

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО МАТЕРИАЛАМ ГСЗ И ПЕТРОФИЗИЧЕСКОГО ТЕРМОБАРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА

Рассмотрены некоторые особенности методических приемов петроскоростного термобарического моделирования. Приведен и проанализирован пример создания глубинной петроскоростной модели участка земной коры Украинского щита.

**Ключевые слова:** Украинский щит; высокие давления и температура; петроскоростное термобарическое моделирование.

### *Введение*

При прогнозировании геологической среды земной коры на глубину определяющими параметрами являются региональные данные ГСЗ и гравиметрии, а также скоростные и плотностные характеристики горных пород различных комплексов, отобранных в верхних горизонтах изучаемых площадей, исследованных в лабораторных глубинных РТ-условиях. Поэтому более обосновано интерпретировать полученную геолого-геофизическую информацию возможно лишь на основании комплексного подхода, который включает петрофизическое моделирование.

Основой петрофизического моделирования является дифференциация по физическим параметрам различных минеральных сред в зависимости от их петрологических характеристик, в том числе состава, генезиса и других факторов. Анализ причин дифференциации физических свойств в пределах одноименных петрографических групп связан с особенностями корреляции физических свойств со структурно-вещественными признаками. При наличии их закономерных связей можно прогнозировать природу соответствующих геологических объектов, учитывая степень геолого-петрофизической информативности используемых данных. Корреляция свойств по структурно-вещественным признакам является основным условием петрофизической классификации пород. Следовательно, результаты экспериментального изучения комплекса физических параметров минерального вещества конкретных геологических структур в модельных РТ-условиях служат основой для более однозначной интерпретации результатов геофизических наблюдений и построения петроскоростных моделей литосферы [Корчин и др., 2006, 2007; Лебедев и др., 1986, 1987, 1988, 1989, 1994, 1995, 1999; Korchin et al., 2005, 2006; Lebedev et al., 1994]. Такие исследования позволяют получать принципиально новую и весьма ценную информацию об особенностях изменений упругих параметров минерального вещества в термобарических режимах, которые на данном этапе развития экспериментальных исследований могут быть наиболее приближены к

реальным РТ-условиям недр. Благодаря использованию этого метода, в сжатые сроки стало возможным исследовать в различных РТ-режимах физические характеристики большого количества образцов изверженных и метаморфических пород.

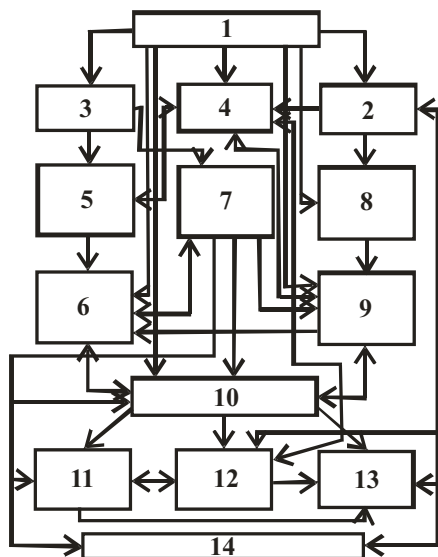
В основу составления программ положены данные о распределении давления с глубиной, рассчитанного по средним значениям плотности пород в глубинных зонах земной коры и возможного строения конкретных геологических провинций. Распределения температур на различных глубинах рассчитываются по материалам геотермического изучения соответствующих районов. Составлены РТ-программы для различных районов Украинского щита [Лебедев и др., 1986, 1987, 1988, 1989; Корчин и др., 2007; Lebedev et al., 1994].

### *Некоторые особенности методических приемов петроскоростного термобарического моделирования*

Рассмотрим некоторые особенности методических приемов петроскоростного термобарического моделирования. На первом этапе проводится анализ материалов ГСЗ вдоль имеющихся геотраверсов, разбитых на блоки с построением соответствующих скоростных колонок. Анализируя эти материалы, выделяются разноградиентные участки. Затем проводится подбор поверхностных аналогов глубинных минеральных образований с учетом априорной геолого-геофизической информации об исследуемом регионе и выявленных наиболее характерных пород на поверхности вдоль отдельных участков профиля. Образцы подобранных пород изучаются в программных РТ-условиях, которые соответствуют их распределению в земной коре исследуемого профиля. Далее, путем сопоставления скоростных характеристик образцов конкретных разностей пород и данных глубинного сейсмического зондирования на отдельных горизонтах подбираются породы с близкими значениями скорости и их изменениями при высоких РТ-параметрах, аналогичными изменениям сейсмических скоростей с глубиной. Таким образом, осуществляется трансформация сейсмического разреза в лито-

логический [Корчин и др., 2007; Лебедев и др., 1986, 1988, 1994, 1995, 1999; Korchin et al., 2006]. Ниже расскажем несколько подробнее о этапах моделирования, которые в ходе многолетних исследований постоянно уточнялись, а последовательность выполнения этапов совершенствовалась.

На рис. 1 приведена оптимальная блок-схема мелкомасштабного петроскоростного глубинного структурного моделирования. В этом варианте блок-схемы линии с одной стрелкой указывают на пути обработки, направленность и последовательность перехода информации от блока к блоку. Линии, ограниченные двумя стрелками, указывают на возможность неоднократного возврата информации при многоциклическом моделировании с использованием метода последовательных приближений [Корчин и др., 2006, 2007; Лебедев и др., 1986, 1988, 1994, 1995, 1999; Korchin et al., 2005, 2006].



**Рис. 1.** Термобарическое моделирование состояния и вещественного состава земной коры (пояснения в тексте).

Кратко остановимся на содержании блоков предлагаемого комплекса исследований, объединенных в рамках предложенной схемы (рис. 1): 1) изучение структурно-тектонических особенностей региона; выделение основных групп пород, формирующих геологическую среду; последующее ее расчленение на отдельные блоки; 2) анализ априорной геолого-геофизической информации с учетом данных о глубинной термодинамической обстановке; 3) отбор коллекции образцов пород изучаемого региона, включая возможные глубинные аналоги (на основании информации блоков 1, 2); 4) составление вариантов программ экспериментального изучения на основании прогнозирования распределения с глубиной  $P$  и  $T$  (по материалам геотермии и гравиметрии) и их

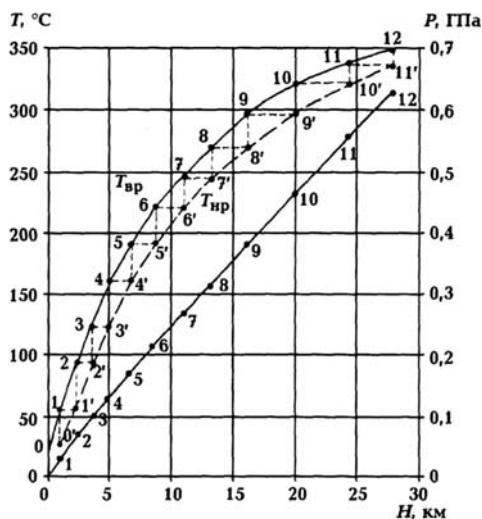
последующее использование при экспериментальных исследованиях образцов горных пород в аппаратах высокого давления-температуры; 5) изучение в различных термобарических условиях упругих и плотностных параметров по образцам коллекций пород; 6) статистическая обработка и анализ результатов лабораторных опытов; 7) комплексная обработка петрологической информации и экспериментальных данных; поиск корреляционных зависимостей между соответствующими параметрами; составление рабочих папок или таблиц; 8) анализ материалов полевых геофизических наблюдений (прежде всего ГСЗ); построение скоростных разрезов по блокам и слоям вдоль соответствующего профиля; 9) сопоставление результатов лабораторных петроскоростных РТ-исследований с сейсмической информацией; комплексная первичная интерпретация; 10) построение литологической модели возможного распределения с глубиной поверхностных аналогов глубинных пород на основании системного анализа соответствующей информации (блоки 1, 2, 6, 7 и 9); 11) реконструкция на основании литологической модели (блок 10) петроскоростных разрезов ( $V_p$ ,  $V_s$ ) по экспериментальным данным (блоки 6, 7); 12) построение плотностного разреза с последующей циклической корреляцией аномалий гравитационного поля со скоростным и вещественным разрезами; 13) создание и анализ моделей распределения с глубиной упруго-прочностных характеристик (модули Юнга и сдвига, коэффициент Пуассона, сжимаемость и др.) минерального вещества по отдельным блокам; сопоставление с первичной геофизической информацией; 14) построение комплексных петроскоростных разрезов, в основу которых положены данные экспериментальных РТ-исследований и информация, накопленная в блоках 10-13 [Корчин и др., 2006, 2007; Лебедев и др., 1994, 1995, 1999; Korchin et al., 2005, 2006].

При отсутствии профилей ГСЗ, т.е. глубинной скоростной информации, в петроплотностном моделировании используется первичная информация о распределении гравитационного поля в изучаемом регионе и данные об изменении плотности пород с глубиной. Необходимым условием при этом является наличие пересечений гравитационных профилей с петроскоростными моделями, построенными с учетом сейсмической информации.

Предложенная блок-схема петроскоростного моделирования может применяться также при разработке соответствующих алгоритмов автоматизированных методов построения петрофизических моделей литосферы с использованием экспериментальной РТ-информации о физических свойствах различных пород и региональной геолого-геофизической изученности.

Далее отметим некоторые особенности этапов моделирования. В ходе исследований региональные коллекции отобранных горных пород предварительно экспериментально исследуются при атмосферном давлении и комнатной температуре. Определяются скорости распространения упругой волны продольной ( $V_p$ ) и поперечной ( $V_s$ ) поляризации, а также их плотность. Затем наиболее характерные из них (по этим параметрам) исследуются при гидростатическом давлении до 0,5-0,6 ГПа.

После статистической обработки данных о распределении скоростей упругих волн в образцах при атмосферном давлении и влиянии высокого гидростатического подбираются соответствующие группы образцов, которые исследуются в условиях одновременного воздействия  $P$  и  $T$ . В этих опытах давление и температура, как отмечалось выше, изменяются по  $PT$ -программам возможного регионального изменения этих параметров с глубиной. Пример такой программы показан на рис. 2.



**Рис. 2.** Программы изменения в аппарате экспериментальной установки давлений ( $P$ ) и температуры ( $T_{вр}$  – высоко-,  $T_{нр}$  – низкотемпературный режим). 1-12 –  $P$  и 1'-12' –  $T$  – значения давления и температуры в опытах при измерении скоростных и плотностных параметров.

Соответственно условиям эксперимента, образец породы как бы постепенно “погружается” на заданную глубину, при этом одновременно измеряются значения  $V_p$ ,  $V_s$  и декремент объема.

Сопоставляя данные глубинного сейсмического зондирования с материалами экспериментального  $PT$ -изучения скоростных характеристик различных пород исследуемого района с учетом общей региональной геолого-геофизической информации, осуществляется построение первого варианта модели распределения

аналогов поверхностных пород с глубиной (первая литологическая модель).

На втором этапе модельные построения петроскоростных конструкций дополняются петроплотностными характеристиками. При этом используются материалы гравиметрии и экспериментальные  $PT$ -зависимости плотности пород. Модельные построения согласовываются со структурой отражающих площадок, расположением разломных зон и пр. Таким образом, на втором этапе уточняется геологическое строение, положение вертикальных и горизонтальных границ блоков, их вещественный состав. Подобные литологические модели затем используются для создания комплексных петрофизических (геотермических, геоэлектрических, геомагнитных и др.) моделей земной коры, которые сопоставляются с наблюдаемыми, дополняющими их геофизическими полями, уточняя глубинное строение исследованного региона.

Сейсмические разрезы в пределах Украинского щита (УЩ) в большинстве случаев фиксируют горизонтально-блоковые структуры коры, которые отражают геолого-тектоническое строение исследуемых районов. Выделенные блоки характеризуются определенным скоростным разрезом, на определенных глубинах которого наблюдаются скачки скорости, а иногда выделяются положительные или отрицательные равноградиентные по скорости участки. В упрощенном виде эти блоки можно рассматривать как элементы вертикального расслоения геологической среды. Каждому блоку и составляющим его слоям присущи свои средние значения  $V_p$  и их изменения с глубиной. Иными словами, вертикальная зональность, выявленная сейсмическими исследованиями, как правило, представляется в виде скачков абсолютных значений скорости и существенным различием ее изменений с глубиной на протяженных участках. Стабильные по величине градиентов скорости слои можно рассматривать как зоны определенного состава. Изменения  $V_p$  в этом случае обусловлены эффектами воздействия на минеральную среду  $P$  и  $T$ . В некоторых случаях на сейсмических разрезах выделяются зоны инверсии скорости продольных волн. Опыты показали, что зависимости  $V_p, V_s = f(PT) = f(H)$  имеют сложные закономерности – на кривых отмечаются зоны инверсии скоростей с проявлением максимумов и минимумов.

Ниже приведен пример трансформации данных ГСЗ вдоль одного из профилей центральной части Украинского щита в информацию распределения конкретных кристаллических пород с глубиной после выполнения соответствующего комплекса исследований, согласно приведенной выше блок-схеме.

**Петроскоростная модель распределения  
вещественного состава разнотерминных  
горизонтов коры вдоль профиля 3-3'**

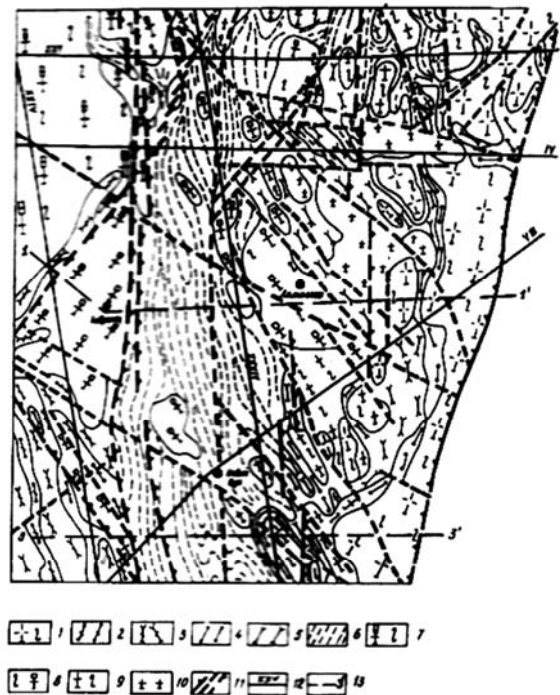
Для построения петроскоростной модели был использован синтетический геолого-геофизический профиль 3-3', пересекающий Ингуло-Ингулецкий район в субширотном направлении (рис. 3), где представлены усредненные сейсмические характеристики отдельных блоков в виде синтезированных скоростных разрезов.

Вдоль указанного профиля была отобрана коллекция образцов пород и подробно изучены их скоростные характеристики в различных РТ-условиях. Предполагалось, что отобранные минеральные ассоциации с наибольшей вероятностью могут формировать соответствующие блоки коры. Это новоукраинские, кировоградские, лелековские, боковянские, долиньские и другие граниты, а также плагиограниты, чарнокиты, диориты, эндербиты, габбро и габбро-нориты. Данные петроскоростных РТ-исследований представлены в наших публикациях [Корчин и др., 2006, 2007; Лебедев и др., 1987, 1989, 1994, 1995, 1999; Korchin et al., 2005, 2006]. Почти для всех изученных пород характерны сложные изменения скорости распространения в них упругой волны при соответствующих РТ-условиях различных глубин. Более того, в зависимостях  $V_p, V_s = f(PT) = f(H)$  наблюдаются зоны инверсий, которым присущи пониженные значения скорости. Они по-разному представлены для различных пород. Указанные зоны более четко проявляются для волн продольной поляризации и менее отчетливо для поперечных. Упругие константы минерального вещества этих зон свидетельствуют о том, что оно находится в разуплотненном состоянии (довольно высокие значения сжимаемости), менее устойчиво к сдвиговым нагрузкам (уменьшается модуль сдвига), более хрупкое в их краевых частях (уменьшается коэффициент Пуассона) [Корчин и др., 2006, 2007; Лебедев и др., 1995; Korchin et al., 2006].

Профиль 3-3' проходит в пределах Братского и Приингульского синклиналиев, Малеевского купола и Ингулецкого массива.

Пересекая две первых структуры, он проходит в непосредственной близости к VIII геотраверсу ГСЗ. Это позволило при построении синтезированной сейсмической модели (рис. 4) использовать информацию о скоростных характеристиках в отдельных блоках. Отсутствие таковой для восточной части рассматриваемого профиля, потребовало поисков аналогов среди материалов по другим профилям ГСЗ.

Согласно предложенной нами методике были сопоставлены значения скоростных параметров отдельных блоков по профилю 3-3' с экспериментальными данными для различных типов пород (рис. 5). Известные в пределах



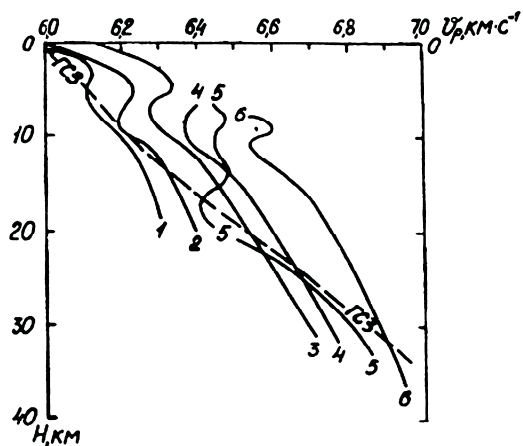
**Рис. 3.** Схема геологического строения, расположение петроскоростных моделей и профилей ГСЗ площади ГК-200 в Ингуло-Ингулецком районе центральной части УЩ (по [Корчин та ін., 2007; Лебедев та ін., 1995]):

- 1 – плагиограниты и плагиомигматиты днепровского комплекса; бугская серия; 2 – рощаховская свита; 3 – каменно-костоватская свита; ингуло-ингулецкая серия; 4 – родионовская свита, 5 – спасовская свита, 6 – чечелевская свита; 7 – граниты и мигматиты новоукраинские; 8 – граниты и мигматиты кировоградские; 9 – граниты и мигматиты кировоградско-житомирского комплекса; 10 – граниты боковянские; 11 – разломы; 12 – профили ГСЗ; 13 – петроскоростные модели вдоль профиля 3-3'.



**Рис. 4.** Модели распределения скорости распространения Р-волн вдоль профиля 3-3', синтезированные по материалам ГСЗ, выполненного по профилям XXIV, XXV и XXXIV, а также геотраверсам IV и VIII: 1 – изолинии скорости (км/с), 2 – разломы, 3 – поверхность М.

Братского синклиория гнейсовые комплексы бугской серии по своим скоростным характеристикам соответствуют скорости сейсмических волн лишь до 3-4 км. Затем, вплоть до раздела М, возможно развитие эндербитов, экспериментальные значения скорости в которых и градиенты ее изменения с глубиной наиболее сопоставимы с сейсмической информацией по этому участку.



**Рис. 5.** Сопоставление  $V_p$  ГСЗ по профилю 3-3' центральной части УЩ с экспериментальными данными  $V_p=f(PT)=f(H)$  для некоторых типов пород. 1 — граниты, 2 — плагиограниты, 3 — нориты, 4 — эндербиты, 5 — диориты, 6 — анортозиты.

Совпадение полевых сейсмических и полученных в РТ-опытах скоростных параметров указывает на то, что гнейсовые комплексы Приингульского синклиория могут распространяться до глубин не более 6-8 км. Нижележащие горизонты коры характеризуются сравнительно небольшими сейсмическими скоростями на всем протяжении профиля, которые хорошо согласуются с экспериментальными данными для плагиогранитов архейского структурного этажа.

В пределах исследуемого района выделяется серия купольных структур, приуроченных к пересечению Ингулец-Каменской зоны разломов (и ее южного продолжения) с целой системой диагональных разрывов. К ней относятся и Малеевский купол, сложенный плагиогранитами и отчасти гранитоидами кировоградско-житомирского комплекса.

Восточнее Малеевского купола профиль 3-3' проходит по южной окраине структуры, образованной Долинским массивом и Казанковским поднятием. Однако здесь в основном развиты плагиограниты нижнего этажа и частично гранитоиды кировоградско-житомирского комплекса. Вместе с тем на геологической карте хорошо прослеживается участок, ограниченный субме-

ридиональным и диагональным (Вольнянским) разломами. По своему положению и составу пород он похож на Малеевский купол. Возможно, схоже и их строение. Восточнее профиль 3-3' проходит в поле архейских плагиогранитов.

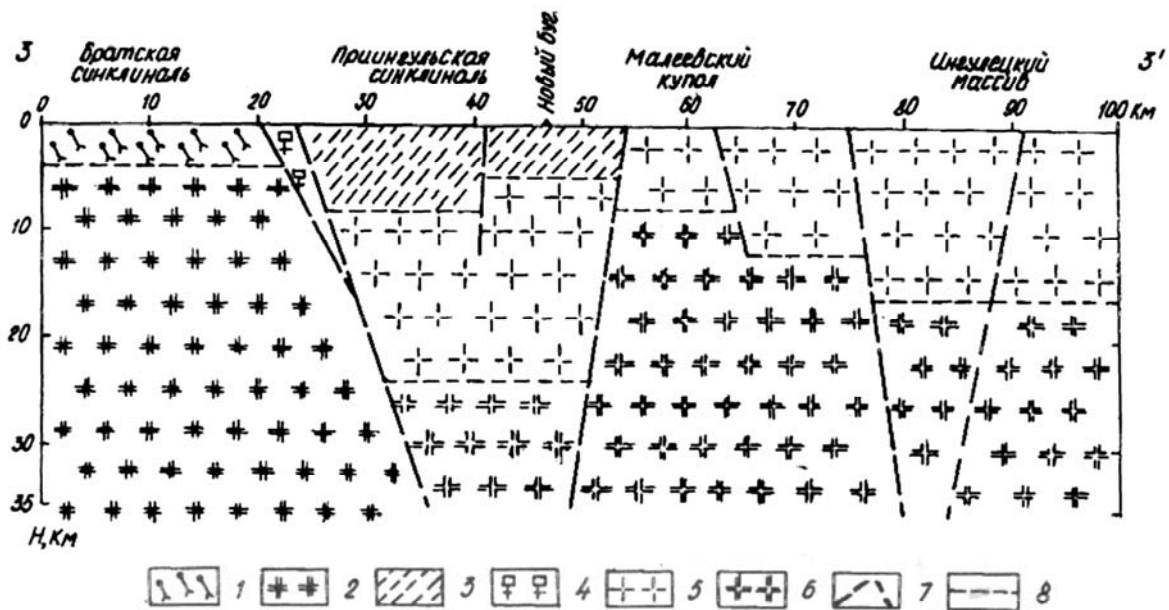
На рис. 6 представлена модель предполагаемого распределения по глубине различных пород вдоль профиля 3-3'. Особенности распределения пород по глубине и латерали позволили выделить ряд аномальных областей. Последние удовлетворительно согласуются с материалами МОВ-ОГТ, объясняя в какой-то мере горизонтальную и вертикальную глубинную расслоенность коры.

Серия отражающих вертикально падающих границ на участке 0-40 профиля 3-3' на глубинах от 4 до 14 км очевидно обусловлена термобарической упругой разуплотненностью мощного горизонта эндербитов. Эта область характеризуется зонами «низких» значений  $V_p$ , и  $V_s$ , повышенной хрупкостью (коэффициент Пуассона уменьшается от 0,26 до 0,22), более высокой сжимаемостью и уменьшением величин модуля сдвига. Она как бы продолжается наклонно на восток до глубины 25 км на участке 20-35 вдоль контакта эндербитов с плагиогранитами соседнего блока. Рассматриваемый участок осложнен небольшой зоной гранитоидов, расположенной между двумя разломами. Затем он замыкается в виде контакта плагиогранитов с диоритами, проявляющегося серией горизонтальных отражающих площадок. Структурные неоднородности в верхних горизонтах коры (до 8 км) на участке 25-40 км связаны с термобарической физико-механической неустойчивостью гнейсов и особенностями их контакта с плагиогранитами. Очевидно различия по составу гнейсов в этом районе профиля и на участке 40-55 (на глубине 5 км) объясняют появление серии отражающих границ, которые характеризуются падением с востока на запад. Слабое структурное расслоение более низких горизонтов (10-20 км) на участке 25-55 связано с РТ-состоянием плагиогранитов на этих глубинах. Породы имеют низкие значения модуля сдвига, наблюдается зона инверсии  $V_p$ . Им присуща постоянная величина сжимаемости  $1,60 \cdot 10^{-2} \text{ Гпа}^{-1}$ .

Структурную расслоенность от глубины 2-7 км (участок 55) до 8 (участок 60-65) в направлении с запада на восток, а затем полого падающую в восточном направлении до глубины 18-21 км (участок профиля 80-90) в первую очередь можно связывать с зонами разломного ступенчатого контакта между плагиогранитами и диоритами. Причем, области контактов этих пород, как правило, хорошо согласуются с горизонтами их аномального физико-механического состояния термобари-

ческой природы. Например, на глубинах 8 км на участке 55-65 расположены горизонты плагиигранитов небольшой мощности и значительных толщ диоритов с резкими изме-

нениями упругих характеристик вследствие глубинного воздействия давления и температуры.



**Рис. 6.** Модель распределения вещественного состава разноглубинных горизонтов коры вдоль профиля 3-3', составленная на основании данных петроскоростных РТ-исследований и геолого-геофизической информации:

1 – гнейсы бугской серии, 2 – эндербиты, 3 – гнейсы ингуло-ингулецкой серии, 4 – граниты Вознесенского массива, 5 – плагииграниты, 6 – диориты, 7 – зоны тектонических нарушений, 8 – возможные литологические границы.

Последнее повышает их хрупкость и сжимаемость в зоне контакта, а также уменьшает значение модуля сдвига. Аналогичное состояние характерно для плагиигранитов и диоритов участка 75-95 на глубинах 12-18 км.

Таким образом, сложная система расслоения корового материала вдоль профиля 3-3' во многом объясняется воздействием термодинамических факторов. Поэтому отдельные горизонты коры обладают повышенной хрупкостью и сжимаемостью, пониженными значениями модуля сдвига. Следовательно, в полях тектонических напряжений происходит наиболее активная их релаксация в виде расслоения исходных структур. Это, вероятно, приводит к формированию, в частности, глубинных тектонетасоматических рудоносных зон.

С целью уточнения строения и состава глубинной геологической среды изучаемой площади были использованы приемы гравитационного моделирования, которые реализовывались путем расчетов соответствующих эффектов на основании предложенных плотностных моделей. Кроме того, осуществлена последующая корректировка возможного залегания и состава различных пород с учетом анализа данных МОВ-ОГТ, распределения аномального магнитного поля и результатов электропрофилирования ВП-

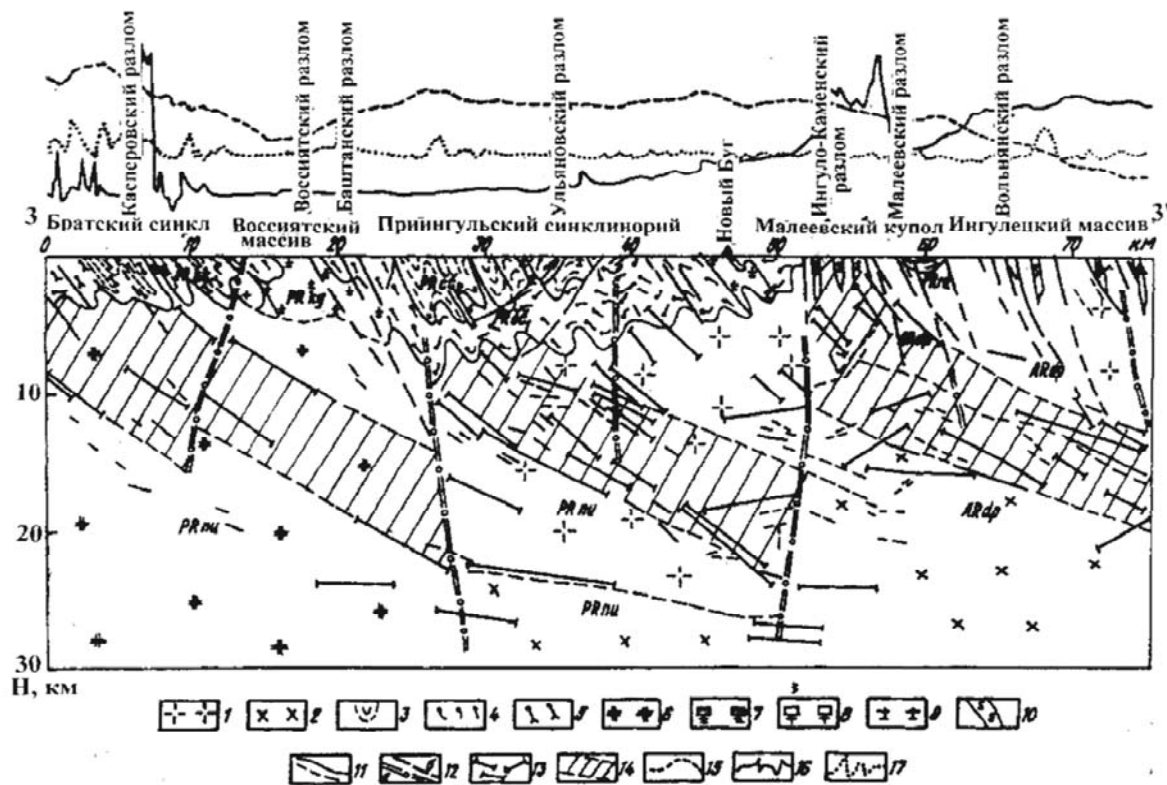
СГ [Лебедев и др., 1995].

Результаты гравитационного моделирования в виде геоплотностных разрезов позволили уточнить возможное строение и состав земной коры профиля 3-3'. Оно несколько отличается от горизонтально-слоистых петроплотностных моделей не только мощностью различных толщ пород, но и наклоном границ между ними. Представляется более глубоким залегание гнейсов в Приингульской синклинории с довольно сложной конфигурацией их ложа. В районе профиля 3-3' мощность гнейсов бугской серии в районе Братского синклинория, вероятно, значительно больше. Предполагается увеличенная мощность гранитов Вознесенского массива (между Братским и Приингульским синклинориями). Более сложными показаны очертания контакта гнейсов Приингульского синклинория с плагиигранитами новоукраинского комплекса. Ступенчатый характер границы перехода под Малеевским куполом и Ингулецким массивом плагиигранитов днепропетровского комплекса к диоритам представляется более плавным (с увеличением мощности плагиигранитов к востоку плотность последних несколько уменьшена). В общем же первоначальные петроплотностные модели незначительно отличаются от построенных по гравитационным данным (на больших

глубинах).

В целом следует подчеркнуть, что в пределах изученной территории можно выделить две главные структурные области коры, разделенные Ингуло-Каменской зоной разломов субмеридионального простирания. Установленные по комплексу признаков, они отличаются составом пород глубинных горизонтов, которые по своим скоростным, плотностным и другим параметрам наиболее удовлетворяют созданным моделям и в определенной степени согласуются с результа-

тами интерпретации аномалий гравитационного и магнитного полей. Основными структурными элементами к западу от Ингуло-Каменской зоны разломов являются Братский и Приингульский блоки (профиль 3-3'). Последний расположен в Центральной части рассматриваемой площади. На западе по Кировоградской и Грушко-Калиновской зонам разломов он граничит с Новоукраинским блоком, а по Воссиятскому разлому – с Братским (рис. 7).



**Рис. 7.** Трансформация сейсмического разреза в схематический геолого-геофизический разрез земной коры по профилю 3-3'.

1 – плагиограниты; 2 – диориты; 3, 4, 5 – гнейсы; 6 – породы чарнокит-эндербитового состава; 7, 8 – порфиробластовые граниты; 9 – средне-мелкозернистые граниты; 10 – мигматиты; 11 – границы вещественного состава; 12 – тектонические нарушения первого (а) и второго (б) порядков; 13 – отражающие площадки МОВ-ОГТ; 14 – зоны интенсивной акустической неоднородности (сейсмического расслоения); 15 –  $\Delta g_a$ ; 16 –  $\Delta T_a$ ; 17 –  $v_{Br}$ .

В структурном плане это синклиналь, выполненная гнейсами ингуло-ингулецкой серии, залегающими на гранитоидах кировоградского комплекса (на севере) и плагиогранитах новоукраинского комплекса (на юге).

Несколько отличается строение южной части Приингульского синклиория. На пересечении с профилем 3-3' гнейсовые комплексы развиты лишь до глубин порядка 6 км. Это четко отражается в гравитационном поле (наблюденном и трансформированном).

В западной части профиля 3-3' выделяется Братский блок. Его основной складчатой структурой является Братский синклиорий. Он вы-

полнен гнейсами бугской серии, а также среднезернистыми гранитами кировоградского комплекса, слагающими Воссиятский массив. Породы блока смяты в изоклинальные складки северо-западного простирания. Складчатость прослеживается и в особенностях аномалий гравитационного и магнитного полей. Первые достигают здесь более высоких значений над гнейсами, чем над гранитами Воссиятского массива. Последний в аномальном поле силы тяжести картируется весьма контрастной отрицательной полосой, вытянутой почти на 50 км. Гравитационное моделирование Воссиятского блока показывает его расширение с глу-

биной, причем северо-восточное крыло более пологое (30-40°) по сравнению с юго-западным. Глубина распространения пород Воссиятского массива (блока) 7-8 км. Магнитное поле резко дифференцировано и характеризуется узкими локальными положительными аномалиями, обусловленными телами магнетитсодержащих гнейсов и гранитоидов. Глубже возможно развитие пород эндербитового типа. Экспериментальные значения скорости и плотности в соответствующих РТ-режимах довольно близки к предполагаемым. Ингулецкий блок занимает восточную часть исследуемой территории и на западе граничит с Приингульским по Ингуло-Каменской зоне разломов. Его слагают купольные структуры архейского возраста, которые в значительной мере были преобразованы в период нижнепротерозойской гранитизации. Блок имеет сложное строение вследствие раздробленности основания разломами северо-западного простирания. Они выражены в виде рифтогенных долин, выполненных образованиями ингуло-ингулецкой серии с различной степенью гранитизации. Указанными разломами Ингулецкий блок разбит на ряд подблоков, среди которых к профилю 3-3' приурочен Ингуло-Малеевский.

Ингулеcko-Малеевский подблок находится в южной части Ингулецкого блока. Он состоит из Ингулецкого массива плагиогранитов архейского возраста и Малеевского купола, разделенных синклинальной структурой субмеридионального (северо-северо-западного) простирания, которая представлена образованиями ингуло-ингулецкой серии.

Гравитационное моделирование и результаты сейсморазведочных работ по Ингулецкому массиву позволяют оценить развитие пород на глубину до 13-15 км. Контакт этого массива с Малеевским куполом имеет восточное падение под углом примерно 50-60°.

На основании построенных петроскоростных разрезов, помимо уточнения положения и состава глубинных горизонтов коры вблизи профиля 3-3', можно предположить на различных глубинах зоны аномального физико-механического состояния пород. Последние обладают повышенной хрупкостью и сжимаемостью, пониженными значениями модуля сдвига и, как следствие, в полях тектонических напряжений здесь происходит их наиболее активная релаксация в виде акустических неоднородностей. Это хорошо согласуется с результатами МОВ-ОГТ. Приобретая характер широкомащтабной системы сквозных глубинных нарушений в коре, указанные зоны в период протекания тектономагматических процессов являются наиболее проницаемыми. С ними связывается повышение интенсивности теплового потока, поступление продуктов магматизма (в

том числе, в виде гидротермальных растворов), активизация процессов метасоматоза, в конечном счете, возникновение концентраций некоторых полезных ископаемых.

Являясь корневой системой приповерхностных разломных структур, эти зоны в последующие этапы тектоно-магматической активизации способствуют выносу, перераспределению, формированию и локализации некоторых концентраций минерального вещества в близповерхностных частях коры. Они характеризуются существенными геохимическими аномалиями и наличием оруденений, приуроченных к глубинным разломам, а также, естественно, генетическими связями с проявлениями разноглубинных тектоно-метасоматических процессов.

### **Заключение**

Петроскоростное глубинное моделирование центральной части УЩ позволило трансформировать результаты выполненных здесь сейсмических исследований ГСЗ и МОВ-ОГТ вблизи профиля 3-3' в физико-механическую, скоростную, плотностную информацию и, как следствие, в литологическую.

Дополнение скоростных и плотностных моделей данными гравитационного моделирования и другой геофизической и геологической информацией усложняет вещественные и структурные модели отдельных блоков и их частей в отличие от первоначальных горизонтально-слоистых.

Синтез результатов глубинного петроскоростного моделирования, геоплотностных построений и геолого-геофизических материалов позволил уточнить природу и пространственно-генетические особенности протяженных сейсмо-тектонических неоднородностей в коре исследуемого региона. Последние, как правило, сосредоточены в зонах контактов минерального вещества различного состава и приурочены к областям аномального термобарического упругого состояния формирующих эти контакты пород, характеризующихся повышенной сжимаемостью, хрупкостью и проницаемостью, а также пониженными значениями  $V_p$ ,  $V_s$  и модуля сдвига.

Системный анализ данных петрофизического моделирования геофизических и геологических материалов дал возможность составить новую геоструктурную схему Ингуло-Ингулецкого района центральной части УЩ (рис. 7) и выделить наиболее перспективные для поисков полезных ископаемых зоны, локализация которых обоснована разноглубинными петроструктурными особенностями площади.

### **Литература**

Korchin V.A., Burtny P.A., Karnaukhova E.E. Thermobaric Petrostructural Modelling of the Earth's Crust and the Nature of some Seismic



- Boundaries // 12 International Symposium on Deep Structure of the Continents and their Margins. September 24-29, 2006. – Shonan Village Centre, Hayama, Japan. – IMC-P05.
- Korchin V.A., Burtnyi P.A., Karnaukhova E.E. Regional deep petrovelocity modeling of the crust according to the data of PT-experiments // Journal of the Balkan Geophysical Society. – 2005. – V.8. – Supp 1.1. – P. 557–560.
- Lebedev T.S., Korchin V.A Burtny P.A. Petrovelocity FT-modeling and elastic inhomogeneity of the lithosphere // High-Pressure Science and Technology. Pt 2. – New York: AIP PRESS. Amer. Inst. Physics, 1994. – P. 783–786.
- Корчин В.А., Буртний П.А., Карнаухова Е.Е. Порода гранулитового комплексу: їх упругі параметри і прогноз розповсюдження в земній корі Українського щита // Геофізический журнал. – 2007. – 29, № 3. – С. 99–109.
- Корчин В.О., Буртний П.О., Карнаухова О.Є. Зв'язок термобаричної зони низьких сейсмічних швидкостей у земній корі з глибинними геологічними процесами // Зб. наук. праць: «Енергетика Землі, її геолого-екологічні прояви, науково-практичне використання». – Київ: ВПЦ «Київський університет», 2006. – С. 99–103.
- Лебедев Т.С. Корчин В.А., Савенко Б.Я., Шаповал В.И., Шепель С.И, Буртний П.А. Петрофизические исследования при высоких РТ-параметрах и их геофизические приложения. – Киев: Наук. думка, 1988. – 248 с.
- Лебедев Т.С., Корчин В.А., Буртний П.А. Геофизические приложения результатов РТ-изучения упругих характеристик горных пород // Свойства и состояние минерального вещества в недрах Земли. – М: Наука, 1989. – С. 56–72.
- Лебедев Т.С., Корчин В.А., Буртний П.А. Новые аспекты геофизического приложения результатов термобарических исследований упругих свойств горных пород // Геофиз. журн. – 1987. – 9, № 2. – С. 55–69.
- Лебедев Т.С., Корчин В.А., Буртний П.А. Петроскоростные модели земной коры района Южно-Украинской АЭС и некоторых смежных территорий // Геофиз. журн. – 1994. – 16, № 3 – С. 24–38.
- Лебедев Т.С., Корчин В.А., Буртний П.А., Корнейчик Г.Н., Панкратов И.Н., Николенко К.И., Корниенко А.И. Петроскоростные модели земной коры центральной части Украинского щита. Ч. 1–3 // Геофиз.журн. – 1995. – 17, № 4. – С. 13–22; № 5. – С. 30–37; № 6. – С. 14–21.
- Лебедев Т.С., Корчин В.А., Савенко Б.Я., Шаповал В.И., Шепель С.И. Физические свойства минерального вещества в термобарических условиях литосферы. – Киев: Наук. думка, 1986. – 200 с.
- Лебедев Т.С., Корчин В.О., Буртний П.О. Глубинное петроскоростное моделирование земной коры Среднего Побужья (Украина) // Геофиз.журн. – 1999. – 21, № 1 – С. 64–84.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗЕМНОЇ КОРИ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ГСЗ ТА ПЕТРОФІЗИЧНОГО ТЕРМОБАРИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНОЇ РЕЧОВИНИ

**В.А. Корчин, П.А. Буртний, Е.Е. Карнаухова**

Розглянуто деякі особливості методичних прийомів петрошвидкісного термобаричного моделювання. Наведено та проаналізовано приклад створення глибинної петрошвидкісної моделі ділянки земної кори Українського щита.

**Ключові слова:** Український щит; високі тиск і температура; петрошвидкісне термобаричне моделювання.

## PROGNOSIS OF GEOLOGICAL MEDIUM OF THE EARTH CRUST ON MATERIALS OF DSS AND PETROPHYSICAL THERMOBARIC RESEARCH OF THE MINERAL MATTER

**V.A. Korchin, P.A. Burtny, E.E. Karnaukhova**

Some features of methodical means of petrovelocity thermobaric modeling have been considered. An example of the construction of a deep petrovelocity model of a crust part of the Ukrainian Shield is given and analysed.

**Key words:** Ukrainian shield; high pressure and temperature; petrovelocity thermobaric modelling.