключалось в расчете серии временных и скоростных разрезов ПРО в определенных частотных интервалах (рис. 5). Накапливание сигнала осуществлялось после фильтрации исходных сейсмограмм полосовыми фильтрами 3–11 Гц и 13–33 Гц. Для большей наглядности временные разрезы и разрезы интервальной скорости были пересчитаны в масштаб глубин.

На разрезе ПРО, полученном после низкочастотной фильтрации, четко виден высокоскоростной пласт с падением на восток, а на разрезе с относительно высокой полосовой фильтрацией высокоскоростную зону (в нижней части разреза) подстилает

низкоскоростной слой. Амплитудная интенсивность этого низкоскоростного пласта на высокоскоростной фильтрации согласуется с амплитудно-частотной характеристикой сейсмической модели разрывного нарушения, предложенной В.П. Номоконовым (низкоскоростной тонкослоистый пласт). Этот низкоскоростной слой выполаживается на глубине около 25 км, что близко к интерпретации разреза, выполненное М.В. Минцем [Глубинное строение..., 2010], учитывая эффективное значение скорости при пересчете временного разреза в глубинный разрез. Следовательно, сейсмическая модель глубинного строения Альметьевской синформы представляет собой чередование низкоскоростных слоев (разрывных нарушений) с относительно высокоскоростными слоями, образующее лепестковую структуру разрывной тектоники.

Схожая картина разрывной тектоники, по данным МОГТ, наблюдается на Карачаганакском месторождении, расположенном в северо-восточном борту Прикаспийской впадины (рис. 6). Месторождение залегает в кровле карбонатной структуры повышенной жесткости (низкие значения V_p/V_s), биогенного происхождения. Разрывные нарушения – отражающие границы находятся в обрамлении карбонатной структуры [Кузин, 1994, 2004]. С глубиной они выполаживаются в зоне резкого изменения V_p/V_s с повышенных значений на пониженные (рис 6, б). При этом четко прослеживается корреляция между обрывом отражающей границы и ступенью региональной границы, выделенной по данным ГСЗ (рис. 6, а). Для лепестковых структур характерно внутреннее самоподобие или вложенность «мелких» синформ в более «крупную» синформу.

Все это дает основание предположить, что лепестковая форма разрывной тектоники по отраженным волнам может иметь флюидное происхождение – среда была первоначально преобразована (ослаблена) флюидом.

Как уже отмечалось в первой части статьи, существует несколько гипотез происхождения листрических разломов. По известной гипотезе [Николаевский, 1984], образование листрических разломов происходит за счет смены типа разрушения пород с ростом давления (глубины), изменения внутреннего угла трения. Эта гипотеза не объясняет образование синформ вообще и тем более на малых глубинах (первые километры).

По другой гипотезе [Филиппова, Минц и др., 2007] образование синформных структур связано с вращением синформного или чашеобразного блока, которое могло

быть вызвано вращением вещества плюма. Эта гипотеза основана на результатах решения задачи по изучению тепловой модели плюма [Добрецов, Кирдяшкин, 1994]. При моделировании плюмового потока было обнаружено, что осесимметричное состояние конвективного перемещения потока вещества нарушается (восходящее течение по оси канала и нисходящее у стенок канала). Восходящее течение происходит у одной стенки, нисходящее – у другой. Поток по высоте разбивается на ячейки, длина которых в 2,5–4,0 раза больше диаметра канала. На границе ячеек наблюдаются смещение потоков от одной стенки к другой и частичное их перемешивание. В результате канал представляет собой бегущую волну с винтовым вращением около вертикали, проходящей через источник нагрева. Амплитуда отклонения от оси составляет 1–2 диаметра и возрастает вверх по каналу. Винтообразные перемещения при функционировании плюма могут вызывать на поверхности Земли образование круговых и S-образных или петлеобразных структур. Отношение толщины земной коры к толщине мантии приблизительно составляет 1:100. На фоне такого соотношения даже незначительные мантийные локальные конвективные потоки флюидов должны оказывать влияние на структуру земной коры и вызывать доминирование структур вращения вещества.

Структуры вращения вещества, видимо, были механизмом образования синформ в докембрии, в последующее время образование структуры вращения осуществлялось и осуществляется преимущественно за счет газообразной фазы флюида. Вихревые структуры, связанные с флюидными потоками, весьма вероятно, имеют место в Памиро–Гиндукушской сейсмогенной зоне [Шевченко и др., 2011]. Вихревые потоки флюида легких газов могут создавать матрицу для направления развития разрывных нарушений [Кузин, 2014]. Вихревые и кольцевые структуры отчетливо проявлены в нефтегазоносных бассейнах кольцевым и вихревым расположением месторождений углеводородов. Вихревые структуры обнаружены внутри зон разрывных нарушений осадочного чехла.

Лепестковые структуры (разные по размерам: от первых километров до десятков и сотен километров) встречаются в самых различных по геологическому строению и возрасту районах. На рис. 7, а представлен разрез, проходящий через мульду, сложенную осадочно-метаморфизованными породами: алевроитами, аргиллитами, конгломератами. Отражающие границы образуют лепестковую структуру, которая могла сформироваться при деформировании в рамках жесткого ядра впадины (синформы) и флюидной проработки пород. Этот вывод находит подтверждение в картине распределения

радиоактивных аномалий, которые хорошо вписываются в лепестковую структуру разрывной тектоники (рис. 8, а). Кроме того, разрывные нарушения – отражающие границы по-разному отображаются в параметре V_p/V_s (рис. 7, б). Разрывное нарушение – отражающая граница на глубине 450 м по V_p/V_s имеет низкие значения, соответствующие очень низким эффективным значениям коэффициента Пуассона (вплоть до отрицательных). Разрывное нарушение – отражающая граница на глубине 730 м имеет относительно повышенные значения. По данным бурения, эта граница представлена зоной дробления с глиной трения. Сам же рудоносный блок характеризуется повышенными значениями граничной скорости (рис. 8, б). В совокупности все эти данные указывают на существенное значение флюидного фактора в образовании разрывной тектоники на рудном поле.

Отсюда можно заключить, что образование овоидов может происходить в силу несколько причин. В одном случае оно связано с вращением тектонических блоков, во втором – с воздействием флюида, в третьем – за счет реологии разрушения горных пород, в четвертом – за счет обтекания волнами деформаций жесткой неоднородности, а также совместного влияния нескольких факторов одновременно.

Флюидные потоки тяготеют к относительно жестким неоднородностям в геологическом строении [Кузин, 2015]. Наличие в консолидированной коре Южно-Татарского свода высокоскоростного тела подтверждается разрезами, построенными по данным ГСЗ. На геотраверсе ГРАНИТ по преломленно-рефрагированным волнам были рассчитаны вариации времен первых вступлений, как отклонения (Δt) наблюдаемого времени вступления от базового годографа P_o -волн (рис. 9, а). Здесь в качестве базового годографа первых вступлений был взят годограф, полученный Г.В. Краснопевцевой при осреднении данных по профилям ГСЗ, пройденным в пределах ВЕП до начала работ на геотраверсе ГРАНИТ. В основном, это данные по юго-западной и южной частям платформы. Распределение временных отклонений характеризует качественное различие скоростных моделей крупных блоков земной коры вдоль линии профиля. Отрицательные аномалии соответствуют участкам с более высокоскоростной корой, положительные – низкоскоростной, по отношению к коре, для которой был получен базовый годограф. Обращает на себя внимание то, что в пределах всего геотраверса $t = t_{\text{набл}} - t_{\text{ср}}$ является отрицательной. На следующих двух рисунках 9, б и 9, в значение Δt рассчитывалось от значений $t_{\text{ср}}$, полученных на геотраверсе ГРАНИТ. Во всех случаях в пределах

Альметьевской синформы фиксируются отрицательные значения Δt , свидетельствующие о повышенных значениях скорости в районе прохождения геотраверса по сравнению с юго-западной частью ВЕП.

Повышенные значения скорости продольных волн в разрезе, как правило, совпадают с неоднородностями относительно повышенной плотности, что находит подтверждение при сопоставлении разреза кажущейся плотности (масштаб 1:200000) вдоль геотраверса ГРАНИТ (см. часть 1, рис. 8, б). Разрез был получен Д.К. Нургалиевым [Готтих и др., 2005] методом вэйвлет-разложения в варианте 3D по глубинному разрезу геотраверса Гранит (см. часть 1, рис. 8, а и рис. 9). Из его сопоставления с сейсмическим разрезом Татсейс видно, что узлы пересечения для многих отражающих границ подстилают тело с повышенной плотностью или же находятся в контуре этого тела.

Еще одним подтверждением присутствия высокоскоростной неоднородности в кристаллическом фундаменте являются результаты переинтерпретации по профилю ГСЗ (рис. 10, а) «Черемшан–Мелеуз». Он проходит в 40–50 км южнее геотраверса Татсейс и примерно параллельно последнему (см. часть 1, рис. 5). Необходимо отметить, что с Южно-Татарского свода и его юго-восточного обрамления началась история глубинного изучения земной коры Волго–Уральской нефтегазоносной провинции по методу ГСЗ (и там же впервые построена схема отражающих поверхностей). В 1956 г. на профиле «Черемшан–Мелеуз» по инициативе В.В. Федынского и М.К. Полшкова сотрудниками ВНИИ Геофизики под научным руководством Ю.Н. Година были проведены полевые работы по системе непрерывного ГСЗ. Впервые в мире при изучении глубинного строения были опробованы «разведочные» подходы к полевым наблюдениям (плотная расстановка приборов через 100 м, длинные, свыше 200 км, интервалы наблюдений, взаимная увязка годографов и т.д.) и интерпретации экспериментального материала (корреляция волн, определение их природы, решение прямой задачи и др.). Здесь также впервые работы ГСЗ сопровождались сейсмологическими исследованиями (С.С. Андреев), проводимыми с целью доказательства современной сейсмотектонической активности древних геологических структур планеты, также впервые в глубинной разведке для изучения структуры коры были использованы обменные волны землетрясений (Г.Д. Кочерина). Разработанные в 1956 г. принципиальные особенности методики наблюдений и интерпретации ГСЗ были широко использованы в последующих глубинных исследованиях территории СССР [Краснопевцева, Кузин, 2008].

Для совместной интерпретации с данными МОГТ на профиле «Черемшан–Мелеуз» (рис. 10, а) рассчитывались временные аномалии первых коровых Р-волн по наблюдаемым годографам этого профиля (аномалия Δt_{cp} и распределение аномалий $\Delta t(R)$ на глубину), но с гораздо большей детальностью, чем на геотраверсе ГРАНИТ. Результаты расчетов представлены на рисунке 11. Граничная зона между Татарским сводом и Предуральским прогибом на профиле занимает участок протяженностью до 35–40 км (рис. 11). Он представлен низкоскоростной зоной, начало которой уходит в нижнюю кору и, скорее всего, в мантию; в средней ее части существует маломощная сравнительно высокоскоростная «перемычка». По глубине область пониженных значений скорости ($\Delta t \leq -17$) близка к оценке глубины деформационной пластичности. На глубинном разрезе (рис. 11, в) резко меняется картина плотности распределения отражающих границ, происходит их относительное уменьшение по сравнению с находящимися выше и ниже интервалами разреза, а также изменение кажущихся углов падения отражений. В целом контуры положительных и отрицательных аномалий $\Delta t(h)$ вписываются между наклонными отражающими границами, учитывая их кажущиеся элементы залегания.

Еще один контакт разнополярных аномалий $\Delta t(h)$ намечается на восточном конце профиля. В отличие от западной зоны восточный контакт – более высокоскоростной относительно прилегающей среды. Контуры положительных и отрицательных аномалий $\Delta t(h)$ вписываются между наклонными отражающими границами.

Мощная высокоскоростная толща с отдельными плотностными образованиями распространена в пределах Татарского свода. Обширная низкоскоростная верхнекоровая толща с наличием неоднородностей, различных по скоростным параметрам, характерна для Предуральского прогиба. Верхняя толща коры ограничена в поле $\Delta t(R)$ изолиниями со значениями $-2,0$ с. К верхней изолинии приближаются разные по значениям локальные аномалии $\Delta t(R)$, что, вероятно, отражается в изменении значений граничных скоростей на поверхности фундамента, полученного по данным ГСЗ-КМПВ.

Нижняя непрерывная изолиния поля временных аномалий связана с зоной перехода верхней коры к средней. Вероятно, она формирует достаточно устойчивую сейсмическую волну, по которой построена граница на глубинах 19–23 км [Краснопевцева, Кузин, 2008]. Эти независимо полученные значения глубин (19–23 км) согласуются с оценками глубин в модели Альметьевской синформы интерпретации М.В. Минца (25 км).

Наличие механически жесткого, но трещинно-пористого каркаса в консолидированной коре дает основание провести аналогию с рифом, являющимся механически жестким, но пористым телом. Таким образом, в районах с различным геологическим строением наблюдаются общие закономерности в залегании месторождений углеводородов: под нефтегазоносным блоком находится неоднородность с относительно повышенными упругими свойствами. Она определяет пространственную (лепестковую или овальную) форму разрывной тектоники. Ромашкинское месторождение залегает на относительно более жесткой геологической неоднородности в обрамлении незалеченных наклонных разрывных нарушений.

Заключение

Описанный выше подход к интерпретации сейсмических данных приводит к следующей глубинной модели Ромашкинского нефтяного месторождения. В консолидированной коре месторождение подстилается лепестковой структурой, образующей овоид, его подошва лежит на глубинах 22–25 км. Отдельные отражающие поверхности уходят в верхнюю мантию. Под месторождением в консолидированной коре, возможно, имеет место относительно интенсивная восходящая миграция глубинных флюидов (преимущественно газа), о чем свидетельствует горизонтальная область малоинтенсивной сейсмической записи.

Схожая модель миграции флюида из мантии, пронизывающего разрез с наклонными отражающими границами в кристаллическом фундаменте (рис. 12) ранее была приведена в работе [Павленкова, Ушаков, 2005]. Из анализа схемы отражающих поверхностей, образующих лепестковую структуру, включающую контур Ромашкинского месторождения, можно предположить, что они существенно не экранируют и не перенаправляют флюидные потоки и, следовательно, подтверждают вывод о достаточно густой сетке вертикальных разрывных нарушений (зон трещиноватости). Это соотносится с аномалией плотности теплового потока, выделенной на данной территории [Геотраверс ГРАНИТ..., 2002].

Анализ пространственного местоположения залежей и месторождений флюидного генезиса (включая рудные) в лепестковых структурах, выделенных по данным метода отраженных волн, показывает, что залежь, как правило, находится в ядре одной из синформ, входящих в лепестковую структуру. Этот вывод может быть использован для прогнозирования месторождений полезных ископаемых.

Автор выражает свою признательность А.В. Николаеву за проявленное внимание к изложенному в статье подходу и ценные замечания по дальнейшему направлению исследований, М.В. Минцу – за большую помощь и поддержку исследований.

Статья написана в рамках выполнения государственного задания (тема «Энергетика, динамика и дегазация Земли, теоретические и экспериментальные основы инновационных сейсмоакустических технологий исследования геологической среды и контроля за объектами нефтегазодобычи», № АААА-А16-116021510125-7).

ЛИТЕРАТУРА

Богданова С.В. Земная кора Русской плиты в раннем докембрии (на примере Волго-Уральского сегмента): Тр. ГИН АН СССР. М.: Наука, 1986. Вып. 408. 224 с.

Геотраверс ГРАНИТ: Восточно-Европейская платформа – Урал – Западная Сибирь (строение земной коры по результатам комплексных геолого-геофизических исследований) / Под ред. С.Н. Кашубина. Екатеринбург: Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Свердловской области, ФГУГП «Баженовская геофизическая экспедиция», 2002. 312 с.

Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1–ЕВ, профилям 4В и Татсейс: В 2 т. + комплект цветных приложений. М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2010. Т. 1. 408 с.

Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Нургалеев Д.К. Некоторые генетические аспекты формирования Ромашкинского нефтяного месторождения и его сателлитов // Отечественная геология. 2005. № 3. С. 3–11.

Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г. Глубинная геодинамика: Тр. ОИГГМ СО РАН. Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1994. Вып. 830. 299 с.

Краснопевцева Г.В., Кузин А.М. Новые данные по изучению глубинного строения Южно-Татарского свода и его юго-восточного обрамления по профилю ГСЗ «Черемшан–Мелеуз» // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезисы: Материалы Всерос. конф., М.: ГЕОС, 2008. С. 233–236.

Кузин А.М. Разработка методики прогноза залежей флюидального генезиса по данным сейсмических методов // Прикладная геофизика. М.: Недра, 1994. Вып. 131, С. 396–406.

Кузин А.М. Геофизическая среда и интерпретация сейсмических данных // Международная геофизическая конференция «300 лет горно-геологической службе России»: Тез. докл. СПб., 2000. С. 132–133.

Кузин А.М. Условия сохранения как поисковый критерий для крупных месторождений флюидального генезиса // Приоритетные направления поисков крупных и уникальных месторождений нефти и газа: Сб. ст. М.: Геоинформмарк, 2004. С. 192–211.

Кузин А.М. О флюидной составляющей процесса образования зон трещиноватости и разрывных нарушений // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014. № 5. С. 43–50.

Кузин А.М. Дегазация и методологические аспекты интерпретации данных сейсмического метода. Ч. 1. Методологические положения // Пространство и время. 2015. № 1–2(19–20). С. 302–306.

Кузин А.М. Дегазация и методологические аспекты интерпретации данных сейсмического метода. Ч. 2. Методологические положения // Пространство и время. 2015. № 3(21). С. 270–277.

Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред. М.: Недра, 1984. 232 с.

Павленкова Н.И., Ушаков А.Л. О проблемах неоднозначности интерпретации данных ГСЗ на примере профиля Fennolora (Балтийский щит) // Физика Земли. 2005. № 2. С. 41–51.

Проект БАТОЛИТ-2-1989. Профиль «Манаш – п. Карачаганак» // Атлас «Опорные геолого-геофизические профили России». Глубинные сейсмические разрезы по профилям ГСЗ, отработанным в период с 1972 по 1995 год. Электронное издание – CD-диск (рег. свид. № 0321304843). СПб.: ВСЕГЕИ. 2013. С. 45–47.

Трофимов В.А. Глубинные сейсмические исследования МОВ-ОГТ на геотраверсе Татсейс-2003, пересекающем Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию (по линии Воротиловская СГС – Пижма – Яранск – Мари-Турек – Кукмор – Альметьевск – Стерлитамак) // Геотектоника. 2006. № 4. С. 3–20.

Трофимов В.А. Глубинные региональные сейсморазведочные исследования МОГТ нефтегазоносных территорий. М.: ГЕОС, 2014. 202 с.

Филиппова И.Б., Минц М.В., Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А. Объемная модель глубинного строения и история формирования Волго-Уральского кратона:

Свидетельства плюмовой природы уникального гранулитогнейсового комплекса // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики: Материалы XLI Тектонического совещ. Т. 2. М.: 2007. С. 379–383.

Шевченко В.И., Арефьев С.С., Лукк А.А. Близвертикальные скопления очагов землетрясений, не связанные с тектонической структурой земной коры // Физика Земли. 2011. № 4. С. 16–38.

Feng C.C., Teng T.L. Three-dimensional crust and upper mantle structure of the Eurasian Continent // J. Geophysics. Res., B, 1983, Vol. 88, No 3, P. 2261–2272.

ПРИЛОЖЕНИЕ

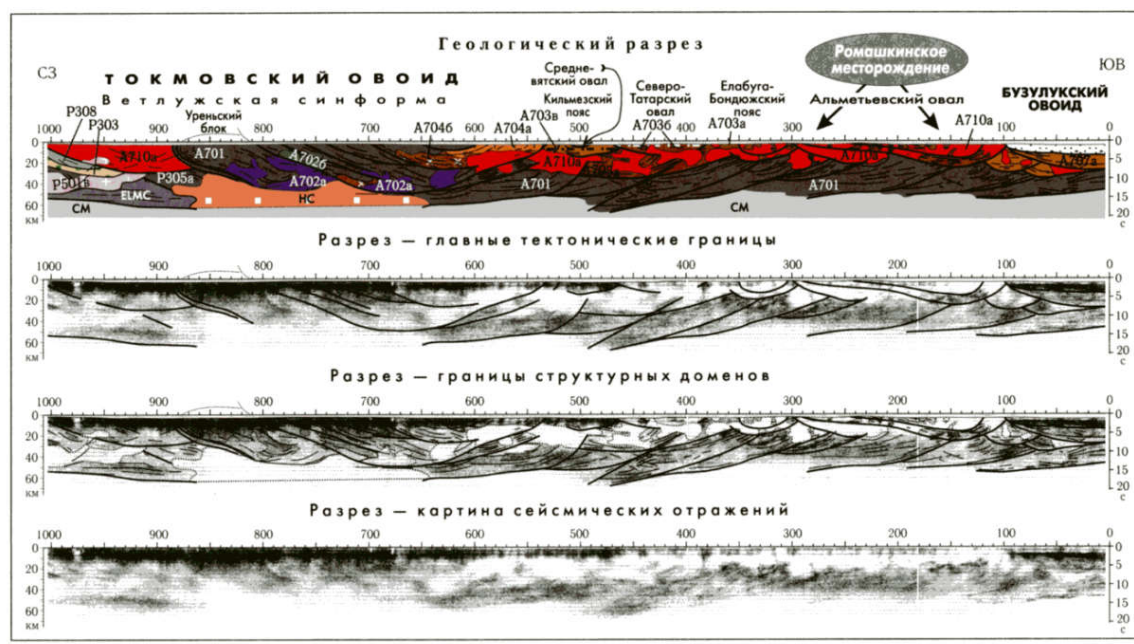


Рис. 1. Глубинный разрез по геотраверсу Татсейс [Филиппова и др., 2007], полученный на основе временного разреза, опубликованного в [Трофимов, 2006; Глубинное строение..., 2010]

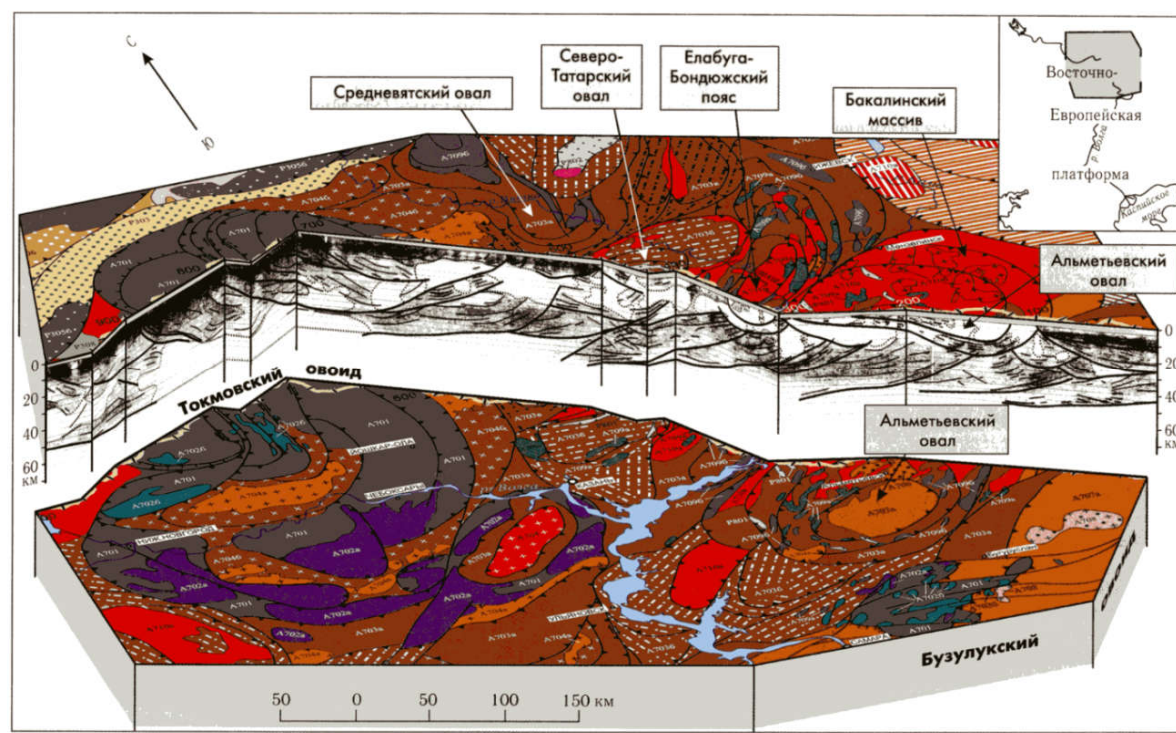


Рис. 2. Объемная модель глубинного строения коры Волго-Уральского кратона. Совмещение геологической карты по поверхности фундамента и сейсмического образа коры по геотраверсу Татсейс [Глубинное строение....., 2010]

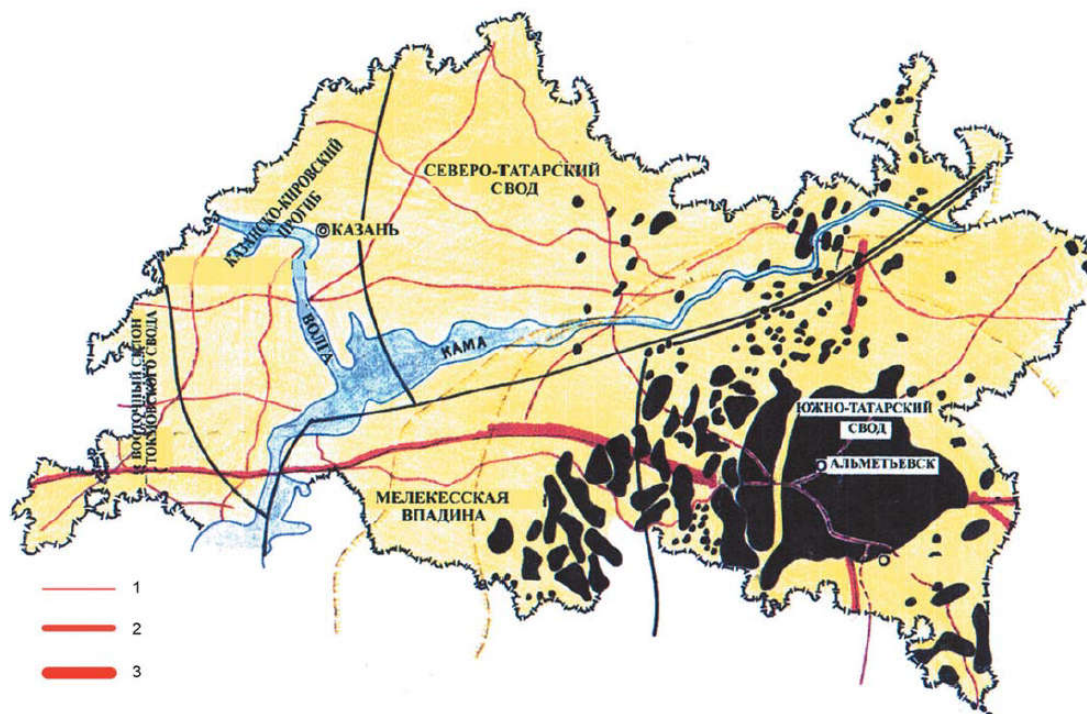


Рис. 3. Схема региональных профилей МОГТ. Длительность записи: 1 – 3–5 с; 2 – 16 с [Трофимов, 2014]

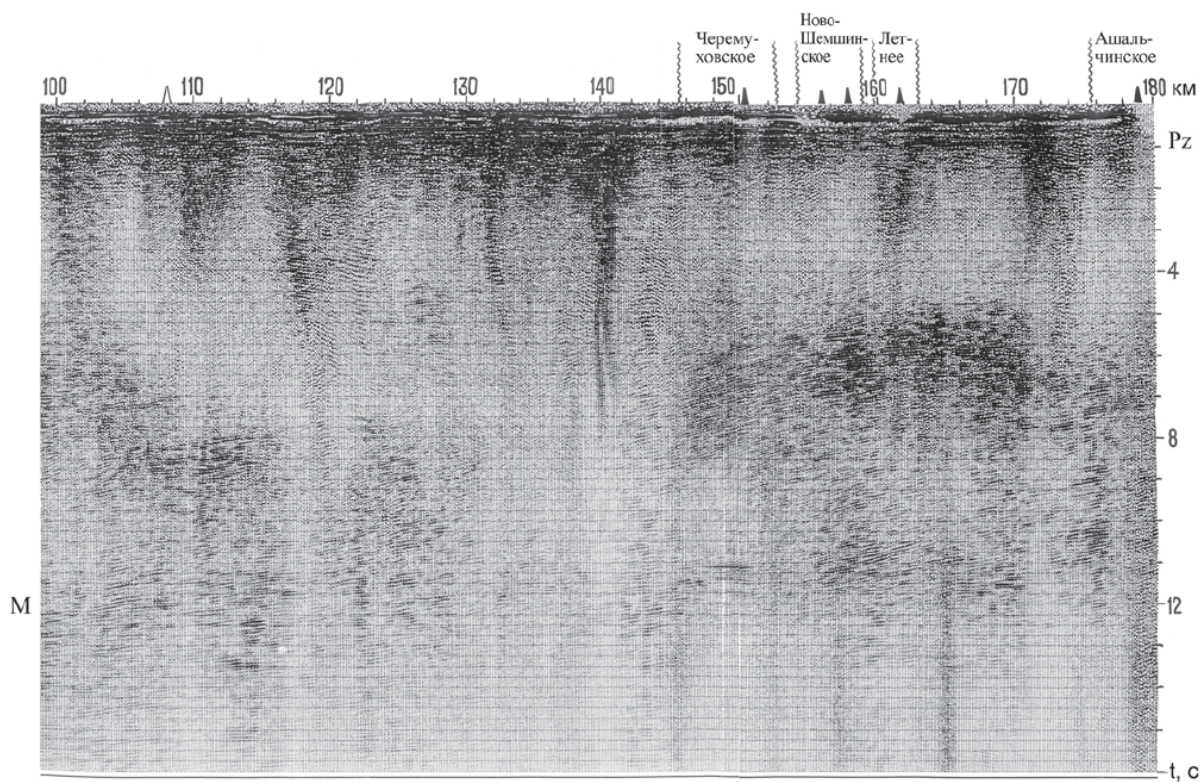


Рис. 4. Фрагмент временного разреза по региональному профилю 11 [Трофимов, 2014]

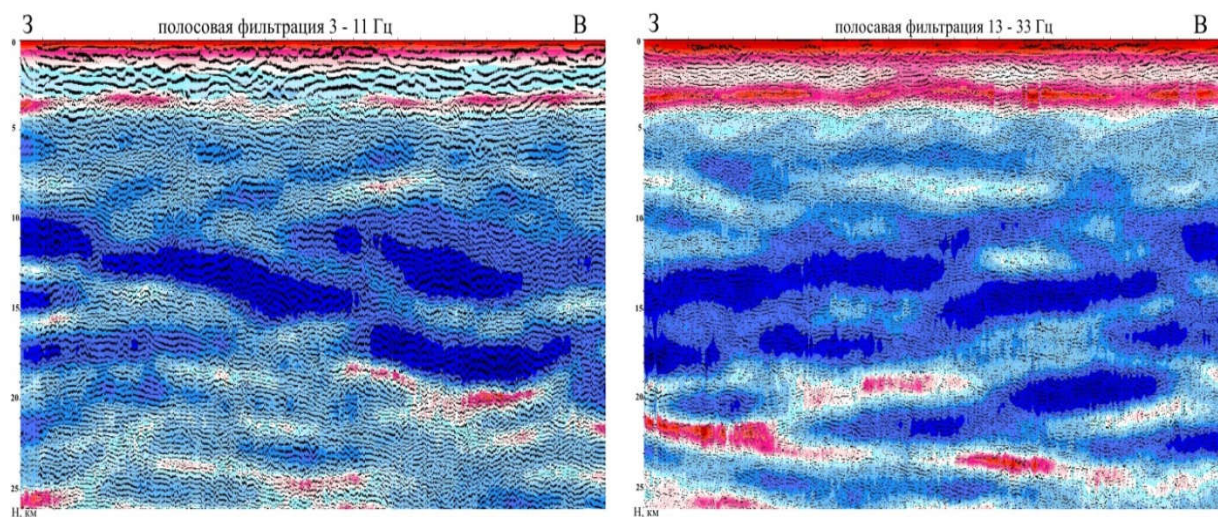


Рис. 5. Разрезы интервальной скорости, полученные по методу параметрической развертки отображений и совмещенные временными разрезами в глубинном масштабе: а – после полосовой фильтрации 3–11 Гц; б – после полосовой фильтрации 13–33 Гц

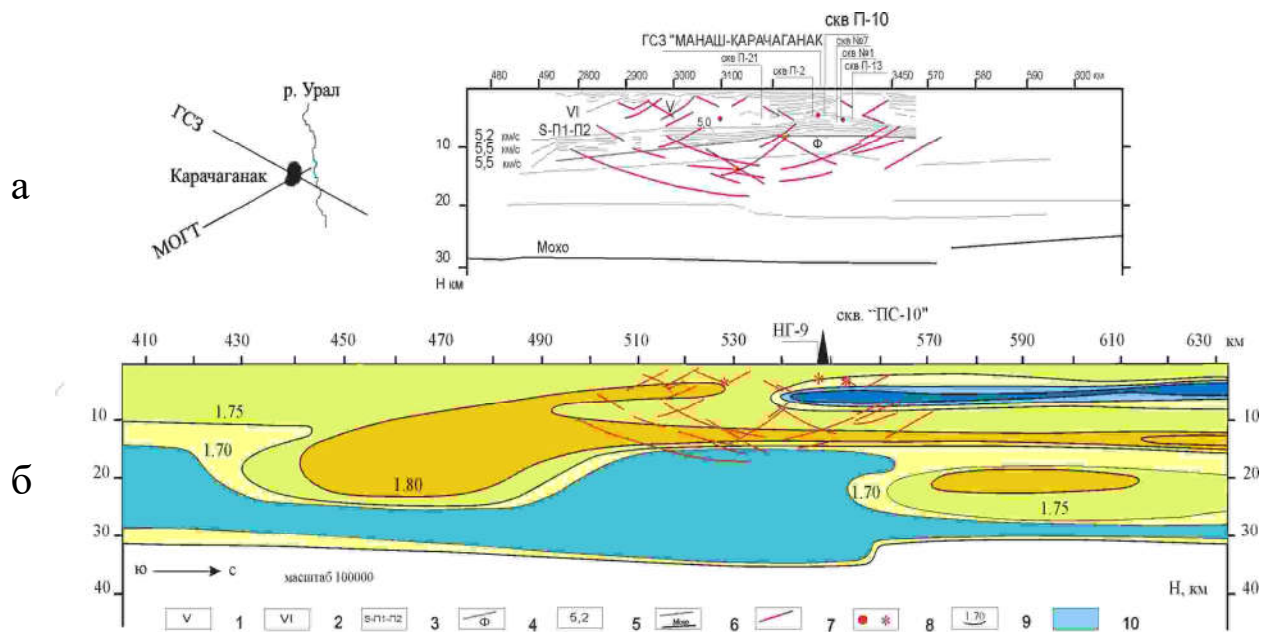


Рис. 6. Комплексная интерпретация данных МОГТ и ГСЗ:

а – фрагмент сейсмогеологического разреза по профилю МОГТ «НГ-9», граница кристаллического фундамента и границы в консолидированной коре по данным ГСЗ, профиль «Манаш – Карачаганак» [Проект БАТОЛИТ-2 – 1989..., 2013];

б – разрез отношения скоростей V_p/V_s по геотраверсу «Манаш – Карачаганак» с отражающими границами по данным «НГ-9» МОГТ [Кузин, 1994].

Условные обозначения: 1, 2, 3, – отражающие границы в осадочном комплексе пород по данным МОГТ; 4 – граница кристаллического фундамента; 5 – значения пластовой скорости по данным МОГТ в км/с (интерпретация ВНИИГеофизики); 6 – границы в консолидированной коре [Проект «БАТОЛИТ-2 – 1989..., 2013»]; 7 – отражающие границы – разрывные нарушения, построенные по данным МОГТ; 8 – точки дифракции по данным МОГТ; 9 – изолинии V_p/V_s ; 10 – область со значениями 1,70 V_p/V_s [Кузин, 1994]

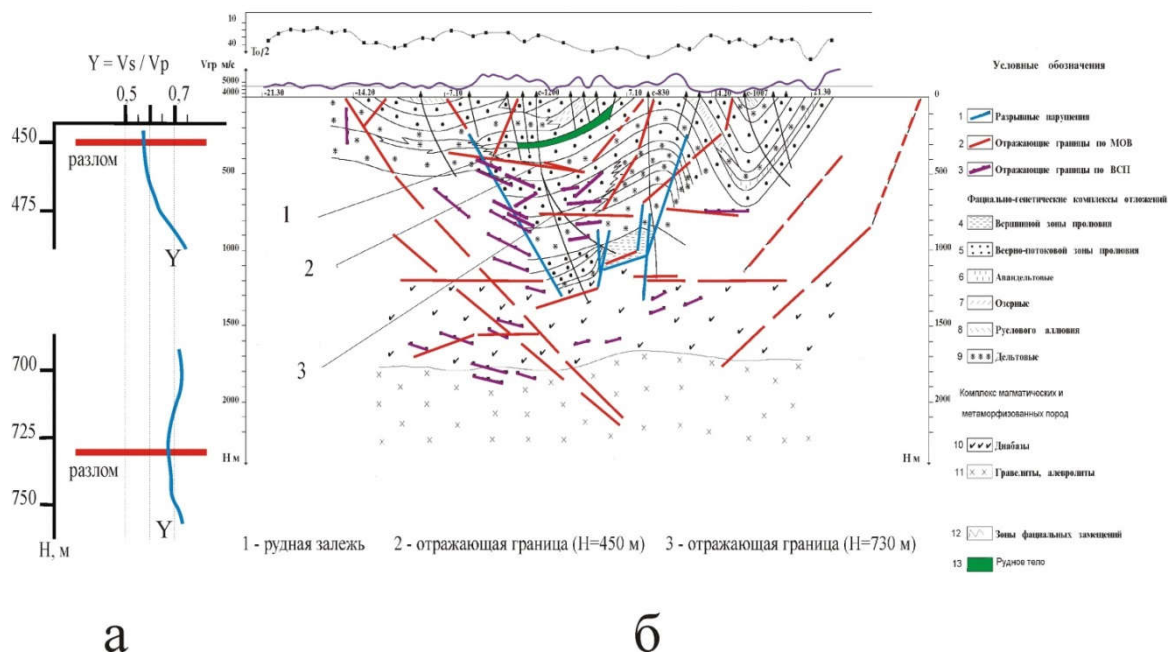


Рис. 7. Комплексная интерпретация данных МОВ и ВСП и АК: а – сейсмогеологический разрез по данным высокочастотных наблюдений МОВ, Северный Казахстан, урановое месторождение (по материалам Степгеология, 1987 г.), над разрезом помещены графики $T_0/2$ и V_γ ; б – графики отношения $\gamma = V_s/V_p$, вычисленные по данным акустического каротажа (скважина № 1200)

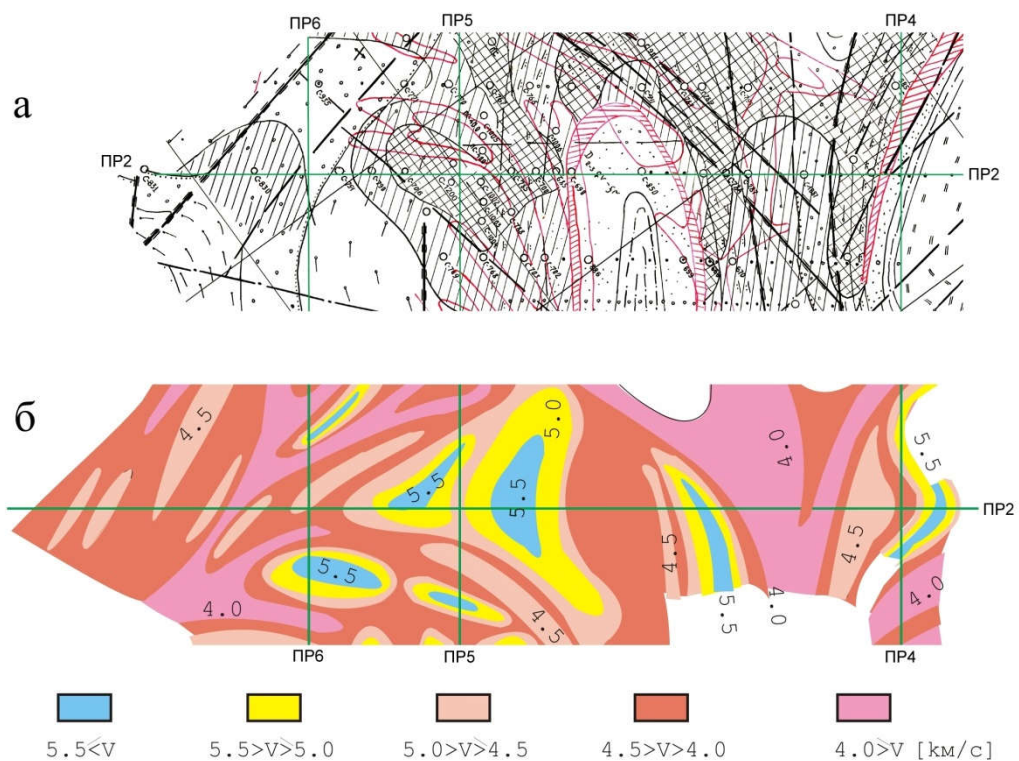


Рис. 8. Урановое месторождение Северный Казахстан: а – фрагмент геологической схемы месторождения (по материалам Степгеология, 1987 г.); б – фрагмент карты граничной скорости

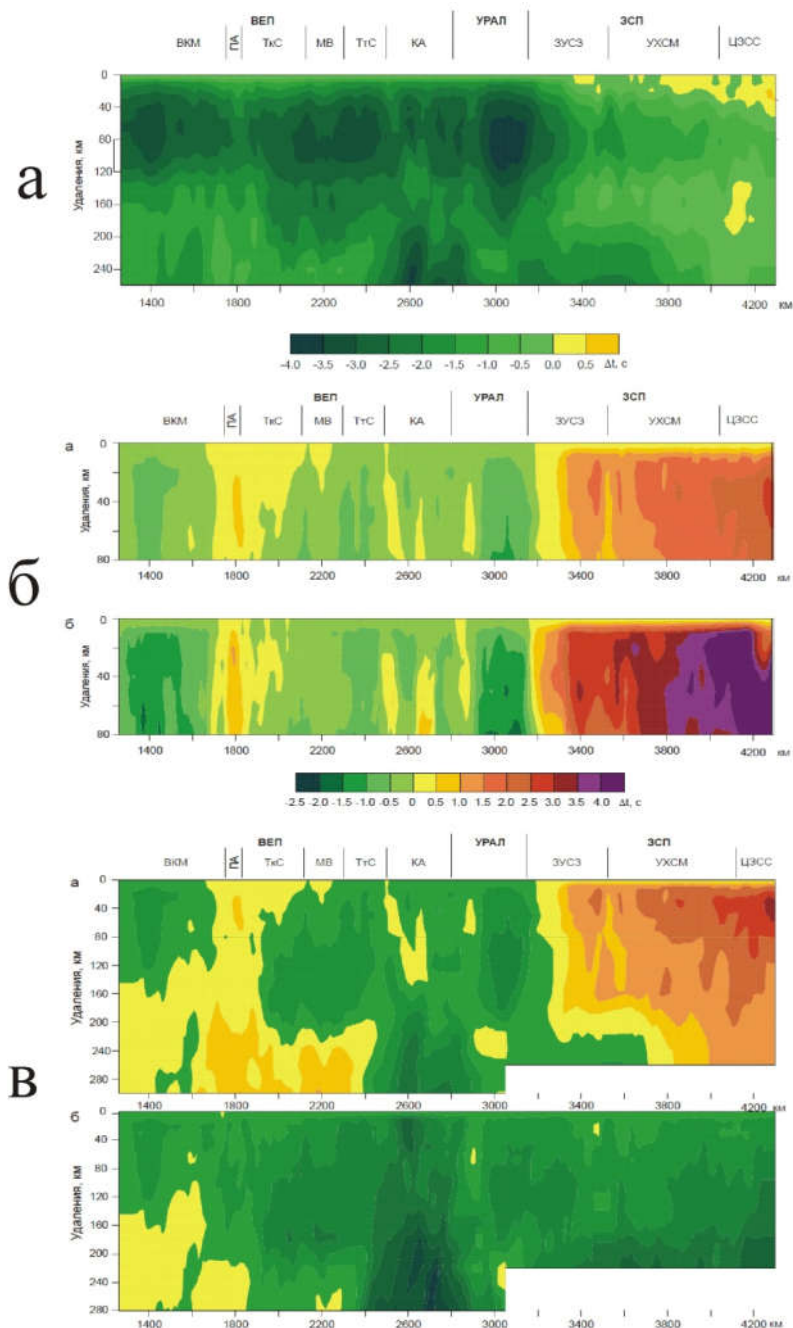


Рис. 9. Отклонения наблюдаемых времен пробега вступлений Р- и S-волн:
а – отклонения наблюдаемых времен вступлений P_0 -волн от базового годографа Г.В. Краснопетцевой: ВЕП – Восточно-Европейская платформа, ЗСП – Западно-Сибирская плита, ВКМ – Воронежский кристаллический массив, ПА – Пачемский авлакоген, ТкС – Токмовский свод, МВ – Мелекесская впадина, ТтС – Татарский свод, КА – Калтасинский авлакоген; ЗУСЗ – Зауральская складчатая зона; УХСМ – Уват-Хантымансийский срединный массив, ЦЗСС – Центрально-Западносибирская складчатая система [Геотраверс ГРАНИТ..., 2002];
б – отклонения наблюдаемых времен P_0 -волн (а) и S_0 -волн (б) от соответствующих средних годографов по геотраверсу ГРАНИТ [Геотраверс ГРАНИТ..., 2002];
в – отклонения наблюдаемых времен вступлений P_0 -волн от среднего годографа по геотраверсу ГРАНИТ (а), то же после приведения значений вступлений P_0 -волн к поверхности консолидированного фундамента (б) [Геотраверс ГРАНИТ..., 2002]

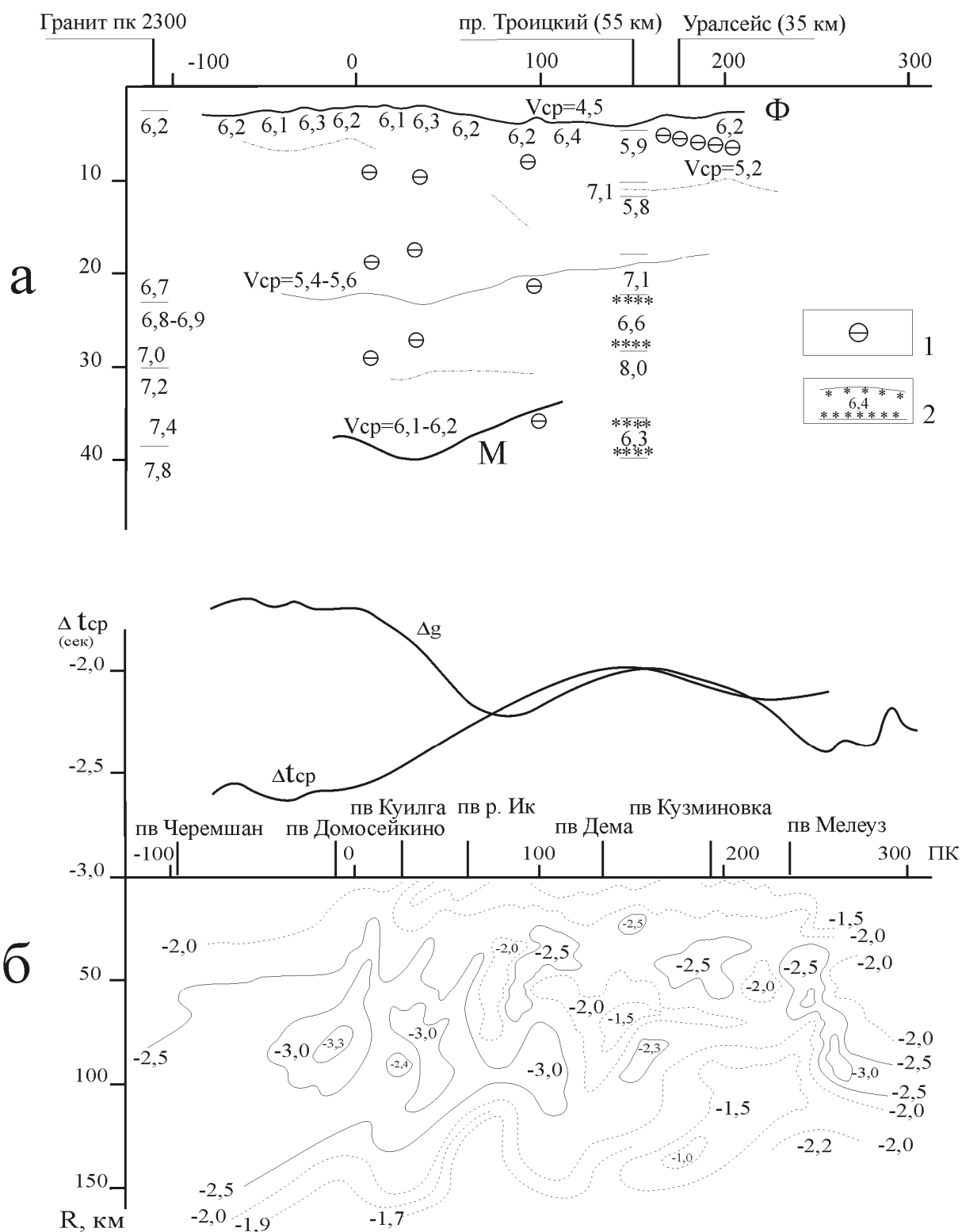


Рис. 10. Комплексная интерпретация данных ГСЗ по профилю «Черемшан–Мелеуз»: а – глубинный сейсмический разрез: 1 – точки обмена по МОВЗ, 2 – волновод; б – разрез временных аномалий $\Delta t(R)$ первых коровых Р-волн по наблюдаемым годографам, Δt_{cp} – осредненная временная аномалия [Краснопевцева, Кузин, 2008]

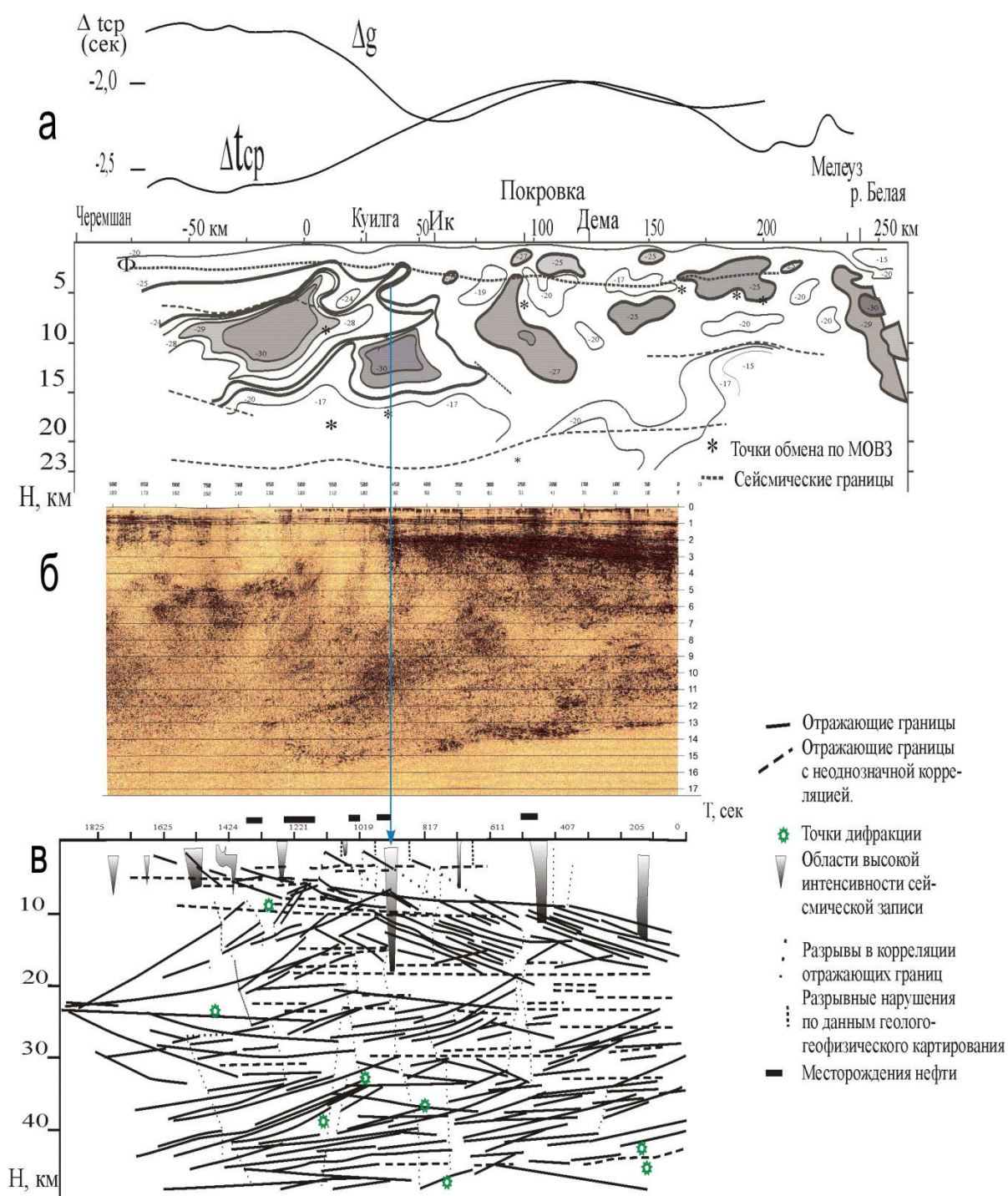


Рис. 11. Комплексная интерпретация данных ГСЗ и МОГТ:
 а – глубинный разрез по профилю ГСЗ «Черемшан – Мелеуз» временных аномалий $\Delta t(R)$ первых коровых Р-волн; б – фрагмент временного разреза по геотраверсу Татсейс; в – глубинный разрез по этому фрагменту геотраверса Татсейс [Кузин, 2008]

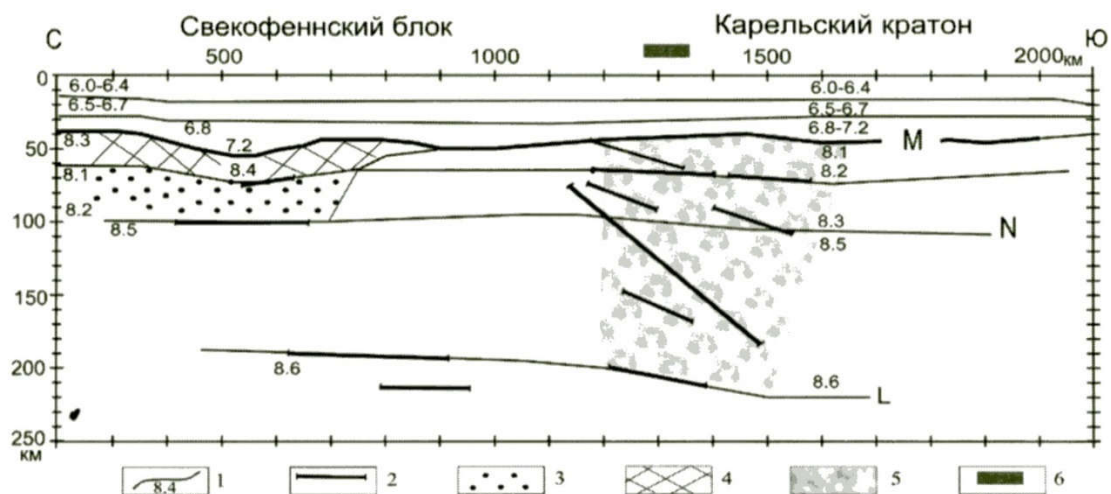


Рис. 12. Сейсмический разрез литосферы Балтийского щита по профилю ГСЗ Fennoloka [Павленкова, Ушаков, 2005]: 1 – изолинии скорости, 2 – отражающие площадки, 3 – слой с пониженной скоростью, 4 – слой с повышенной скоростью, 5 – зона нарушений в верхней мантии, 6 – область расположения крупного месторождения