

УДК 550.8.01



Кузин А.М.

Модель глубинного строения Прикаспийской впадины по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов

Кузин Алексей Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем нефти и газа РАН, Москва

ORCID ID <http://orcid.org/0000-0003-0402-1928>

E-mail: alexey-m-kouzin@j-spacetime.com; amkouzin@ya.ru

На основе данных региональных сейсмических профилей глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) «Манаш — Карачаганак», «Оренбург — Эмба», «Краснодар — Эмба», «Элиста — Бузулук», «Замьяны — Вязовка», «Волгоград — Нахичевань» и метода общей глубинной точки (МОГТ): «ЕВ-1», «НГ-9», «Батолит-2» автором представлена непротиворечивая между данными ГСЗ и МОГТ геомеханическая модель Прикаспийской впадины, включающая кровлю верхней мантии. Эта модель составлена в рамках методологии интерпретации сейсмических данных, изложенной автором в докладе на тектоническом совещании в 2012 г.

В представленной модели объясняются причины отсутствия месторождений углеводородов в центральной части впадины. По последним данным интерпретации сейсмических исследований внесены уточнения в модель консолидированной коры и нижних горизонтов осадочного комплекса пород Астраханского свода. Дано объяснение возможных причин образования наклонных отражающих границ в пределах Прикаспийской впадины и её обрамления.

Ключевые слова: дегазация; методология; интерпретация; твердое тело; сейсмическая граница; скорость сейсмических волн; разломы; Прикаспийская впадина.

О закономерностях распределения скоростных неоднородностей земной коры нефтегазоносных районов по данным наблюдений многоволновых ГСЗ

Прикаспийская впадина выделяется особой картиной расположения месторождений углеводородов. Все крупные месторождения расположены в обрамлении впадины, независимо от геологического строения и истории развития вмещающих месторождения структурно-породных комплексов. На протяжении 80-х и начала 90-х гг. XX в. считалось, что крупные и гигантские месторождения углеводородов могут находиться в центральной части впадины, в последующем, что они залегают только на больших глубинах. Очевидно, что такие представления были основаны на известном факте наличия значительной мощности (около 20—25 км) осадочного чехла в центральной части впадины. Действительно, большая мощность осадочного чехла может рассматриваться как благоприятный фактор для нефтегазообразования — экранирование флюидных и тепловых потоков. В то же время, убедительного объяснения закономерности размещения всех крупных месторождений в бортовых частях впадины в публикациях, известных автору, не отмечено.

По поверхности архейско-протерозойского фундамента (преломляющая граница с $V_r = 6,2-7,2$ км/с) Прикаспийская впадина резко асимметрична: западный и северный борта крутые, а восточный и южный сравнительно пологие [Аксенов и др. 1985]. Различие глубинного строения между восточным и западным бортами впадины уверенно прослеживается в нижние горизонты коры. В подошве коры под месторождениями: Оренбургским, Карачаганак, Жонажол и др. значения V_p/V_s относительно пониженные, под Астраханским сводом относительно повышенные.

В работе [Юдахин и др. 2003] приведена классификация сейсмических моделей земной коры и верхней мантии осадочных бассейнов. Специфическими чертами Прикаспийской впадины (модель I, стр. 67) являются: аномальная мощность осадочных отложений в центральной части впадины, с тонкой консолидированной корой, резкий скачок скорости продольных волн (V_p) при переходе от коры к мантии. В центральной части впадины в верхней мантии в интервале глубин 40—60 км залегают высокоскоростное тело. Оно прослеживается под Астраханским сводом. В других бортовых частях впадины оно отсутствует. Существенное различие наблюдается в верхней мантии непосредственно под месторождениями углеводородов, так под Астраханским значения $V_p = 8,10$ км/с, $V_p/V_s = 1,73$, под Жонажол-Кинкиак $V_p = 8,00$ км/с, $V_p/V_s = 1,68$ [Булин, Егоркин 2000]. Следовательно, различие распределения V_p и V_p/V_s в разрезах южной и восточной частей впадины прослеживается от верхней части коры и до верхней мантии включительно.

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

При переинтерпретации данных многоволновых ГСЗ было установлено, что месторождения: Астраханское (профиль «Краснодар — Эмба», **рис. 1А**), Оренбургское, Нагумановское, Шуваловское, Таращанское, Верхнеуральское (Эмба-Оренбург, **рис. 2**), Карачаганак (Манаш-Карачаганак, **рис. 3Б**), Жонажол, Кинкияк, Алибек-Мола (профиль «Колпашево-Эмба», **рис. 4**) залегают на жестких неоднородностях, характеризующихся пониженными значениями отношения скорости продольных волн к поперечным (V_p/V_s) [Кузин 1994]. Как известно, наиболее сильное влияние на параметр V_p/V_s оказывает содержание флюида. Повышенное содержание газовой фазы в породе (при сохранении жестких структурных связей) может приводить к отрицательным значениям коэффициента Пуассона [Кузин и др. 2004].

Примерно в то же период Г.В. Краснопевцевой была выполнена переинтерпретация по профилям ГСЗ «Краснодар — Эмба», «Манаш — Карачаганак», «Замьяны — Вязовка» и «Волгоград — Нахичевань» по нестандартной методике. Она состояла в построении разрезов отклонений времен (Δt) прихода первых коровых Р-волн по отношению к среднестатистическому годографу. Этот способ обладает теми преимуществами, что на модель среды не накладывается никаких условий, не нужно учитывать строение верхней части разреза, значения Δt несут объективную информацию о распределении истинной скорости в разрезе.

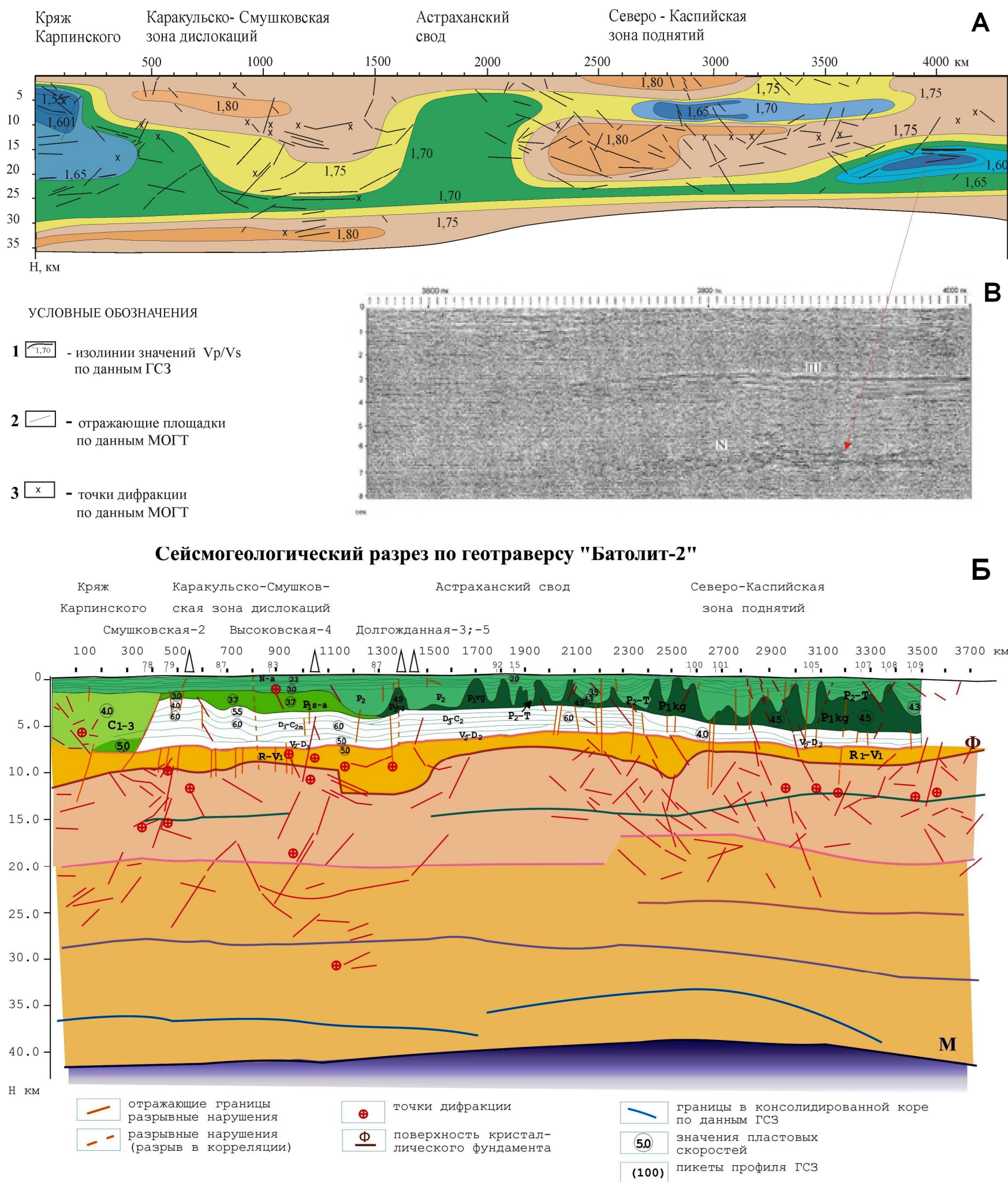


Рис. 1. А — фрагмент разреза отношения скоростей V_p/V_s по геотраверсу ГСЗ «г. Краснодар — р. Эмба» с отражающими границами по данным МОГТ [Кузин 1994]. Условные обозначения: 1 — изолинии отношения скоростей V_p/V_s по данным ГСЗ; 2 — отражающие площадки по данным МОГТ; 3 — точки дифракции по данным МОГТ; **Б** — фрагмент сейсмогеологического разреза по профилю «Батолит-2» МОГТ. Граница кристаллического фундамента и границы в консолидированной коре по данным ГСЗ, геотраверс «г. Краснодар — р. Эмба» [Проект БАТОЛИТ-2... 2013]; **В** — фрагмент временного разреза по профилю МОГТ «Батолит-2» [Кузин 1994, 2004]

Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов

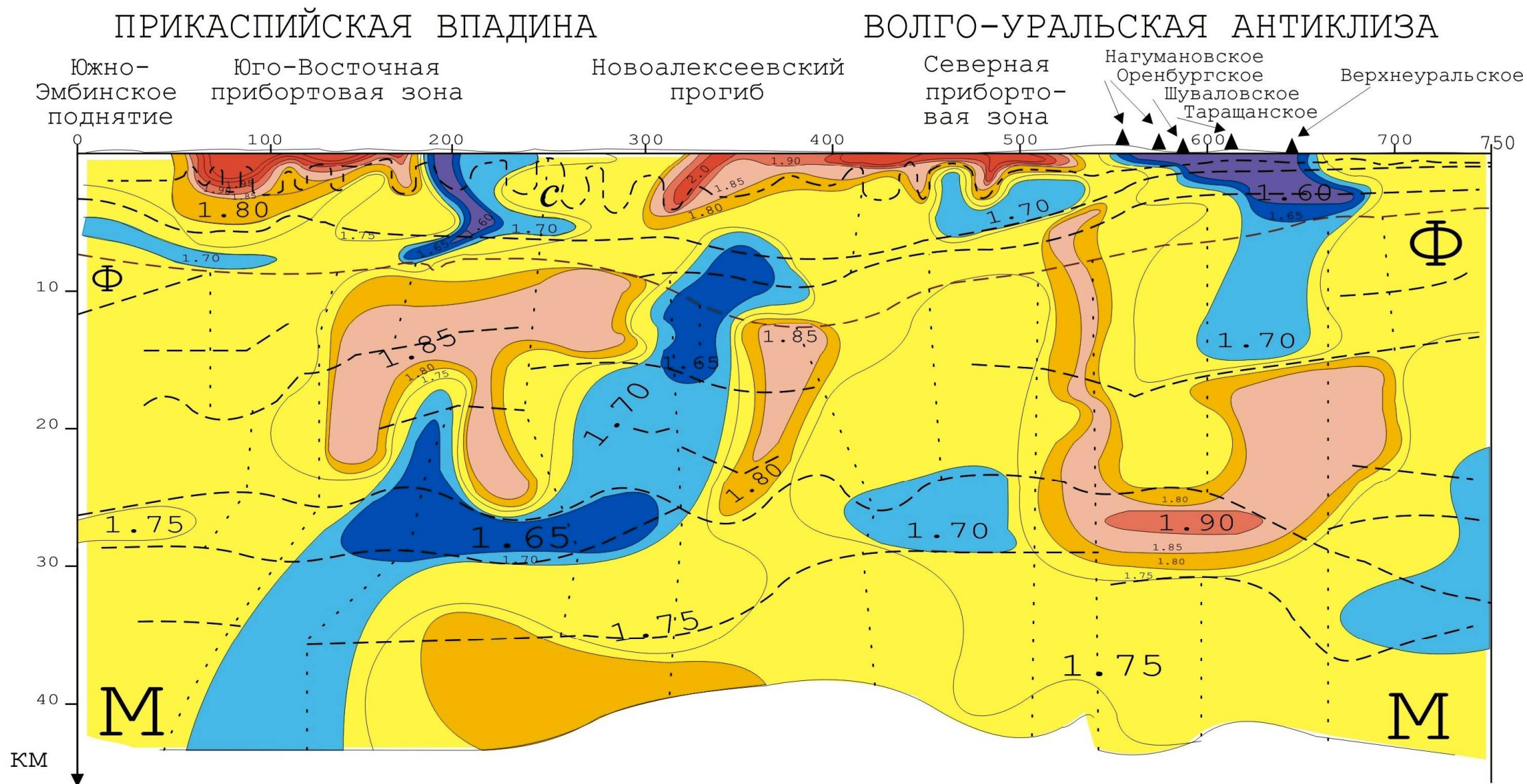


Рис. 2. Разрез отношения скоростей V_p/V_s по геотранверсу «р. Эмба — г. Оренбург», построен по данным [Проект БАТОЛИТ-2... 2013].

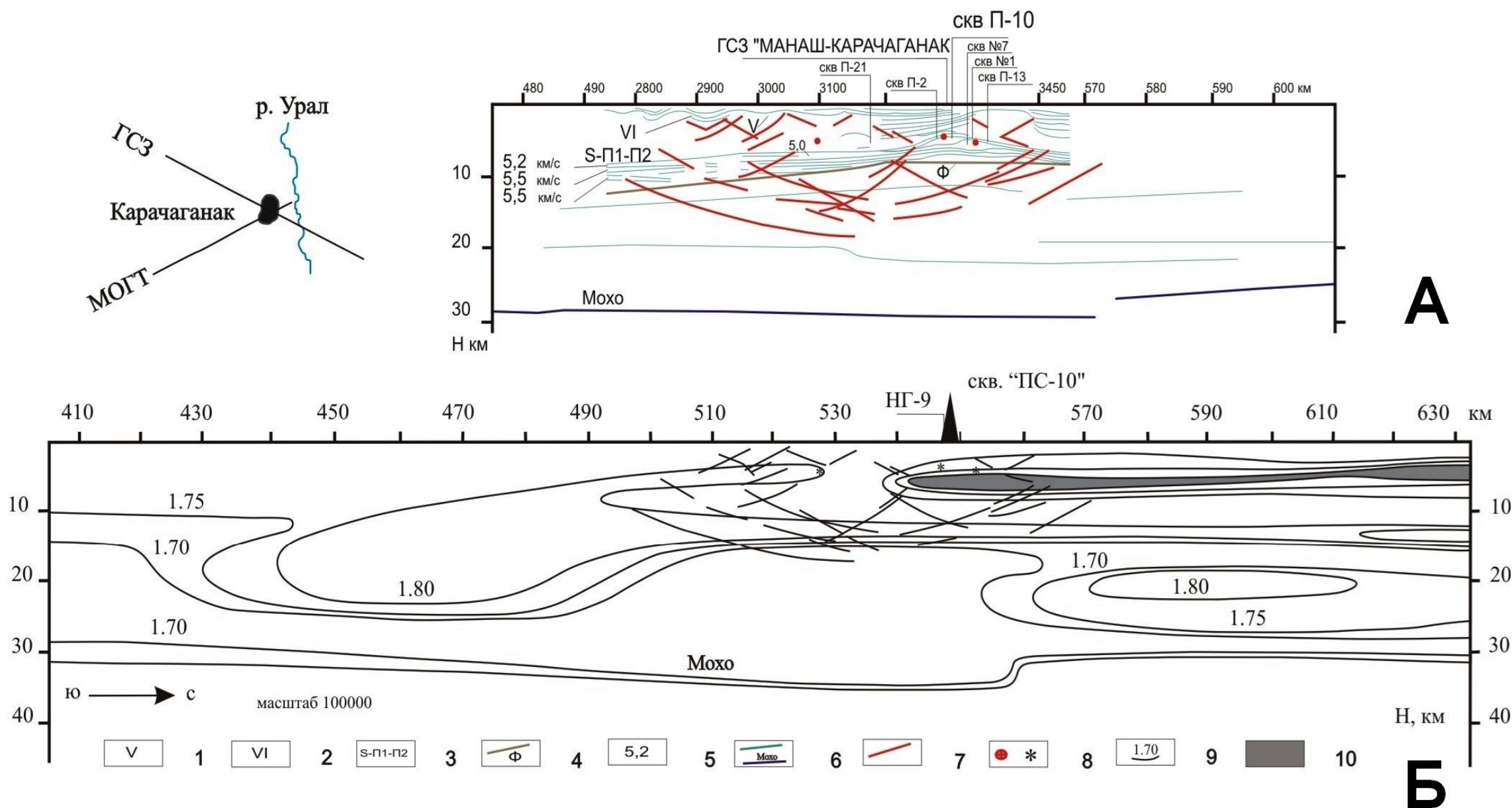


Рис. 3. А — фрагмент сейсмогеологического разреза по профилю МОГТ «НГ-9». Граница кристаллического фундамента и границы в консолидированной коре по данным ГСЗ, профиль «Манаш — Карачаганак» [Проект БАТОЛИТ-2... 2013]; Б — разрез отношения скоростей V_p/V_s по геотранверсу «Манаш — Карачаганак» с отражающими 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... 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]

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
ПО ДАННЫМ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ МОГТ-ГСЗ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ**

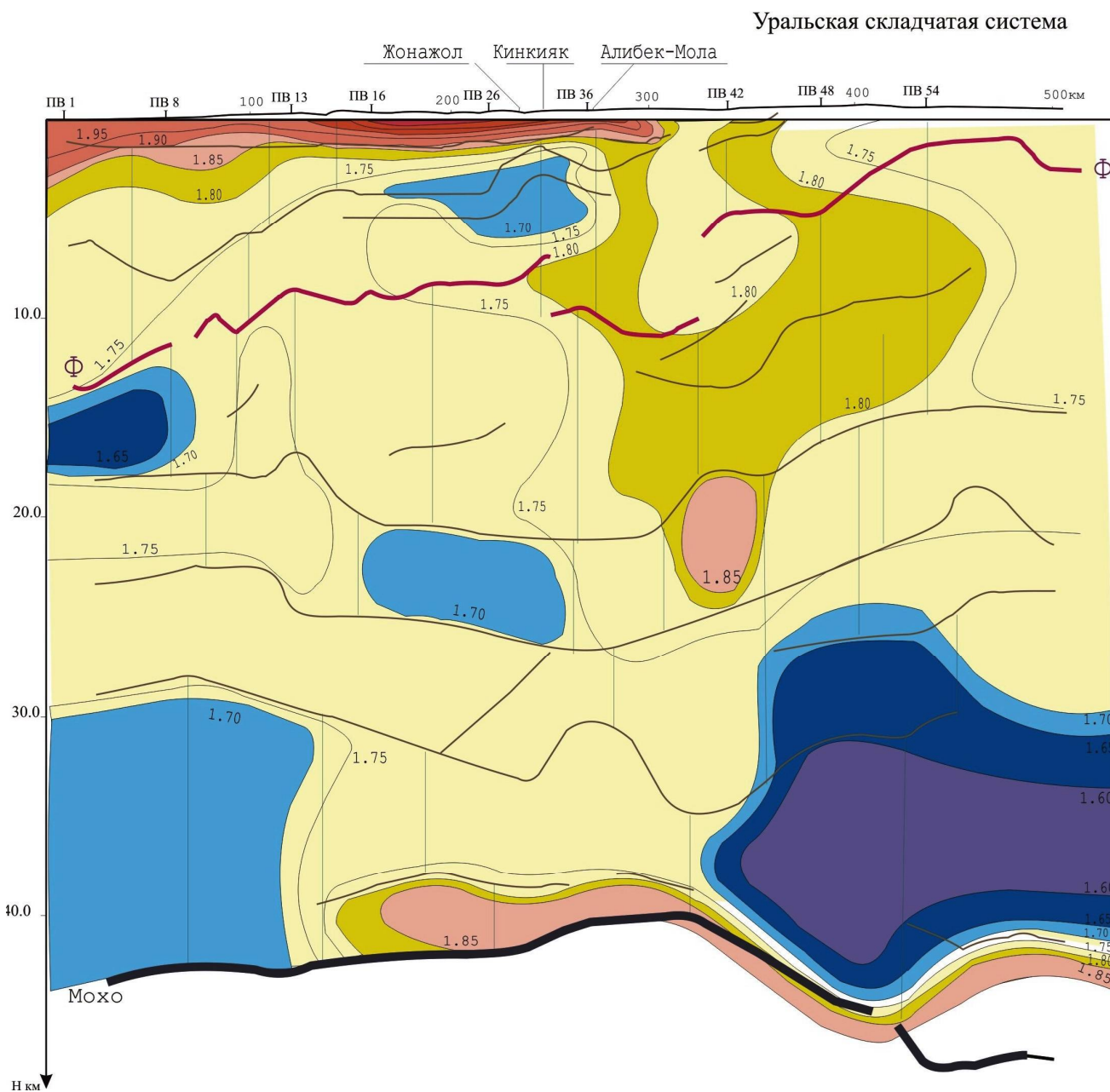


Рис. 4. Разрез отношения скоростей V_p/V_s по геотраверсу «Колпашево — р. Эмба», построен по данным [Проект БАТОЛИТ-2... 2013].

На схеме объёмного распределения Δt для района Астраханского месторождения (рис. 5) отмечается присутствие узкой субвертикальной низкоскоростной зоны (положительные значения Δt). На разрезах Δt профилей «Замьяны — Вязовка» и «Краснодар — Эмба», построенных в последующие годы уже с большей детальностью (рис. 6, 7) эта зона разделяет на две половины крупные высокоскоростные неоднородности (отрицательные значения Δt), залегающие над кристаллическим фундаментом.

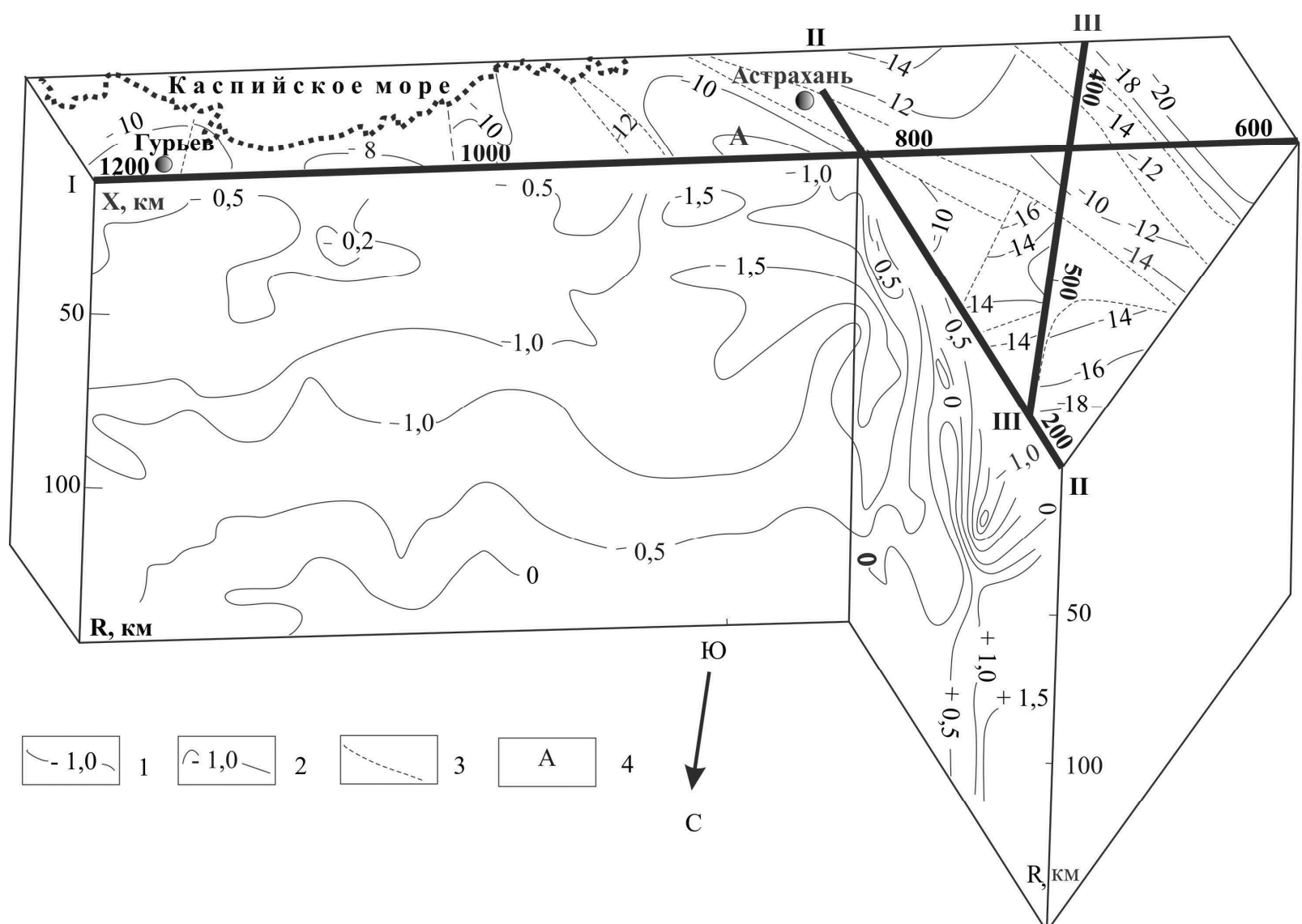


Рис. 5. Схема объёмного распределения параметра Δt для района Астраханского месторождения: **1** — изолинии Δt в сек.; **2** — изогипсы по кровле фундамента в метрах; **3** — тектонические нарушения по фундаменту; **4** — Астраханское газоконденсатное месторождение. Δt в районе Астраханского месторождения (по данным Г.А. Краснопевцевой). Фрагменты профилей ГСЗ: **I—I** — «г. Краснодар — р. Эмба»; **II—II** — «Замьяны — Вязовка»; **III—III** — «Волгоград — Нахичевань» [Сафонов и др. 1994]

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

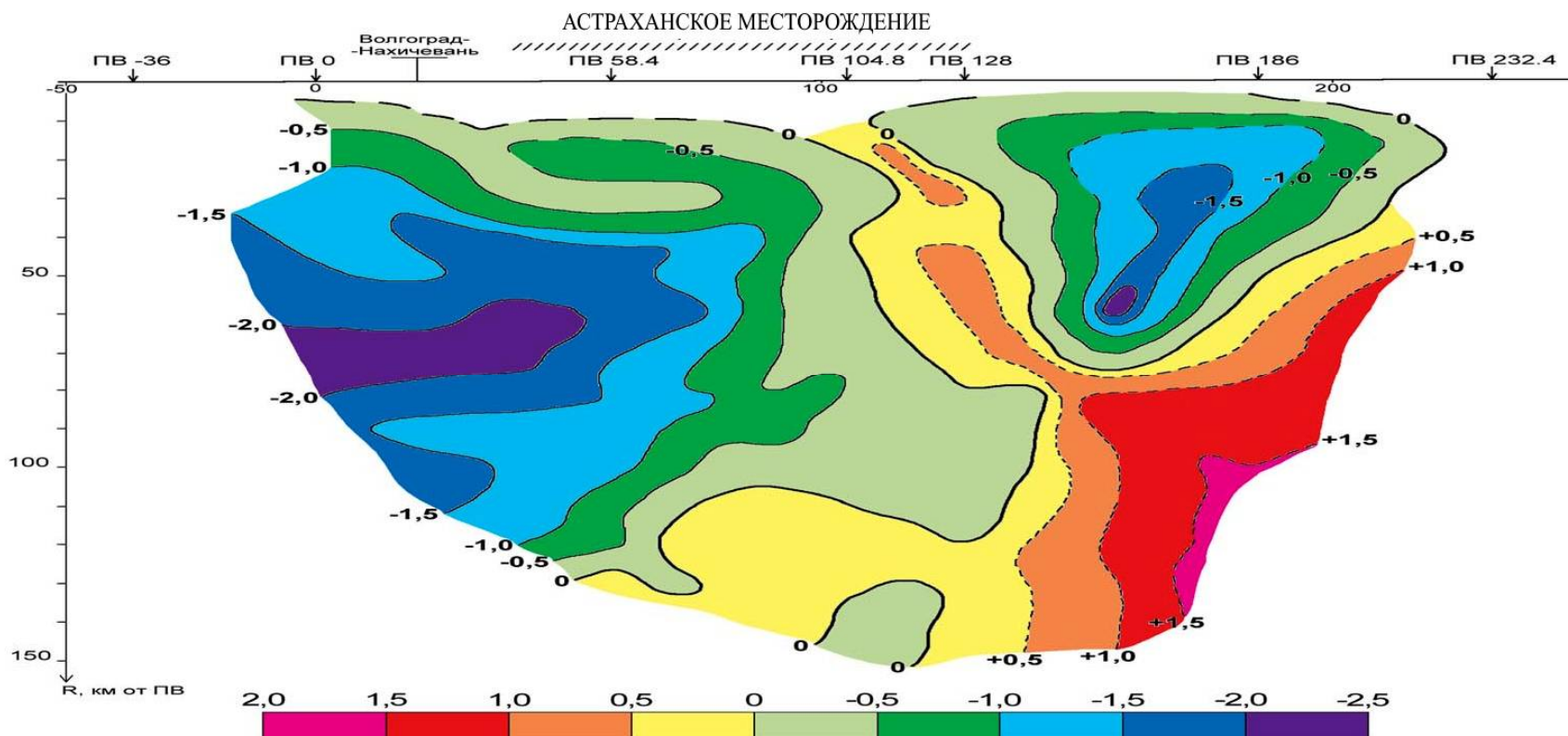


Рис. 6. Разрез временных аномалий $\Delta t(R)$ первых коровых Р-волн по наблюдаемым годографам на профиле ГСЗ «Замьяны — Вязовка» (новая интерпретация Г.В. Краснопевцевой, 2003 г.).

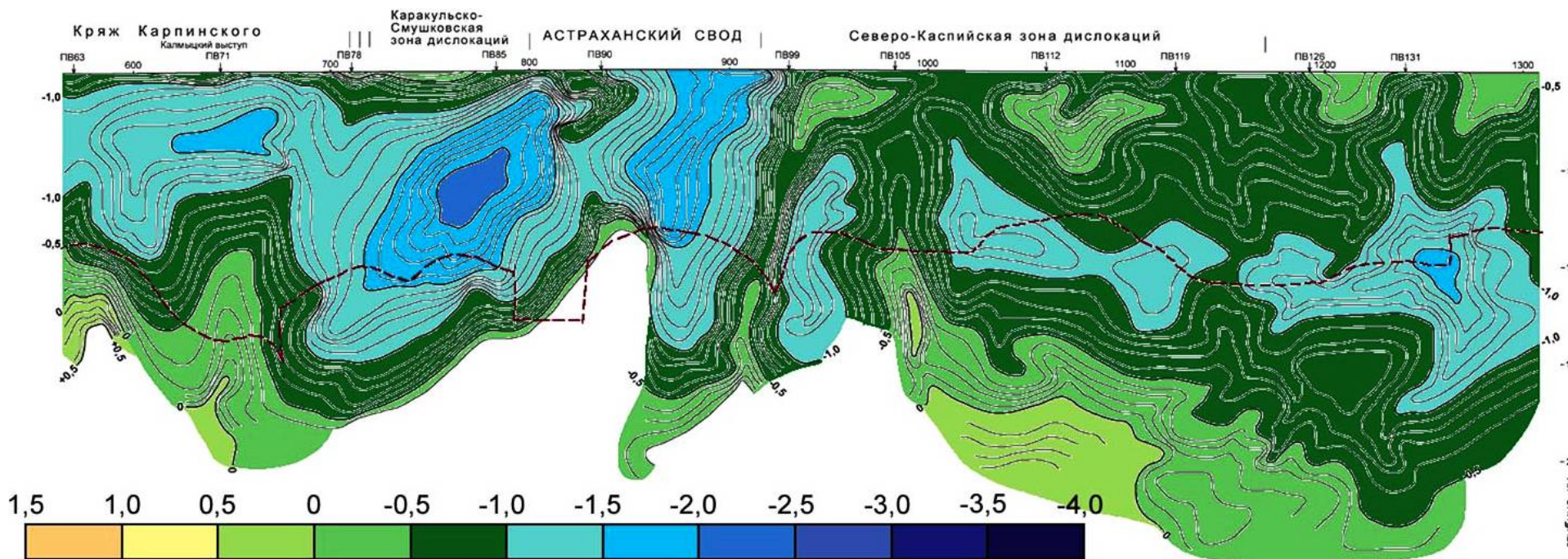


Рис. 7. Разрез временных аномалий $\Delta t(R)$ первых коровых Р-волн, по наблюдаемым годографам на геотраверсе ГСЗ «г. Краснодар — р. Эмба» [Кузини др. 2004]

По сравнению с разрезом V_p/V_s (рис. 1) разрез параметра Δt позволяет выделить особенности распределения скорости, в частности, переменной мощности низкоскоростную зону с крутым падением на юго-запад.

В тоже время, между разрезом V_p/V_s и тектоническим строением наблюдается очень хорошая согласованность. Кряж Карпинского выделяется низкими значениями V_p/V_s , Каракульско-Смушковская зона дислокации — повышенными значениями V_p/V_s , Астраханский свод — пониженными V_p/V_s , Северо-Каспийская зона поднятий — низкими значениями V_p/V_s . Следовательно, параметр V_p/V_s не только позволяет выделить тектонические структуры в разрез, но и идентифицировать их по упругим свойствам.

Гораздо лучшим совпадением распределений параметров V_p/V_s и Δt на разрезах отличается картина распределения этих параметров для месторождения Карачаганак (рис. 3б, 8).

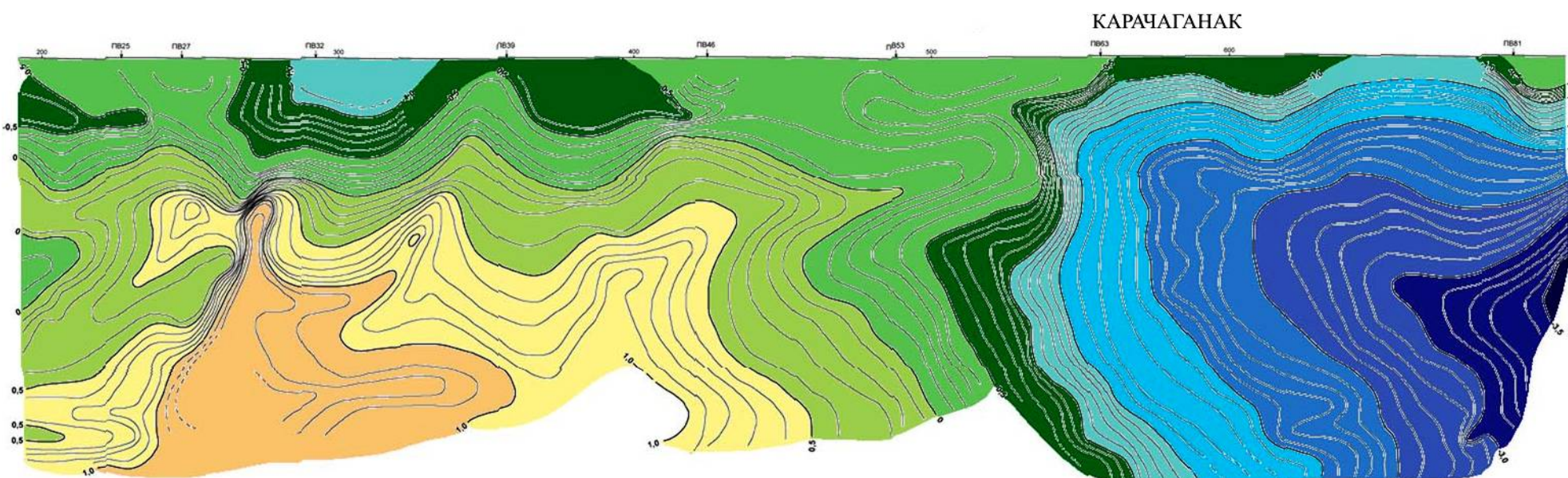


Рис. 8. Разрез временных аномалий $\Delta t(R)$ первых коровых Р-волн по наблюдаемым годографам на геотраверсе ГСЗ «Манаш — Карачаганак» (новая интерпретация Г.В. Краснопевцевой, 2003 г.).

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

Месторождение залегает на жесткой неоднородности, представленной рифогенной постройкой, характеризующейся низкими значениями V_p/V_s , которым на разрезе Δt соответствует область отрицательных значений этого параметра. Возможно, что различие в характере картин распределения Δt и V_p/V_s на разрезах для Астраханского и Карачаганакского месторождений вызвано вертикальной «направленностью» способа временных аномалий Δt [Кузин и др. 2004].

Разрез по профилю ГСЗ «Эмба — Оренбург» интересен тем, что помимо общей закономерности принадлежности месторождений углеводородов Оренбургское (месторождение находится в погребенной в палеозойских отложениях биогермной постройке), Нагумановское, Шуваловское и др. к неоднородностям с низкими значениями V_p/V_s , на нем четко прослеживается глубинное происхождение этой неоднородности (рис. 2). Нижняя кромка этой неоднородности лежит на глубине 15 км, что примерно в два раза превышает глубину кристаллического фундамента.

Можно предполагать, что низкие значения V_p/V_s в осадочном чехле в породах фундамента вызваны общей причиной — повышенным содержанием газа как следствие процесса глубинной дегазации.

Положение в разрезе месторождений Жонажол, Кинкияк, Алибек-Мола на профиле «Колпашево — Эмба» (рис. 4) схоже с картиной на разрезе по профилю ГСЗ «Манаш — Карачаганак». Как и Карачаганакское месторождение, эта группа месторождений залегает на неоднородности с низкими значениями V_p/V_s , расположенной в осадочном чехле. Месторождения находятся в карбонатных отложениях шельфового и рифогенного типов.

В качестве ещё одной общей закономерности в картине распределения упругих неоднородностей в глубинном строении под месторождениями углеводородов необходимо обратить внимание на то, что области с низкими значениями V_p/V_s граничат с областями с высокими значениями V_p/V_s . Причем области повышенных значений V_p/V_s располагаются, так же как и области низких значений V_p/V_s , в осадочном чехле и фундаменте, что служит аргументом глубинного происхождения. Симбиоз повышенных и пониженных значений V_p/V_s отображает общую закономерность локализации флюидных потоков на границе разноупругих сред.

Последними из профилей многоволнового ГСЗ выполненными в Прикаспийской впадине были широтный профиль «Яшкуль — Медногорск» и меридиональный «Пугачев — Бейнау» [Проект ПРИКАСПИЙ—1993... 2013]. Профиль «Яшкуль — Медногорск» начинается на вале Карпинского, в северо-восточном направлении пересекает территорию Казахстана и заканчивается в Уральской складчатой области. В распределении значений V_p/V_s вдоль профиля отмечается тенденция понижения значений с запада на восток. Наиболее отчетливо она просматривается вдоль границы Мохоровичича. Аналогичная тенденция изменения V_p/V_s с севера на юг наблюдается по профилю «Пугачев — Бейнау» для средней и верхней частей земной коры. В целом такое распределение свидетельствует об увеличении газонасыщенности разреза земной от более древних к более молодым структурам [Кузин 2011.6].

**О закономерностях размещения нефтегазоносных блоков земной коры
по данным комплексной интерпретации данных МОГТ и ГСЗ**

В конце 80-х гг. прошлого века через Карачаганак был отработан профиль МОГТ НГ-9 (рис. 3а), пересекающийся под острым углом в центральной части месторождения с профилем ГСЗ «Манаш — Карачаганак». По фрагментам отраженных волн в консолидированной коре и осадочного чехла на профиле были построены глубинные границы [Кузин 1994]. В результате построений выяснилось, что отражающие границы обрамляют массив, в котором залегает месторождение углеводородов и часть отражающих границ прослеживаются из консолидированной коры в осадочный чехол. При этом наблюдается очень хорошая согласованность между положением геологических границ и изолиний V_p/V_s с отражающими границами, по данным МОГТ. Кроме того, оказалось, что узлы пересечения отражающих границ МОГТ очень хорошо совпадают с разрывом в корреляции отражающих границ осадочного чехла и консолидированной коры (с изменением угла падения, ступенями).

Подобная картина по отраженным волнам ранее была выделена для рудных месторождений [Кузин 1994; Кузин и др. 2004]. Как правило, рудные месторождения флюидного генезиса находятся в обрамлении наклонных и/или листрических разломов. Это может рассматриваться в качестве проявления общей закономерности в процессе образования структуры локализующей флюидный поток.

В качестве следующего примера совместной интерпретации данных ГСЗ и МОГТ обязательно нужно назвать впервые проведенные в 1988—1989 гг. совместные полевые наблюдения по методу многоволнового ГСЗ (геотраверс «г. Краснодар — р. Эмба») и МОГТ (профиль «Батолит-2»). Результаты этих работ с учетом всех ранее выполненных исследований позволили обосновать подход совместной интерпретации данных ГСЗ и МОГТ. Его суть заключается не в поисках априорного геологического образа структуры в разных масштабах (ГСЗ и МОГТ), а в составлении общей картины распределения упруго-деформационных параметров в среде, учитывающей физику распространения различных типов сейсмических волн и особенности (длину волны) каждого сейсмического метода [Кузин 1994, 2011.а].

Это положение можно проиллюстрировать на фрагменте профиля ГСЗ (рис. 1а), пикеты 3700—4000. На глубине около 15 км находится неоднородность в форме линзы с низкими значениями V_p/V_s . На временном разрезе МОГТ (рис. 1б) горизонтальное отражение в консолидированной коре ($T_0 = 6,5$ сек) четко согласуется с интервалом очень хорошей корреляции первого отражающего подсолевого горизонта (P_1). При предварительной интерпретации оно было принято за кратную волну от P_1 (первый подсолевой горизонт). Далее выяснилось, что эта волна не кратная и отражающие площадки от этой волны ложатся по контуру неоднородности с низкими значениями V_p/V_s на разрезе ГСЗ (рис. 1а). В другой пример совместной интерпретации ГСЗ и МОГТ можно увидеть на рис. 1б. Отражающие площадки, построенные по данным МОГТ хорошо «оконтуривают» Астраханский свод в осадочном чехле и фундаменте, вплоть до средней части консолидированной коры.

В сейсмической интерпретации разрывной тектоники по данным МОГТ наиболее сложным вопросом является определение пространственного положения отражений от разрывных нарушений. В отличие от разреза отражающих границ по профилю НГ-9, на

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

разрезе в районе Астраханского свода отражающие границы ориентированы вдоль склона, преимущественно с кажущимся падением на восток (восточный борт свода) и на запад (западный склон). На сейсмическом разрезе регионального профиля МОГТ «ЕВ-1» (рис. 9), пересекающего Прикаспийскую впадину с севера на юг (рис. 10) отражающие границы в виде листрических разломов имеют преимущественное кажущееся падение на юг [Глубинное строение... 2010]. Соответствующий сейсмическому разрезу, глубинный разрез представлен на рис. 11 (условные обозначения).

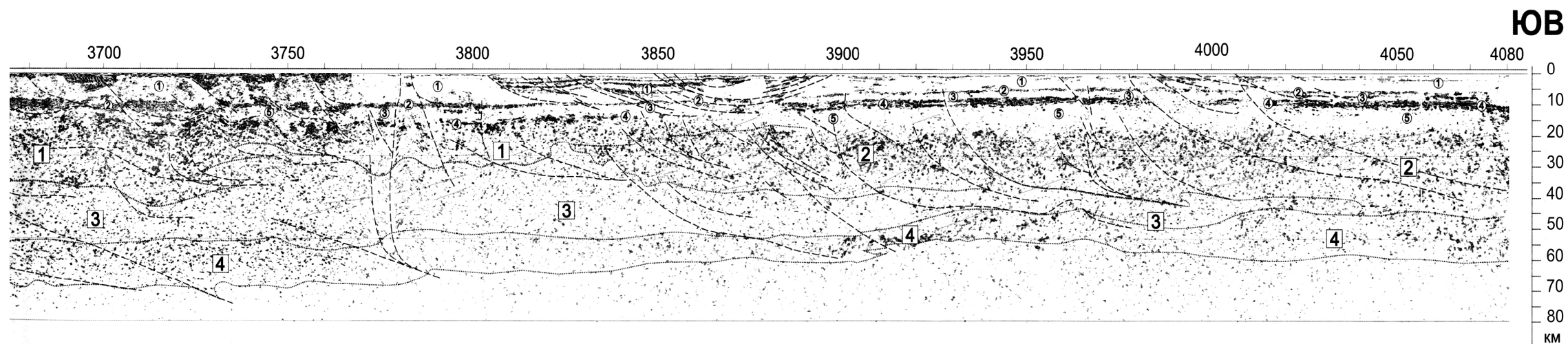
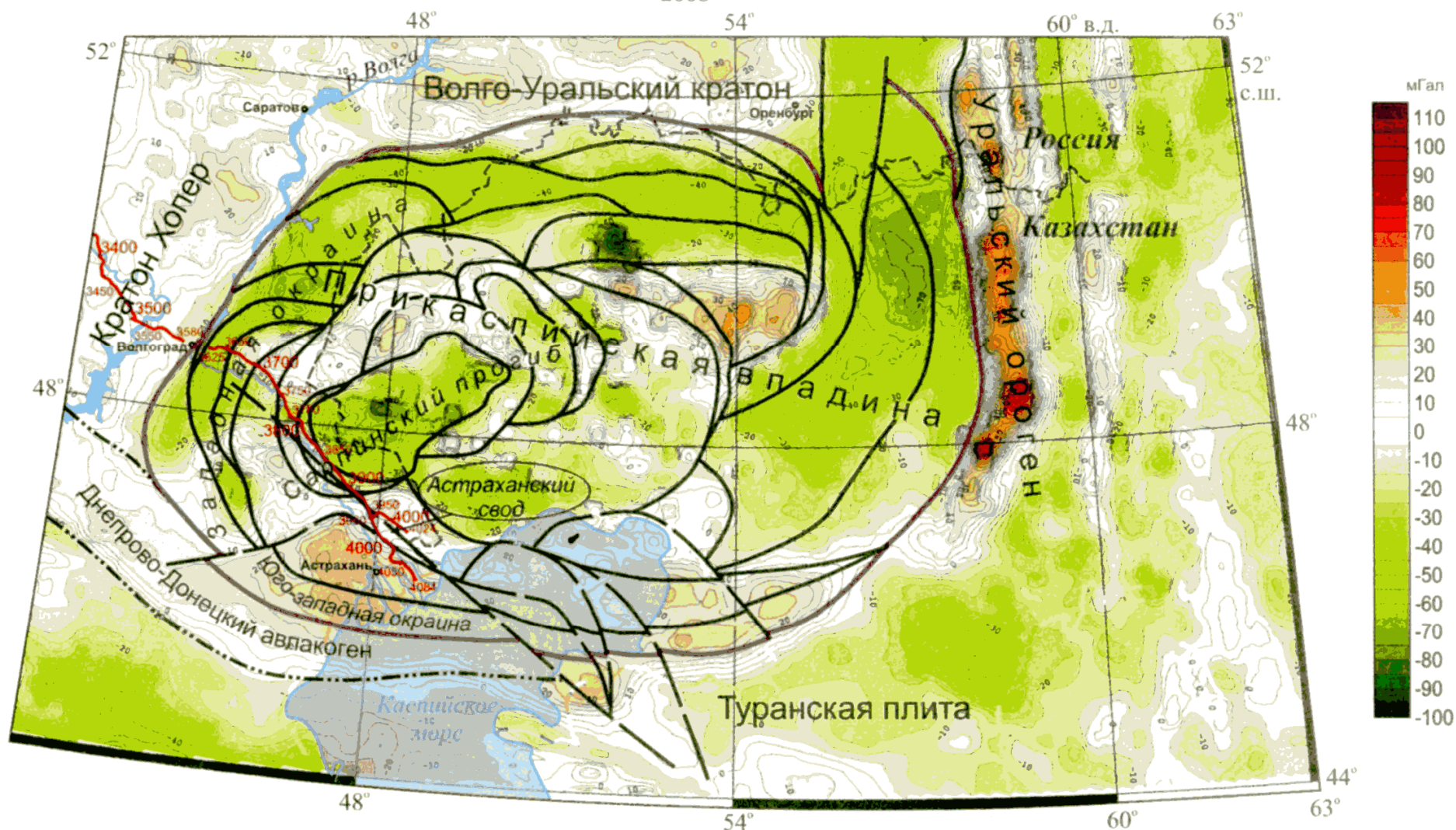


Рис. 9. Опорный профиль МОГТ «ЕВ-1». Мигрированный разрез — главные тектонические границы, приложение VIII (верхняя половина) [Минц 2010]

**ОПОРНЫЙ ПРОФИЛЬ 1-ЕВ, 3400–4080 км
тектонические нарушения,
формирующие структуру Прикаспийской депрессии
(районирование поля силы тяжести)**

Составил М.В. Минц
2008



ТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ:

- a* — дугообразные центрициально-падающие меняющейся кинематики — сбросы и взбросо-надвиги,
- b* — преимущественно сбросы
- связанные с формированием Днепровско-Донецкого авлакогена: сбросы
- Предполагаемое положение внешней тектонической границы Прикаспийской впадины (сбросы, периодически трансформировавшиеся в надвиги)

ОПОРНЫЙ ПРОФИЛЬ 1-ЕВ

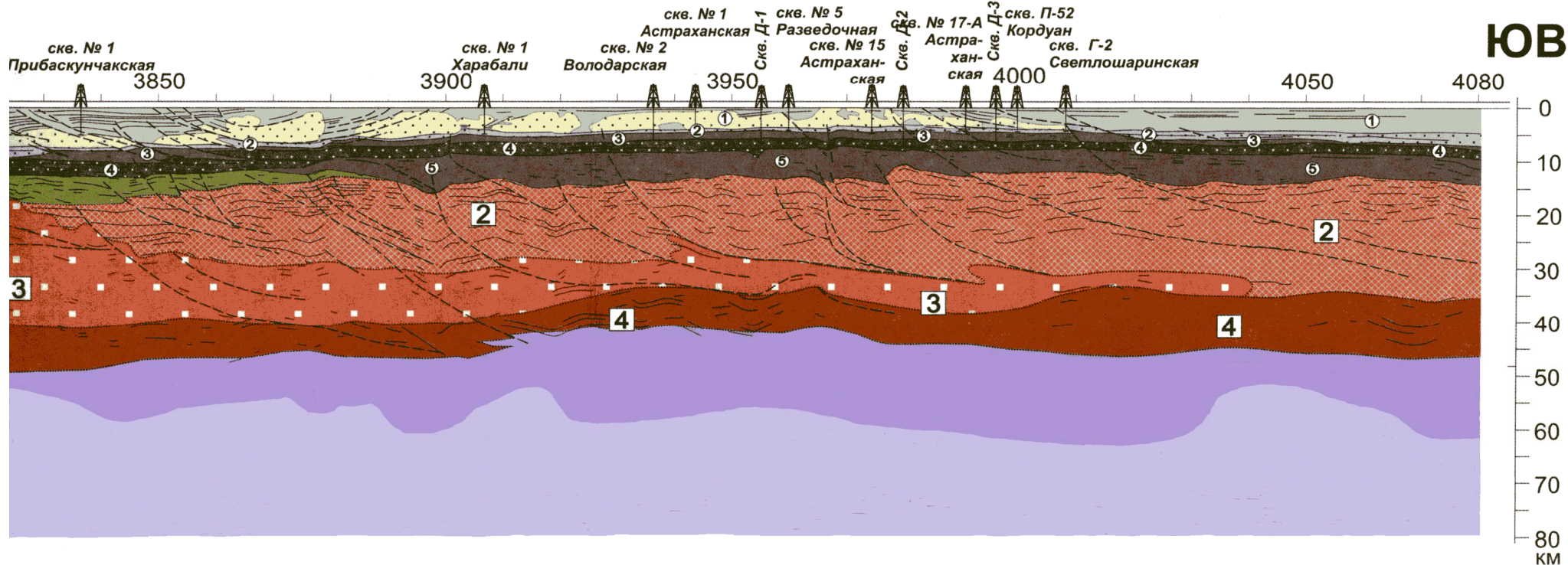
Тектонические структуры первого порядка подписаны прямым шрифтом, структуры второго порядка - курсивом

50 0 50 100 150 км
Масштаб 1:10 000 000

Рис. 10. Опорный профиль МОГТ «ЕВ-1». Тектонические нарушения, формирующие структуру Прикаспийской впадины [Минц 2010]

Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов

Астраханский свод Юго-западная окраина



Основание (фундамент): архей-протерозой-раннепалеозойские (?) комплексы, подвергшиеся интенсивной переработке предположительно в среднем девоне (эйфель-живет)

- 1. Комплекс деформированных, умеренно метаморфизованных пород (прерывистые пакеты отражений, умеренное удельное сопротивление — 25–40 Ом·м)
- 2. Комплекс деформированных, высоко метаморфизованных пород (прерывистые пакеты отражений, высокое удельное сопротивление — 1000–4000 Ом·м)
- 3. Области коры, гомогенизированные относительно акустических характеристик в результате процессов высокотемпературно-высокобарного метаморфизма (гранулитовая фация?) (редкие короткие отражения, иногда группирующиеся в прерывистые пакеты отражений, высокое удельное сопротивление — 1000–1500 Ом·м)
- 4. Область нижней коры с диффузными верхней и нижней границами, характеризующаяся умеренно повышенной отражательностью; отражения группируются в прерывистые пакеты; область предположительно образована высокометаморфизованными породами (гранулитовая и высокотемпературная эклогитовая фации?); умеренно повышенное удельное сопротивление — 400–1000 Ом·м

Мантия

- «Коро-мантийная смесь» (полупрозрачные области ниже коро-мантийного раздела, с единичными частично ориентированными неравномерно распределенными отражениями, в том числе, трассирующими контуры структур коры в мантийную область, умеренное удельное сопротивление — 100–400 Ом·м)
- Акустически прозрачная мантийная область (умеренное удельное сопротивление в верхней части — 80–100 Ом·м)

Разрывные нарушения и тектонические границы

- Тектонические границы литрической морфологии взбросо-надвигового типа или типа нормальных сбросов: в крутой части диагностируемые по нарушениям корреляции, в пологой части — следующие рисунку отражений
- Границы структурных доменов и структурные линии, следующие рисунку отражений
- Границы областей, проведенные приблизительно, в том числе — «диффузная» кора-мантийная граница (~ раздел Мохо)
- Буровые скважины

Палеозой-мезозой-кайнозойские осадочные толщи

- а — верхнепермские-мезозой-кайнозойские осадочные комплексы, деформированные с участием процессов галокинеза; б — соляные купола, образованные соленосными отложениями кунгурского яруса нижней перми (а — четкие протяженные пакеты отражений, низкое удельное сопротивление — 1–10 Ом·м; б — акустически прозрачные области, высокое удельное сопротивление — 800–4000 Ом·м)

Средний девон-карбон-нижнепермские (подсолевые) комплексы

- 2. Верхний карбон — нижняя перм (ниже кунгурского яруса): кремнисто-карбонатные и терригенно-карбонатные (протяженные пакеты отражений, низкое удельное сопротивление — 6–15 Ом·м), подчиненно — карбонатные комплексы
- 3. Верхний девон (фамен) — нижний и средний карбон: преимущественно карбонатные, подчиненно — терригенные комплексы, в том числе - вмещающие залежи углеводородов (акустически прозрачные с редкими отражениями, низкое удельное сопротивление — 4–100 Ом·м)
- 4. Средний-верхний девон (эйфель-живет-фран): преимущественно кремнисто-карбонатные, терригенно-карбонатные и терригенные комплексы, в том числе битуминозные сланцы доманикового типа (протяженные пакеты отражений, низкое удельное сопротивление — 6–15 Ом·м)
- 5. «Слой» с возможным участием комплексов палеопротерозоя и палеозоя до нижнего девона включительно: а — преимущественно терригенные комплексы (протяженные пакеты отражений), б — в значительной части карбонатные комплексы (акустически прозрачные с редкими отражениями, умеренно-повышенное удельное сопротивление — 80–1000 Ом·м)

Рис. 11. Глубинный разрез коры и верхней мантии вдоль опорного профиля «ЕВ-1», приложение VIII-2 (верхняя половина) [Минц 2010]

Анализ волновой картины, выполненный автором, показал, что на временном разрезе присутствует ещё одна, но менее выраженная система наклонных отражений с противоположным углом падения (рис. 12). Отсутствие данных о распределении скорости в разрезе вызвало необходимость участия в интерпретации данных, полученных другими геофизическими методами. Сравнивая глубинные разрезы по профилям «Батолит-2» и «ЕВ-1», можно предположить, что преимущественным падением отражающих границ — разрывных нарушений на Астраханском своде будет падение на юго-восток, что, в свою очередь, отражает современную геодинамическую обстановку в регионе.

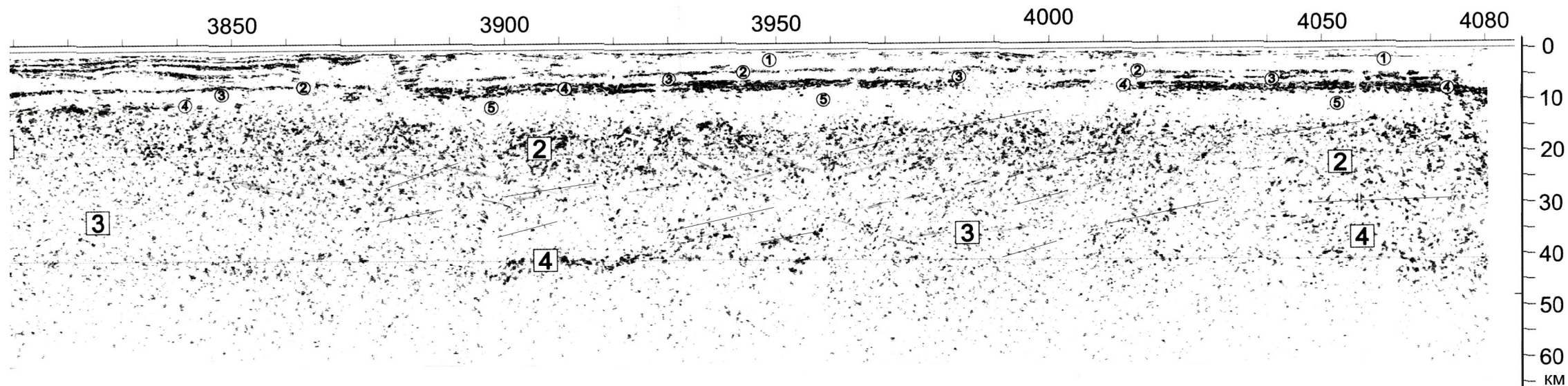


Рис. 12. Опорный профиль МОГТ «ЕВ-1». Мигрированный разрез — картина сейсмических отражений, приложение VIII (нижняя половина) [Минц 2010]

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

Кроме сейсморазведки МОГТ на профиле «ЕВ-1» выполнялись электроразведочные работы (**рис. 13**). На геоэлектрическом разрезе в консолидированной коре выделяются две высокоомные неоднородности, разделенные низкоомной зоной, которая имеет продолжение в осадочный чехол (пикет 3930—3940). На профиле ГСЗ «Замьяны — Вязовка» (**рис. 6**) она соответствует низкоскоростной зоне с наклоном на юг.

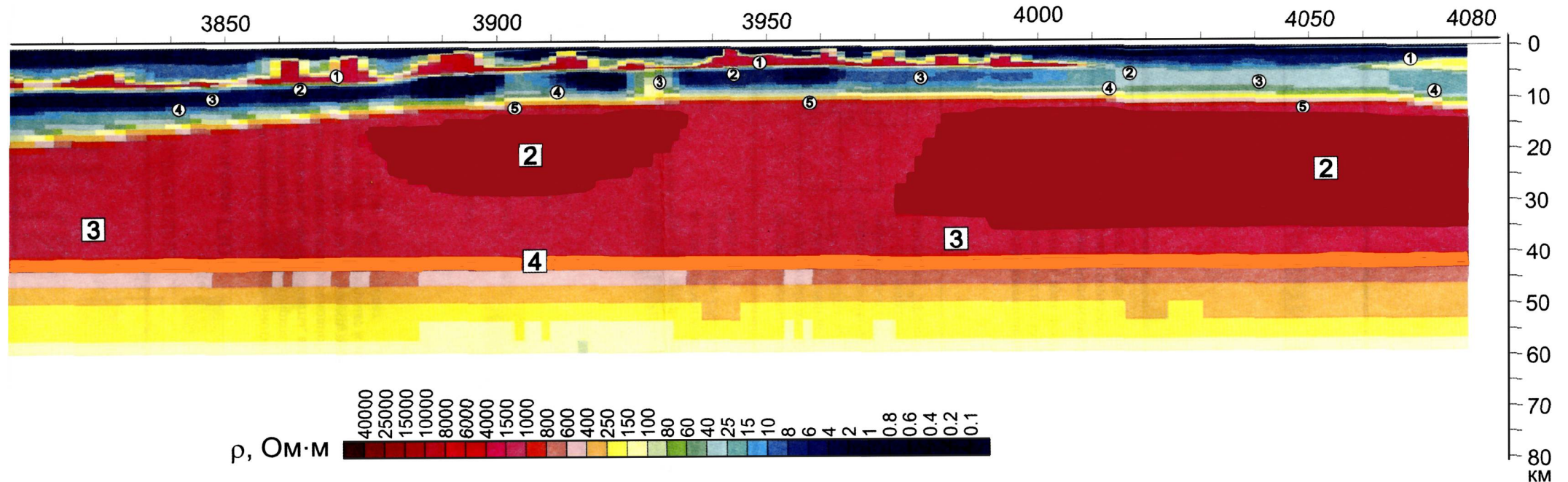


Рис. 13. Геоэлектрический разрез, полученный в результате 2D инверсии до глубины 60 км (материалы ОП «Спецгеофизика» и ООО «Северо-Запад»), приложение VIII (нижняя половина) [Минц 2010].

Сопоставление этих материалов с временным разрезом МОГТ показывает, что узлы пересечения отражающих площадок находятся в области между высокоомными неоднородностями, а учитывая также то, что отражающие площадки обычно лежат вне плоскости разреза, есть основания утверждать, что в разрезе Астраханского свода наблюдается общая закономерность — «обтекание» отражающими границами-разрывными нарушениями относительно более упругих (высокоомных) неоднородностей. Аналогичная закономерность была установлена при региональных тектонических исследованиях. Эффект «обтекания» разломами относительно более жестких блоков для региональных структур Восточно-Европейской платформы был отмечен в работе [Божко и др. 2002].

Согласно гипотезе М.В. Минца [Глубинное строение... 2010], геологические границы в Прикаспийской впадине образуют вложенные друг в друга овальные структуры, вдоль подвижек этих овальных структур формируются отражения от разрывов. Сами овальные структуры образуются за счет вихревого перемещения вещества плюма. На основании схожести структурной картины залегания Ромашкинского месторождения (в пределах Альметьевской синформы) с Прикаспийской впадиной делается предположение о возможной перспективе её нефтегазоносности. Уместно заметить, что не сама сигмоидная форма распределения отражающих поверхностей во впадинах служит признаком нефтегазоносности; как отмечалось выше, аналогичная форма наблюдается и в рудных районах. Из обобщения результатов структурных построений наклонных отражений в [Кузин 2008] был сделан вывод о том, что их возникновение нередко связано с взаимодействием с жесткой неоднородностью, находящейся в ядре сигмоидной структуры. Другой причиной образования сигмоидной формы разрывной тектоники для крупных структур могут служить вихревые потоки флюидов [Кузин 2014].

Существенным признаком возможного наличия залежей углеводородов (и рудной минерализации) является отсутствие сквозного пересечения наклонным (листрическим) разрывным нарушением (отражающей границей) предполагаемого резервуара. При этом может иметь место примыкание отражающей границы к резервуару [Кузин 1994; Кузин и др. 2004].

Из приведенных данных можно прийти к заключению, что структура Астраханского свода отличается от других нефтегазоносных структур Прикаспийской впадины тем, что состоит из отдельных относительно упругих неоднородностей, с менее выраженной контрастностью по V_p/V_s , а также наличием в верхней ее части высокоскоростной (V_p) области.

Возвращаясь к сейсмической модели Южно-Татарского свода, вмещающего уникальное Ромашкинское месторождение, следует отметить также и то, что это месторождение, как и Астраханское, имеет неконтрастную картину распределения V_p/V_s (**рис. 14**).

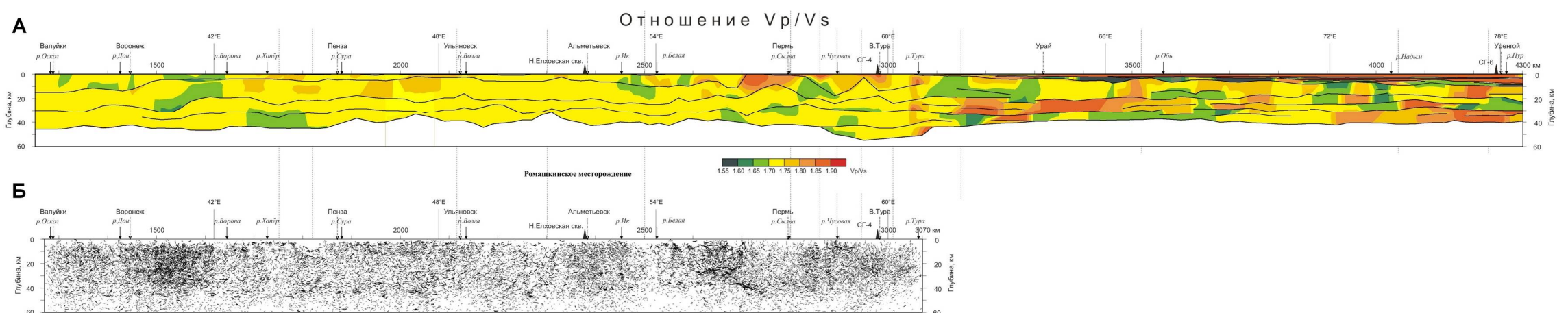


Рис. 14. Результаты сейсмических наблюдений по геотраверсу «Гранит» [Геотраверс «ГРАНИТ»... 2003]: **А** — разрез отношения скоростей V_p/V_s по геотраверсу «Гранит», **Б** — глубинный разрез по геотраверсу «Гранит»

Возможно, здесь кроме объективного (геологического) имеет место субъективный фактор. Обработка и интерпретация профиля ГСЗ «Гранит» выполнялась в другой организации [Геотраверс «ГРАНИТ»... 2003], использовались свои представления о модели среды,

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

свои программы расчета. Относительно невысокую контрастность по V_p/V_s Астраханского и Ромашкинского месторождений можно связать с отличием распределения параметра V_p/V_s в докембрийских и палеозойских платформах [Егоркин 1996]. Если для палеозойских структур уменьшение V_p/V_s с глубиной связано с высокой газонасыщенностью, то для докембрийских платформ увеличение V_p/V_s может быть объяснено проникновением воды в нижнюю часть коры и её серпентинизацией и, соответственно, уменьшением сейсмической контрастности. На глубинном разрезе (рис. 14б) Ромашкинское месторождение характеризуется сгущением отражающих площадок, что указывает на высокую интенсивность и плотность отраженных волн и косвенно свидетельствует о водонасыщенности разреза, при смачивании уменьшается рассеяние проходящих и отраженных волн [Кузин 2011].

Ещё одним отличием от других месторождений является структура разрывной тектоники типа «битой тарелки». Это сказывается на нивелировании особенностей распространения продольных и поперечных волн и соответственно поведении параметра V_p/V_s в верхней части консолидированной коры. В тоже время по Δt (продольные волны) на Южно-Татарском и Астраханском сводах (рис. 14, 15) наблюдается резкая дифференциация среды. Это подтверждает высказанное выше предположение о влиянии вертикальной неоднородности (трещиноватости) на различие параметров V_p/V_s и Δt .

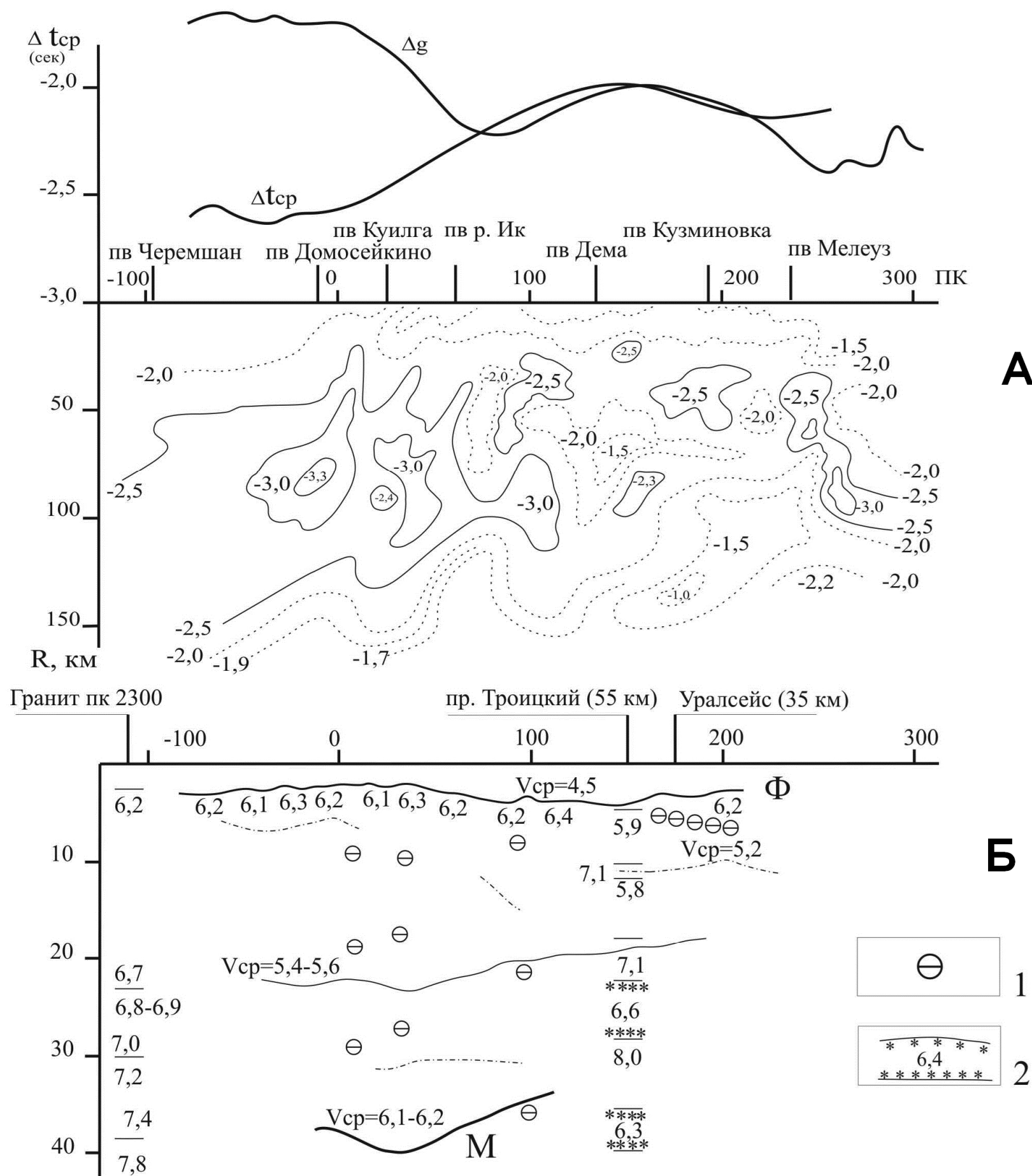


Рис. 15. Сейсмические разрезы по профилю ГСЗ «Черемшан — Мелеуз» [Краснопевцева, Кузин 2008]: **А** — разрез временных аномалий $\Delta t(R)$ первых коровых Р-волн М по профилю ГСЗ «Черемшан — Мелеуз», отрицательные значения Δt соответствуют высоким значениям скорости Р-волн, Δt_{cp} — осредненная временная аномалия; **Б** — глубинный разрез по профилю ГСЗ «Черемшан — Мелеуз»: **1** — точки обмена по МОВЗ; **2** — волновод

Обобщая результаты глубинных сейсмических исследований, можно представить следующую «флюидно-механическую» модель Прикаспийской впадины: в её центральной части находится высокоскоростная (по Р-волнам) неоднородность, ограниченная в бортах впадины вертикальными границами раздела, выделяющиеся по скорости как продольных, так и поперечных волн [Булин, Егоркин 2000]. Она включает в себя две части, одна нижнекоровая, другая — верхнемантийная и разделенные горизонтом с проме-

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

жуточными значениями скоростей. Высокие значения V_p в мантии указывают на отсутствие или незначительное количество флюида. А резкая граница в мантии по Р и S-волнам между Волго-Уральской антиклизой и Прикаспийской впадиной позволяет рассматривать ее как зону вертикальной миграции флюидного потока.

В целом описанная модель глубинного строения подтверждается результатами математического моделирования [Гарагаш и др. 2013]. При подъеме мантийных пород происходит нагрев и увлажнение земной коры. Растекание вязкоупругой астеносферы (плюма) под упругопластической литосферой вызывает её погружение, при этом происходит разогрев литосферы и в её подошве появляется область с размерами 200—220 км, и она приобретает вязкоупругие свойства астеносферы. На **рис. 16** приведены формы осадочного бассейна и распределения смещений на начальном (**рис. 16А**) и конечном этапах формирования бассейна (**рис. 16Б**). Сначала дно погружается, затем в центральной части оно поднимается, и образуется два локальных поднятия. Наиболее глубокие прогибы образуются на границе бассейна. Сдвиговое разрушение вначале охватывает всю область погружения, но затем локализуется в центральной части, причем поверхностный слой находится в условиях растяжения. При этом сдвиговое нарушение существует на всех этапах формирования впадины. Приведенные результаты моделирования согласуются с распределением температур в подсолевых отложениях (**рис. 17**).

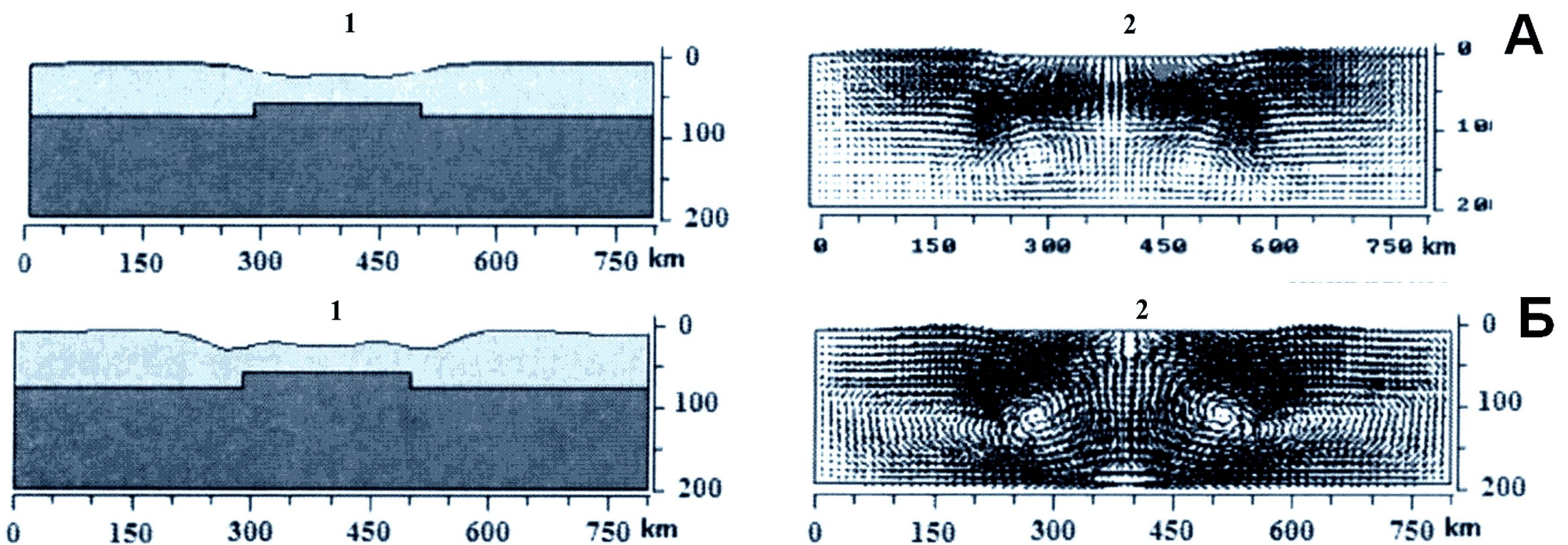


Рис. 16. Эволюция топодепрессии при заданных модельных условиях [Гарагаш и др. 2013]: **А** — начальный этап моделирования: **1** — максимальный прогиб на границе бассейна — 1,25 км, прогиб центре — 1 км, время $t = 50$ тыс. лет; **2** — распределение векторов смещений — максимальное значение равно 2,715 км, время $t = 50$ тыс. лет; **Б** — конечный этап моделирования: **1** — максимальный прогиб на границе бассейна — 2,5 км, прогиб в центре — 1,5 км, время $t = 3750$ тыс. лет, **2** — распределение векторов смещений — максимальное значение равно 8,751 км, время $t = 3750$ тыс. лет

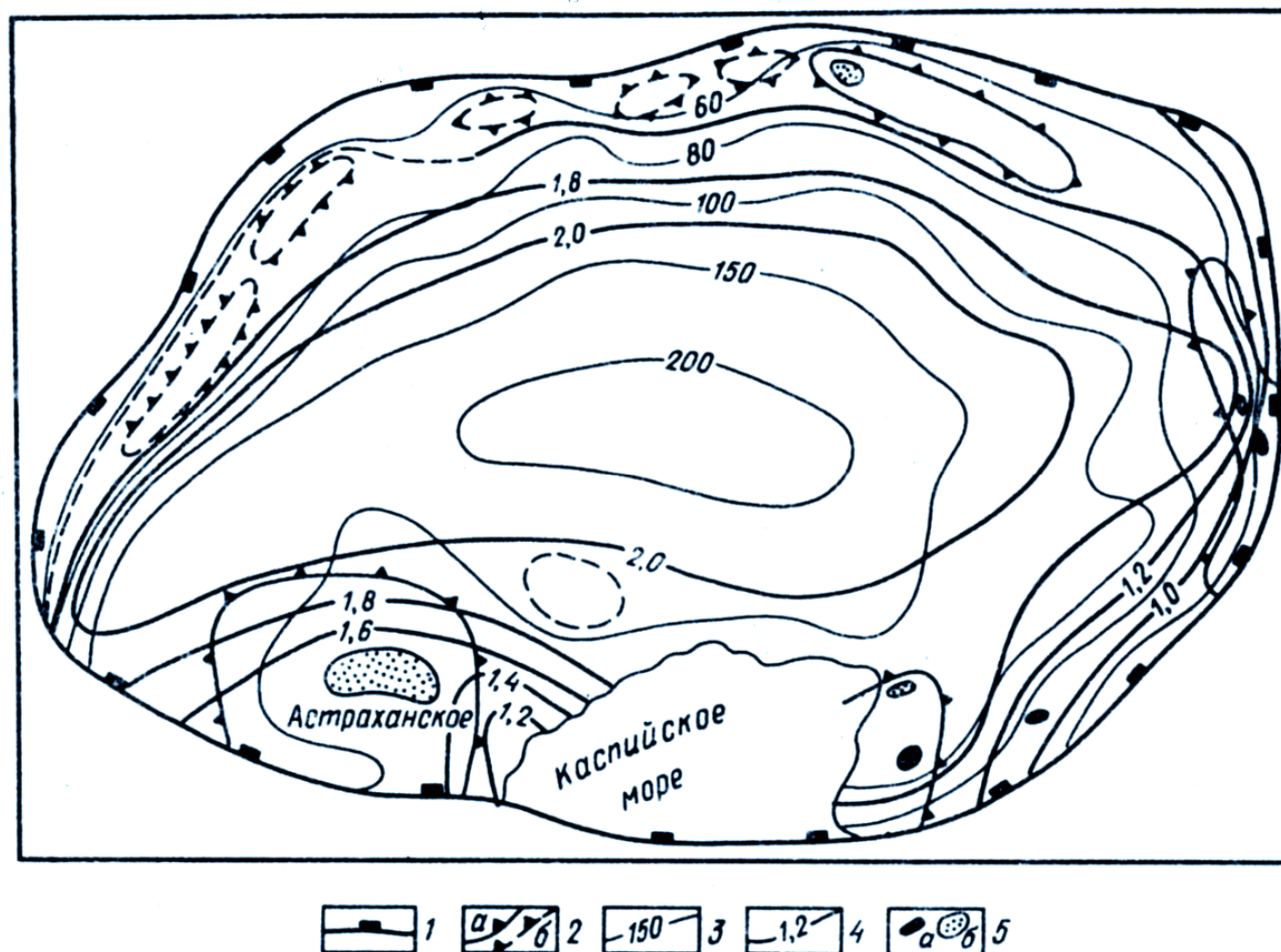


Рис. 17. Схема термобарических условий подсолевых отложений Прикаспийской впадины, по Р.И. Егоровой и Т.К. Ниязгалиеву [Аксенов и др. 1985]. Границы: **1** — Прикаспийской нефтегазоносной провинции, **2** — зон нефтегазонакопления (**а** — установленные, **б** — прогнозируемые); **3** — геоизотермы по поверхности подсолевых отложений в $^{\circ}\text{C}$; **4** — изолинии коэффициента аномальности пластовых давлений; **5** — месторождения углеводородов (**а** — нефти, **б** — газа и газоконденсата)

Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов

В пределах аномальной астеносферы формируется конвективная ячейка, со временем охватывающая всё больший объем пространства (рис. 18). Расчеты показывают, что при максимальной скорости вращения в ячейки, равной 1,1 см/год, максимальное погружение земной коры на 3 км в центральной части ячейки происходит за 0,5 млн. лет (рис. 18б). При этом погружение сопровождается поднятием земной коры до одного километра на периферии ячейки [Гарагаш и др. 2013]. Возрастание проницаемости литосферы в области максимальных объемных деформаций над конвективной ячейкой ведет к возрастанию температуры на границе Мохо. Перегрев консолидированной коры вызывает закрытие трещин и пор в следствии керамизации. Керамизация способствует увеличению сдвиговой жесткости, а это в свою очередь приводит к подъему границы Мохо. Тогда в составе консолидированной коры остается относительно меньшая и высокоскоростная верхняя часть [Гарагаш и др. 2013]. Нужно отметить, что ранее в работе [Иванченко 2006] центральная часть впадины на глубине 20—25 км уже рассматривалась как высокопрочное включение для геодинамического моделирования смежных областей.

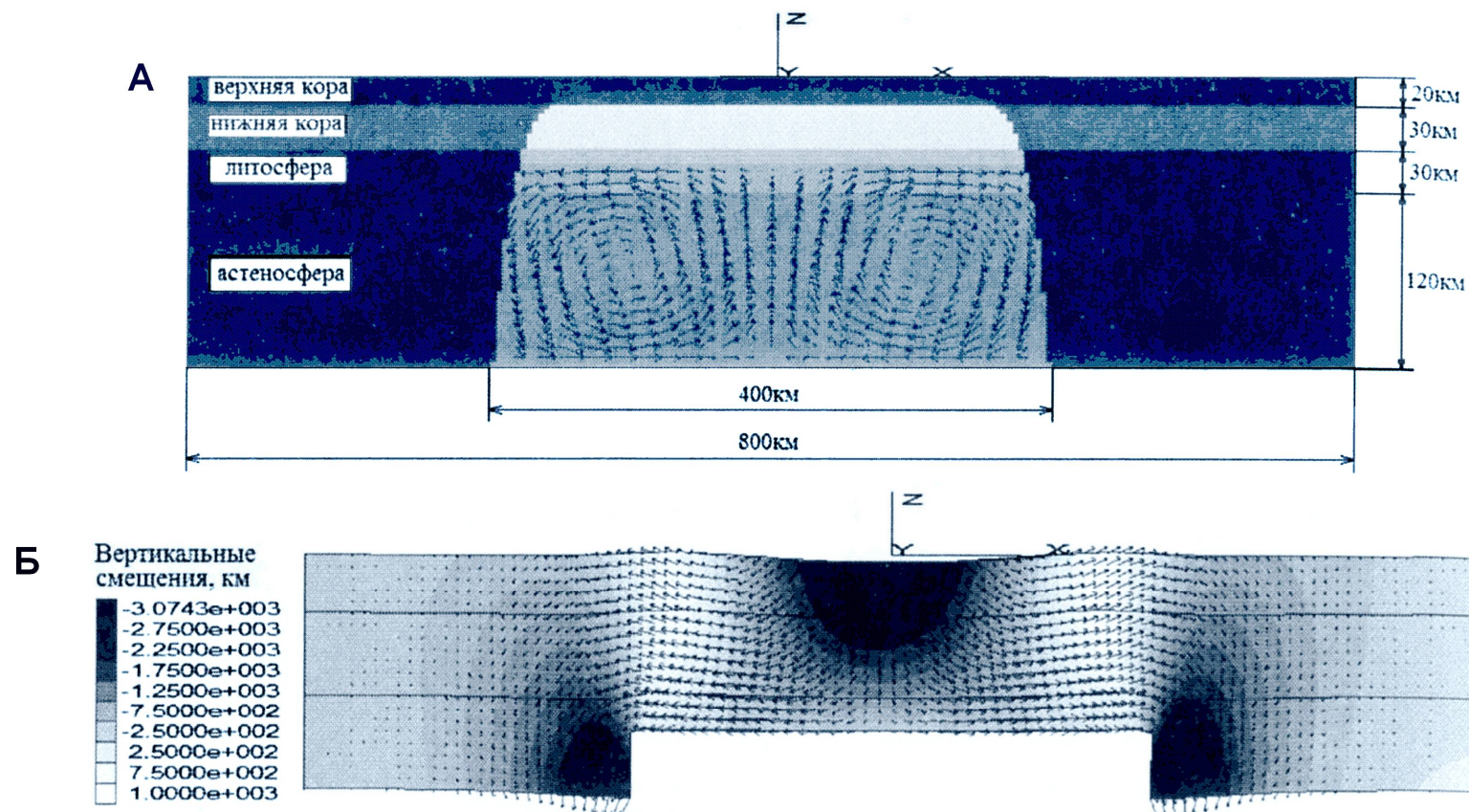


Рис. 18. Литосферный слой в начальном состоянии (А) и при развитии конвективной ячейки (Б) в астеносфере [Гарагаш и др. 2013]

В настоящее время осадочный Прикаспийский бассейн признан флюидодинамически активной структурой, в которой развитие деформационных процессов сопровождается процессами флюидизации. Однако первичной причиной развития деформационных процессов с учетом представленных выше результатов моделирования могут явиться сами процессы флюидизации или в общем виде — дегазации Земли. В работе [Кузин 2014] выдвинута и обоснована гипотеза образования наклонных разрывных нарушений при вихревом характере вторжения флюида в земной коре. Как следствие такого вторжения формируется система вертикальных и наклонных разрывных нарушений. Здесь можно провести аналогию с расположением месторождений углеводородов по границе кольцевых структур. Действительно, в том и другом случае месторождения углеводородов расположены на границе разнотупругих среде по контуру структур (рис. 19). В свою очередь, это может быть объяснено фундаментальным свойством геологической среды — конвергентностью происходящих в ней многих геологических процессов.

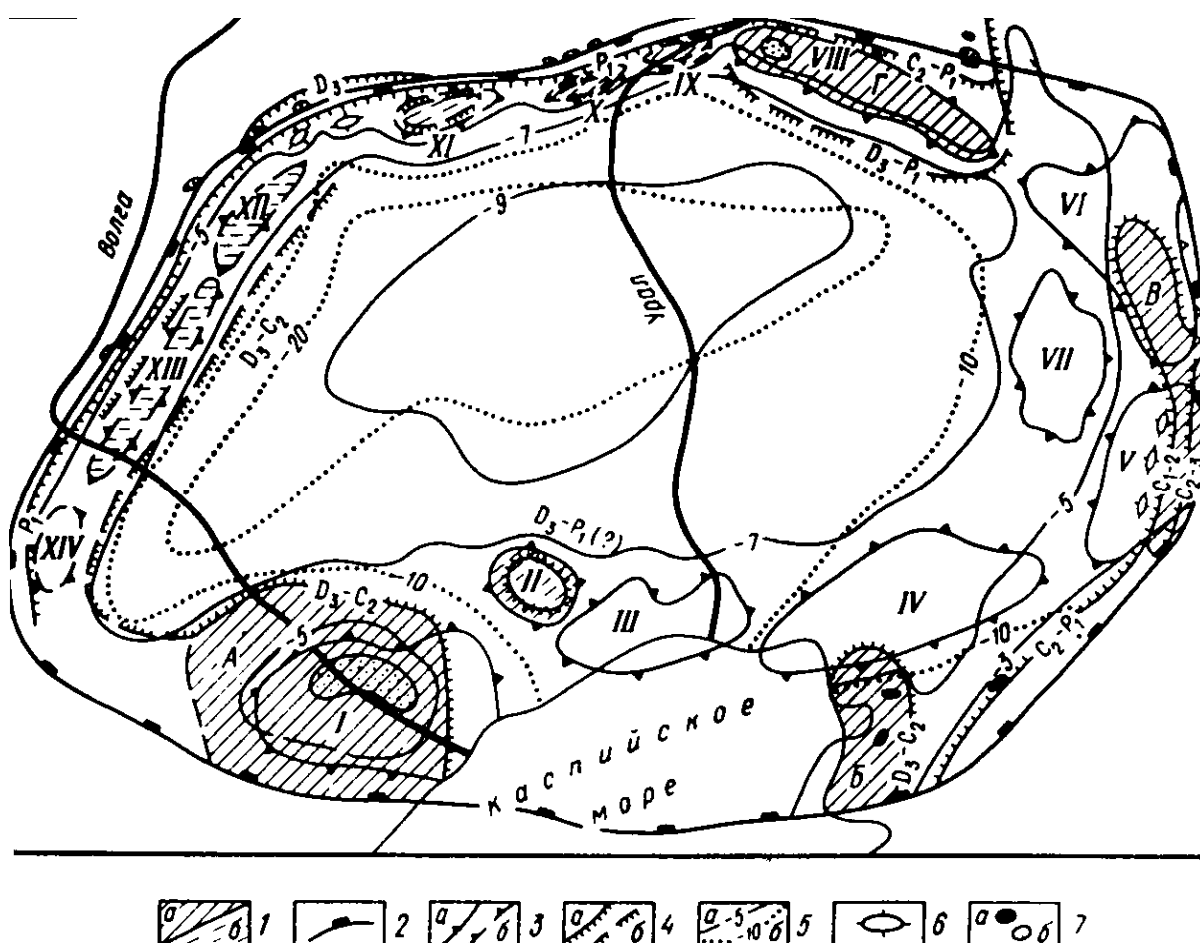


Рис. 19. Зоны нефтегазонакопления в подсолевых отложениях Прикаспийской впадины, по А.А.Голову, Т.Н. Джумагалиеву, Л.Г. Кирюхину и др. [Аксенов и др. 1985]: 1 — зоны нефтегазонакопления (а — установленные, б — прогнозируемые); границы: 2 — Прикаспийской нефтегазоносной провинции; 3 — крупных выступов фундамента (а — достоверные, б — предполагаемые); 4 — распространения карбонатных отложений шельфового типа (а — достоверные, б — предполагаемые); 5 — изогипсы поерхности в километрах (а — подсолевых отложений, б — фундамента); 6 — одиночные рифовые массивы; 7 — месторождения углеводородов (а — нефти, б — газа). Выступы фундамента: I — Астраханский, II — Мынтобинский, III — Северо-Каспийский, IV — Шукатский (Биикжальский), V — Жаркамысский, VI — Енбекский, VII — Кзылджарский, VIII — Карачаганакско-Кобландинский, IX — Рожковский, X — Деркульский, XI — Озинковско-Алтатинский, XII — Питерско-Новоузенский, XIII — Джаныбекский, XIV — Калмыкий. Основные зоны нефтенакопления: А — Астраханская, Б — Каратонско-Тенгизкая, В — Кенкиякско-Жонажольская, Г — Карачаганак-Кобландинская.

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

Независимыми от высказанных выше доводов о флюидном влиянии на формировании структуры Прикаспийской впадины являются результаты обобщения региональных электроразведочных работ по Восточно-Европейской платформе [Фельдман и др. 2013]. По последним данным интерпретации электроразведочных материалов (рис. 20), Волго-Уральская нефтегазоносная провинция характеризуется повышенными значениями электрического сопротивления пород осадочного комплекса, также повышенные значения электрического сопротивления обрамляют Прикаспийскую впадину. В её центральной части находятся низкоомные осадочные породы.

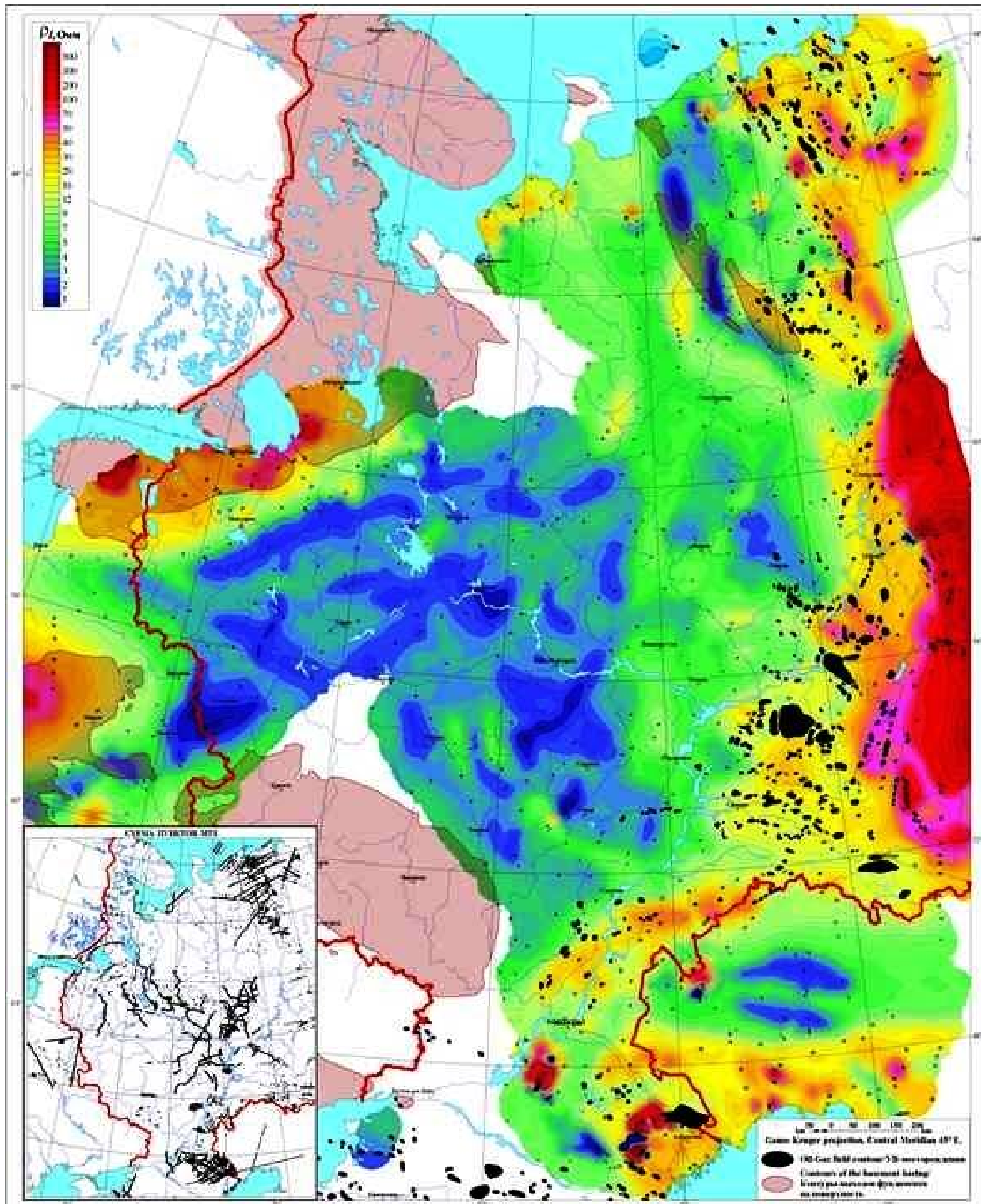


Рис. 20. Карта продольного сопротивления нижней части осадочного чехла европейской части России [Фельдман и др., 2013].

Повышенные значения электрического сопротивления пород объясняются воздействием гидротермально-метасоматических процессов [Фельдман и др. 2013]. На карте почти все месторождения углеводородов находятся в области повышенных значений сопро-

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

тивления. Причем в южной части Прикаспийской впадины (рис. 21) в области повышенных значений электрического сопротивления месторождения углеводородов залегают как в подсолевых отложениях (Каратон-Прорвинская группа месторождений, Тенгиз и др.), так и в надсолевом комплексе отложений (Междуреченская группа месторождений, Новобогатинская и др.).

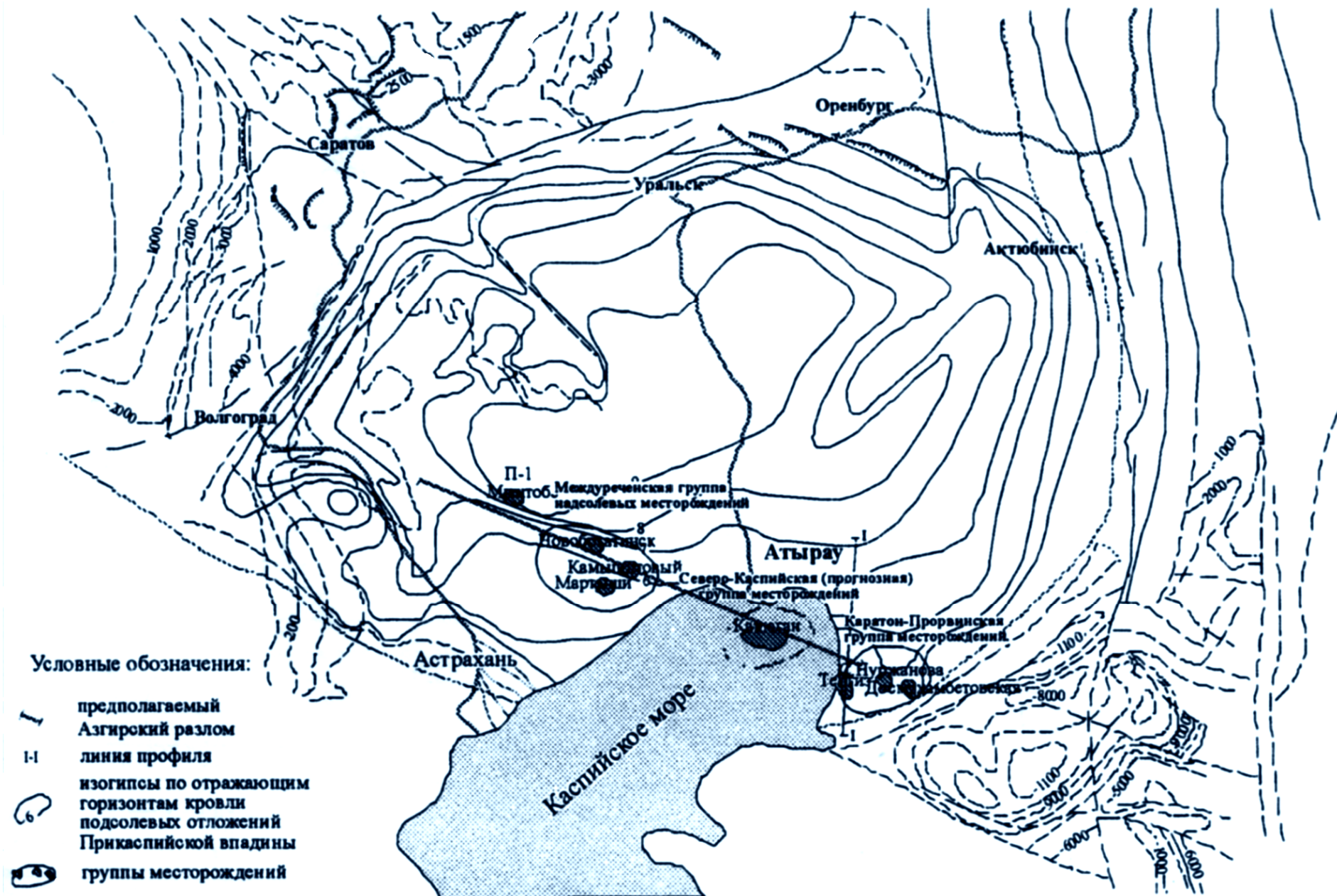


Рис. 21. Ситуационная схема по предполагаемому Азгирскому разлому [Таскинбаев 2015].

Высокие значения электрического сопротивления, как правило, коррелированы с высокими значениями скорости сейсмических волн. В работе [Кузин 2011] было показано, что образование нефти связано с конвективными гидротермальными системами. Существование таких систем возможно только в жестких неоднородностях. Отсюда можно предполагать, что месторождения углеводородов будут формироваться непосредственно на жестких неоднородностях или примыкая к ним.

Заключение

Своеобразная картина распределения месторождений УВ в Прикаспийской впадине может быть представлена следующей моделью. В центре впадины в верхней мантии и нижней части коры залегает относительно жесткое тело. В поле волн напряжений и деформаций жесткое тело накапливает упругую энергию и диссипирует её в окружающее пространство. На поверхности тела и вблизи неё упругая энергия переходит в энергию физико-химических превращений. Продукты реакций, флюиды по системе разломов стягиваются в граничные области впадины, которые являются наиболее проницаемыми сквозькоровыми зонами. Вокруг жесткого тела в центральной части впадины листрическими разломами создается сигмовидная структура. Учитывая, то, что сигмовидная структура, сформированная листрическими разломами характерна также для разреза в рудных районах, можно предположить общую природу их образования за счет вторжения глубинных флюидных потоков.

В верхней части коры при понижении температуры и давления во взаимодействие вмещающих пород флюидов ведет к формированию карбонатных структур. Картина взаимодействия флюидов и этих структур почти повторяется. Однако функции жесткого тела перераспределяются. Доминирующим свойством становится демпфирование волн напряжений и деформаций. На кровле и боковых поверхностях вертикальные напряжения в жесткой неоднородности относительно меньше, чем во вмещающей среде. Здесь при наличии экранируемого резервуара могут накапливаться флюиды.

Зоны сквозного разрушения в центральной части впадины, существующие за весь период её эволюции, с одной стороны являются благоприятным фактором для поступления тепловой энергии и глубинных флюидов, необходимых для процессов образования промышленных залежей углеводородов. С другой стороны, этот же фактор затрудняет формирование в осадочном чехле и/или верхней части консолидированной коры крупных структур, экранирующих волны напряжений и деформаций, что способствует локализации углеводородов. Поэтому в центральной части впадины, возможно, существуют отдельные, но незначительные по размерам залежи углеводородов. Отдельные залежи в глубоких горизонтах могут быть представлены зонами разрывных нарушений, но вероятность их наличия не высокая.

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов А.А., Гончаренко Б.Д., Калинин М.К., Капустин И.Н., Кирюхин Л.Г., Размышляев А.А. Нефтегазоносность подсолевых отложений. М.: Недра, 1985. 205 с.
2. Божко Н.А., Постников А.В., Щипанский А.А. Геодинамическая модель формирования фундамента Восточно-Европейской платформы // ДАН. 2002. Т. 386. № 5. С. 651–655.
3. Булин Н.К., Егоркин А.В. Региональный прогноз нефтегазоносности недр по глубинным сейсмическим критериям. М.: Центр ГЕОН, 2000. 194 с.
4. Гарагаш И.А., Иогансон Л.И., Шлезингер А.Е. Топодепрессии Земли и физический механизм их образования // Геологическая история, возможные механизмы и проблемы формирования впадин с субокеанической и аномально тонкой корой в провинциях с континентальной литосферой. Материалы XLV Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2013. С. 264–270.
5. 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, ФГУПП «Баженовская геофизическая экспедиция», 2002. 312 с.
6. Егоркин А.В. Многоволновые глубинные сейсмические исследования // Геофизика. 1996. № 4. С. 25–30.
7. Иванченко Г.Н. Неотектонические деформации, сейсмичность, наведенная сейсмичность и структурные особенности месторождений углеводородов в обрамлении Прикаспийской впадины // Динамические процессы во взаимодействующих геосферах: Сб. научных трудов ИДГ РАН. М.: ГЕОС, 2006. С. 73–82.
8. 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 Всероссийской конференции, 22–25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С. 233–236.
9. Кузин А.М. Диалектика в интерпретации сейсмических данных // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезисы. Материалы Всероссийской конференции, 22–25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С. 242–246.
10. Кузин А.М. Концепция углеводородной дегазации Земли в интерпретации данных сейсмического метода // Геофизика. 2011. № 6. С. 3–6.
11. 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.
12. Кузин А.М. Пространственно-фазовая локализация месторождений углеводородов и отображение конвергентности процессов флюидизации в геологической среде по сейсмическим данным // Дегазация Земли и генезис нефтяных месторождений. К 100-летию со дня рождения П.Н. Кропоткина: Сб. трудов. М.: ГЕОС, 2011. С. 276–301.
13. Кузин А.М. Разработка методики прогноза залежей флюидального генезиса по данным сейсмических методов // Прикладная геофизика. 1994. Т. 131 (50 лет ВНИИГеофизике). С. 396–406.
14. Кузин А.М., Баранский Н.Л., Краснопевцева Г.В. К вопросу методологии интерпретации сейсмических данных для прогноза месторождений углеводородов // Нефтегазовая геология и освоение ресурсов и запасов углеводородов: Сб. научных трудов к 70-летию Института геологии и разработки горючих ископаемых. М.: ИГиРГИ, 2004. С. 217–235.
15. Минц М.В. Объемная модель глубинного строения Прикаспийской впадины / 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. / РОСНЕДРА, РАН, ГЕОКАРТ. Т. 2. М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2010. С. 288–291.
16. Проект БАТОЛИТ-2 – 1989. Профиль «г. Краснодар – р. Эмба». Профиль «р. Эмба – г. Колпашево». Профиль «Манаш – п. Карачаганак». Профиль «р. Эмба – г. Оренбург» // Атлас «Опорные геолого-геофизические профили России». Глубинные сейсмические разрезы по профилям ГСЗ, отработанным в период с 1972 по 1995 год. Электронное издание. СПб.: ВСЕГЕИ, 2013. С. 45–47.
17. Проект ПРИКАСПИЙ–1993. Профиль «Яшкуль – Медногорск». Профиль «г. Пугачев – г. Бейнау» // Атлас «Опорные геолого-геофизические профили России». Глубинные сейсмические разрезы по профилям ГСЗ, отработанным в период с 1972 по 1995 год. Электронное издание. СПб.: ВСЕГЕИ, 2013. С. 51–52.
18. Сафонов А.С., Дунаева Л.П., Корольков Ю.С., Семьяшкин А.Г., Страхаль М.В. Физико-геологическая модель – основа прогноза высокоперспективных зон нефтенакпления // Прикладная геофизика. 1994. Т. 131 (50 лет ВНИИГеофизике). С. 385–392.
19. Таскибаев К.М. О связи подсолевых и надсолевых нефтей на юге Прикаспийской впадины // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2015. № 7. С. 29–35.
20. Фельдман И.С., Исаев В.И., Леушканова К.А. Кольцевые структуры флюидально-газовой активизации в земной коре, их геофизический образ и связь с нефтегазоносностью [Электронный ресурс] // Кудрявцевские чтения. Материалы 2-й Всероссийской конференции по глубинному генезису нефти. 21–23 октября 2013 г. М.: ЦГЭ, 2013. Deepoil.ru.

**Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины
по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов**

Сайт НПО «Глубинная нефть». Режим доступа: http://conference.deepoil.ru/images/stories/docs/2kr_theses/Feldman-Isaev-Leushkanova_Theses.pdf.

21. Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 299 с.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11—2011:

Кузин, А. М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородов [Электронный ресурс] / А.М. Кузин // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. — 2016. — Т. 13. — Вып. 1. — Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_r_e-ast13-1.2016.45.

**DEEP STRUCTURE OF THE PRE-CASPIAN DEPRESSION
ACCORDING TO THE REGIONAL CMP-DSS DATA, AND OIL-AND-GAS CONTENT**

Alexey M. Kouzin, Sc.D. (Geology and Mineralogy), Leading Researcher at Oil and Gas Research Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow

ORCID ID <http://orcid.org/0000-0003-0402-1928>

E-mail: alexey-m-kouzin@j-spacetime.com; amkouzin@ya.ru

The Pre-Caspian depression is markedly different in its intrinsic special arrangement of hydrocarbon deposits. All major deposits are located in margins of depression, regardless of the geological structure and history of the enclosing deposits of the structural-rock complexes. During the 1980s and early 1990s, ones believed that large and giant hydrocarbon deposits may be located in the central part of Pre-Caspian depression, later that they occur only at great depths. It is obvious that such submissions were based on the known fact of the presence of thick sediment cover in the central part of depression.

According to the hypothesis of Prof. M.V. Mints, geological boundaries in the Pre-Caspian depression form the nested into each other oval structure. The reflections from discontinuities are forming along these oval structures. Oval structure itself was formed by vortex displacement of a substance plume. In my article, I make an assumption about possible future petroleum potential of the Pre-Caspian depression.

A significant sign of the possible presence of hydrocarbons is the lack of end-to-end oblique crossing (listric faults) by the broken violation of the proposed reservoir.

Areas of the destruction in central part of the Pre-Caspian depression are favorable for the formation of industrial deposits of hydrocarbons. On the another hand, this factor hampers the forming within the sedimentary cover and/or inside the top of the consolidated crust large structures, shielding the waves of stress and strain, which contribute to the localization of hydrocarbons. Therefore, in the Central part of the depression, there may be a separate but minor size hydrocarbon deposits. Individual deposits in deep horizons may be represented by zones of faulting, but the probability of their presence is not high.

I develop model of the Pre-Caspian depression deep structure that was consistent with both DSS and CMP data. Using regional DSS profiles (Manash–Karachaganak, Orenburg–Emba River, Krasnodar–Emba River, Elista–Buzuluk, Zamyany–Vyazovka, and Volgograd–Nakhichevan) and CMP profiles (EV-1, NG-9, and Batolit-2), I suggest model corresponded to the methodological approach in seismic data interpretation that I reported at the Tectonic conference in 2012. This model explains why there are no hydrocarbon deposits in the central part of the Pre-Caspian depression. In accordance with the latest seismic data interpretation the model of consolidated crust and lower level of depositional sequence of rock of Astrakhan fold was corrected and improved. In my article, I also discuss possible reasons for developing dipping reflectors in Pre-Caspian depression and its margins.

In particular, I conclude that, on the one hand, destruction-through zones in the central part of depressions, existing over the entire period of its evolution are favorable factor for the receipt of thermal energy and deep fluids required for the formation of industrial processes of hydrocarbon deposits. On the other hand, in the sedimentary cover and / or upper crust, the same factor complicates formation of large structures shielding the wave of stress and strain, which contributes to the localization of hydrocarbons. Therefore, there may be certain hydrocarbon deposits of minor size in the central part of depressions. Some deposits in the deeper horizons may be represented by zones of faults, but the probability of their presence is not high.

Keywords: degassing; methodology; interpretation; solid body; seismic boundary; speed of seismic waves; fractures; Pre-Caspian depression.

References:

1. Aksenov A.A., Goncharenko B.D., Kalinko M.K., Kapustin I.N., Kiryukhin L.G., Razmyshlyayev A.A. *Oil-and-Gas Content of Subsalt Formations*. Moscow: Nedra Publisher, 1985. 205 p. (In Russian).
2. Bozhko N.A., Postnikov A.V., Shchipanskiy A.A. "Geodynamical Model of the Formation of the East European Platform Basement." *Doklady Earth Sciences* 386.5 (2002): 651–655. (In Russian).

**КУЗИН А.М. МОДЕЛЬ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ
ПО ДАННЫМ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ МОГТ-ГСЗ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ**

3. Bulin N.K., Egorkin A.V. *Regional Prediction of the Earth Oil-and-Gas Content with Deep Seismic Criteria*. Moscow: GEON Publisher, 2000. 194 p. (In Russian).
4. Egorkin A.V. "Multiwave Deep Seismology." *Geophysics* 4 (1996): 25–30. (In Russian).
5. Feldman I.S., Isaev V.I., Leushkanova K.A. "Circular Structures of the Gas-Fluid Activation in the Earth's Crust, Their Geophysical Image and Connection with Oil-and-Gas Content". *Kudryavtsev Reading. Proceedings of the 2nd Russian National Conference on the Deep Oil Genesis (Moscow, 21–23 Oct. 2013)*. Moscow: Central Geophysical Expedition Publisher, 2013. *Deepoil.ru*. Scientific-Production Association Deep Oil, n.d. PDF-file. <http://conference.deepoil.ru/images/stories/docs/2kr_theses/Feldman-Isaev-Leushkanova_Theses.pdf>. (In Russian).
6. Garagash I.A., Ioganson L.I., Shlezinger A.E. "Earth Topodepressions and Physical Mechanism of Their Development." *Geological history, Possible Mechanisms and Problems of Basining with Suboceanic and Anomalous Thin Crust in Provinces with Continental Lithosphere. Proceedings of the 45th Tectonic Seminar*. Moscow: GEOS Publisher, 2013, pp. 264–270. (In Russian).
7. Ivanchenko G.N. "Neotectonic Deformations, Seismicity, Induced Seismicity and Structure Peculiarities of Hydrocarbon Deposits in Margins of the Pre-Caspian Depression." *Dynamic Processes in Interacting Geospheres*. Moscow: GEOS Publisher, 2006, pp. 73–82. (In Russian).
8. Kashubina S.N., ed. *Geotraverse 'Granite': East European Platform – Ural – West Siberia (Crustal Structure on the Results of Complex Geological-Geophysical Studies)*. Ekaterinburg: Chief Administration for Mineral Resources and Environment Ministry of Natural Resources of Russia for Sverdlovsk Region Publisher, Bazhenov Geophysical Expedition Publisher, 2002. 312 p. (In Russian).
9. Krasnopevtseva G.V., Kuzin A.M. "New Data in Studying the Depth Structure of the South-Tatarian Arch and Its South-East Margins with Cheremshan – Meleuz Deep Seismic Sounding Profile." *Earth Degassing: Geodynamics, Geofluids, Oil, Gas and Their Parageneses. Proceedings of the Russian National Conference*. Moscow: GEOS Publisher, 2008, pp. 233–236. (In Russian).
10. Kuzin A.M. "Conception of the Hydrocarbon Earth Degassing in Interpretation of Seismic Data." *Geophysics* 6 (2011): 3–6. (In Russian).
11. Kuzin A.M. "Development of Prediction Methods of Fluid Genesis Deposits on the Basis of Seismic Techniques." *Applied Geophysics* 131 (1994): 296–406. (In Russian).
12. Kuzin A.M. "Dialectic in Seismic Data Interpretation." *Earth Degassing: Geodynamics, Geofluids, Oil, Gas and Their Parageneses. Proceedings of the Russian National Conference*. Moscow: GEOS Publisher, 2008, pp. 242–246. (In Russian)
13. Kuzin A.M. "On the Fluid Component in the Formation of Zones of Jointing and Fracture." *Geology, Geophysics and Oil and Gas Field Development* 5 (2014): 45–50. (In Russian).
14. Kuzin A.M. "Spatial-Phase Localization of Hydrocarbon Deposits, and Seismic Mapping of Convergence of Processes of Fluidization in Geological Environment". *Earth Degassing and Genesis of Oil Accumulations. Collected Treatises on the 100th Anniversary of P. Kropotkin*. Moscow: GEOS Publisher, 2011, pp. 276–301. (In Russian).
15. Kuzin A.M., Baransky N.L., Krasnopevtseva G.V. "On the Methodology of Seismic Data Interpretation for Prediction of Hydrocarbon Deposits". *Petroleum Geology and Hydrocarbon Reserve and Resource Development. Collected Treatises on the Occasion of 70th Anniversary of Institute of Geology and Development of Combustible Minerals*. Moscow: Institute of Geology and Development of Combustible Minerals Publisher, 2004, pp. 217–235. (In Russian).
16. Mints M.V. "Integrated Model of the Deep Structure of the Pre-Caspian Depression." *Deep Structure, Evolution and Minerals of the Early Pre-Cambrian Basement of the East European Platform: Seismic Data Interpretation of the Normal Profiles 1-EV, 4V and TATSEIS*. Moscow: GEOS Publisher, 2010, volume 2, pp. 288–291. (In Russian).
17. "The Project BATOLIT-2 – 1989. Krasnodar–Emba River Profile, Emba River–Kolpashevo Profile, Manash–Karachaganak Profile, Emba River –Orenburg Profile." *Atlas of Normal Geoscience Profiles of Russia. Deep Seismic Sections of Deep Seismic Sounding Lines, Acquired during the 1972 to 1995*. St. Petersburg: All-Russian Geologic Institute Publishing, 2013, pp. 45–47. (In Russian).
18. "The Project Caspian Sea Region–1993. Yashkul–Mednogorsk Profile, Pugachev–Beynau Profile." *Atlas of Normal Geoscience Profiles of Russia. Deep Seismic Sections of Deep Seismic Sounding Lines, Acquired during 1972 to 1995*. St. Petersburg: All-Russian Geologic Institute Publisher, 2013, pp. 51–52. (In Russian).
19. Safonov A.S., Dunaeva L.P., Korol'kov Yu.S., Semyashkin A.G., Strakhal M.V. "Physicogeological Model as a Basis for Prediction of high Prospective Zones of Oil Accumulation." *Applied Geophysics* 131 (1994): 385–392. (In Russian).
20. Taskibaev K.M. "On the Connection between Subsalt and Suprasalt Oils in the Southern Pre-Caspian Depression." *Geology, Geophysics and Oil and Gas Fields Development* 7 (2015): 29–35. (In Russian).
21. Yudakhin F.N., Shchukin Yu.K., Makarov V.I. *Deep Structure and Modern Geodynamic Processes in Lithosphere of the East-European Platform*. Ekaterinburg: Ural Branch of Russian Academy of Sciences Publisher, 2003. 299 p. (In Russian).

Cite MLA 7:

Kouzin, A. M. "Deep Structure of the Pre-Caspian Depression according to the Regional CMP-DSS Data, and Oil-and-Gas Content." *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time* 13.1 (2016). Web. <2227-9490e-aprovr_e-ast13-1.2016.45>. (In Russian).