

Состав земной коры Ингульского мегаблока Украинского щита (типы коры) и закономерности размещения месторождений рудных полезных ископаемых

© В. И. Старостенко, П. Я. Куприенко, И. Б. Макаренко,
А. С. Савченко, О. В. Легостаева, 2017

Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

Поступила 15 июня 2017 г.

В межах Інгульського мегаблоку Українського щита за даними тривимірного густинного моделювання в масштабі 1 : 200 000 визначені потужності умовно виділених “гранітного”, “діоритового”, “базальтового” шарів, які мають за кордоном назву верхньої, середньої та нижньої кори та приведена їх характеристика. По відношенню потужності кожного шару до загальної потужності кори, яке виражається в долях, виділені чотири типи кори: гранітний, діоритовий, лейкобазальтовий, базальтовий. Оскільки склад земної кори є важливим фактором оцінки перспективності на корисні копалини, проведено зіставлення розташування родовищ рудопроявів гідротермального і гідротермально-метасоматичного генезису зі схемою речовинного складу. Установлено, що більша частина родовищ корисних копалин приурочена до блоків гранітно-діоритового і діоритового типів кори, а менша — тяжіє до блоків лейко-базальтового та базальтового типів.

Ключові слова: Інгульський мегаблок, “гранітний”, “діоритовий”, “базальтовий” шари консолидованої земної кори, типи кори.

Введение. Важной составляющей глубинной характеристики земной коры является ее состав и, прежде всего, основность, которая играет существенную роль в оценке перспективности Украинского щита (УЩ) на полезные ископаемые. Оценка основности коры по преобладанию одного из ее слоев и соотношению их мощностей впервые была выполнена при изучении глубинных неоднородностей земной коры юга Восточно-Европейской платформы [Чекунов и др., 1990] и при составлении “Схемы глубинного строения литосферы юго-западной части Восточно-Европейской платформы” [Схема ..., 1992]. Согласно данным скоростных моделей вдоль геотраверсов и профилей ГСЗ и зависимости плотности (ρ) от скорости (V_p) для различных типов кристаллических пород [Красовский, 1981, 1989], было предложено условное деление всей земной коры на три слоя: 1) $V_p <$

$6,30$ км/с, $\rho < 2,75$ г/см³; 2) $V_p = 6,30 \div 6,80$ км/с; $\rho = 2,75 \div 2,90$ г/см³; 3) $V_p > 6,80$ км/с, $\rho > 2,90$ г/см³. Такое деление согласуется с данными о скоростной и плотностной характеристиках пород различного состава [Соллогуб, 1986; Литосфера ..., 1988, 1989, 1993; Красовский, 1989; Красовский и др., 2001; Трипольский, Шаров, 2004].

Верхний слой консолидированной коры характеризуется высокой гетерогенностью и имеет мозаичную структуру. Петрологически ему соответствует смесь пород кислого и среднего состава: граниты, щелочные породы, туфы, серпентиниты, в меньшей мере — метаосновные, зеленокаменные породы, диориты, гранодиориты, чарнокиты, гнейсы, сланцы.

Среднему слою в трехслойном делении коры придается особое значение. Для него характерна наибольшая скоростная неоднородность

среды (присутствие слоев с пониженными скоростями, высокая расслоенность). Средний слой считается источником горизонтальных перемещений земной коры и гранитизации. Предполагается, что именно в средней части земной коры происходят физические процессы, которые ведут к преобразованию вещества коры [Литосфера ..., 1989]. Для среднего слоя характерна смесь пород среднего и основного состава, включая гранодиориты, габброиды и другие основные породы, а также метаосновные, чарнокиты, многие гнейсы, сланцы и диориты.

Нижний слой характеризуется более резким изменением физических и геологических свойств. Многие исследователи указывают на значительную горизонтальную расслоенность среды данной зоны земной коры. Именно в нижней коре предполагается существование источников тектонических процессов, которые наблюдаются и в верхних частях земной коры [Литосфера ..., 1989]. Для этого слоя характерны интрузивные породы от основного до ультраосновного состава (пироксениты, перидотиты, иногда эклогиты), а также метаморфические образования (основные гранулиты, амфиболиты). В нем выделена коромантийная смесь с плотностью более $3,04 \text{ г/см}^3$, $V_p > 7,20 \text{ км/с}$, что соответствует увеличению содержания пород ультраосновного состава в данном слое [Литосфера ..., 1993; Свешников и др., 1998; Красовский и др., 2001].

Таким образом, с учетом выбранных интервалов значений скорости и плотности земная кора была разделена на три слоя без резких границ между ними, которые весьма условно в соответствии с определениями были названы “гранитным”, “диоритовым” и “базальтовым”. Большинство зарубежных исследователей называют эти слои верхней, средней и нижней корой.

По соотношению мощности каждого слоя к общей мощности коры, которое выражается в процентах, были выделены типы коры, название которых соответствует преобладающей части того или иного слоя в мощности коры [Схема ..., 1992]. Также была установлена прямая зависимость мощности “базальтового” слоя и соответственно основности коры с ее мощностью [Льченко та ін., 1988]. Однако редкая сеть про-

филей ГСЗ, разная степень детальности сейсмических работ и оценка соотношения мощности слоев в разрезе блоков с однородной скоростной характеристикой привели к большим условностям при создании схемы типов коры [Схема ..., 1992] в трехмерном варианте.

Поскольку наиболее тесно с вещественным составом связана плотность горных пород, а показателем большей или меньшей основности их состава и степени метаморфизма является степень соответствия соотношения плотности и скорости в блоках их нормальному для региона значению [Красовский, 1981, 1989], был предложен вариант прогнозного состава земной коры УЩ на базе новой трехмерной плотностной модели [Куприенко и др., 2007б]. В ней распределение плотности было получено в результате моделирования, опирающегося на скоростные модели вдоль профилей ГСЗ, в том числе международных геотраверсов с использованием зависимости $\rho = f(V_p)$ и соответствующих поправок [Красовский, 1981, 1989; Куприенко, Красовский, 1988].

В продолжение изложенного и ранее выполненных работ в м-бе 1 : 500 000 [Куприенко и др., 2007а; Кировоградский ..., 2013] при использовании более детальных данных о распределении плотности в земной коре по глубине и латерали м-ба 1 : 200 000 [Старостенко и др., 2015] для Ингульского мегаблока УЩ впервые выделены типы коры, а также проведено сопоставление расположения месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых гидротермального и гидротермально-метасоматического генезиса со схемой вещественного состава, построение которой является завершающим этапом создания трехмерной плотностной модели и подробно описано в работах [Куприенко и др., 2007а, б; Кировоградский ..., 2013]. Для удобства построения схем мощности условных “гранитного”, “диоритового” и “базальтового” слоев (исключение ручного труда) дополнительно была создана программа “Glubina”, при использовании которой можно определить глубину залегания поверхности заданного значения плотности между кровлей и подошвой слоя, представленными как числом, так и картой. Поскольку одинаковое значение плотности может находиться одновременно в нескольких слоях

одной модели, то для обобщения всех полученных данных дополнительно была разработана программа “Сопстар”.

Мощность условно выделенных “гранитного”, “диоритового” и “базальтового” слоев земной коры и коромантийной смеси. Мощности “гранитного” (верхняя кора) слоя земной коры Ингульского мегаблока колеблется от нулевых значений до 16 км (рис. 1). Так, в Голованевской шовной зоне практически по всей ее площади “гранитный” слой отсутствует. Согласно применяемой методике [Куприенко и др., 2007б], мощность этого слоя определяется от подошвы осадочного слоя (если присутствуют осадки) или от поверхности кристаллического фундамента до изолинии $2,75 \text{ г/см}^3$. Значительной мощностью “гранитный” слой представлен в Новоукраинском массиве трахитоидных гранитов (16 км), Шполянском и Корсунь-Шевченковском массивах рапакививидных гранитов (до 12 км). Восточная часть Новомиргородского массива габбро-анортозитов характеризуется большой мощностью “гранитного” слоя (до 18 км), в западной его части мощность несколько меньше (до 14 км). В остальных массивах габбро-анортозитов (Межиричанском, Городищенском, Смелянском, Русскополянском) мощность кислых пород не превышает 12—13 км.

В Уманском и Богуславском массивах гранитоидов мощность “гранитного” слоя возрастает в восточном направлении от 6 до 12 км. В Шевченковском, Долинском, Чигиринском массивах мощность слоя достигает 14 км в центральных частях и уменьшается к периферии до 10—12 км. Липняжский, Вознесенский и Кировоградско-Бобринецкий массивы имеют мощность “гранитного” слоя 6—8 км и 9—10 км соответственно.

В пределах Тальновской зоны разломов мощность слоя возрастает от 6 до 12 км в юго-западной части и представлена однородной толщей в северо-восточной (около 12 км). В Первомайской зоне разломов мощность слоя минимальна и изменяется от 0 до 6 км. Звенигородско-Братская зона разломов характеризуется мощностью “гранитного” слоя 12—16 км в юго-восточной и северо-западной частях, в центральной части слой несколько утонен (до 8—9 км). Для Кировоградской и Западно-Ингулец-

кой зон разломов характерна мощность 12—16 км, а для Кировоградско-Кременчугской — от 8 до 12 км.

В Голованевской шовной зоне “гранитный” слой присутствует с незначительной мощностью (до 4 км) лишь на севере. Ингулецко-Кировоградская шовная зона характеризуется мощностью 10—12 км с уменьшением к северу. К югу от Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов, между Кировоградской и Кировоградско-Кременчугской зонами разломов, мощность “гранитного” слоя постоянна (16 км), а к северу она уменьшается до 12—14 км.

Вдоль Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов мощность “гранитного” слоя нарастает от 10 км на западе до 16 в районе пересечения с Кировоградской зоной разломов и снова уменьшается до 12 км при приближении к Западно-Ингулецкой зоне разломов. Изменение мощности слоя вдоль Бобринецкой широтной зоны разломов аналогично.

“Дiorитовый” слой (средняя кора) характеризуется мощностью от 0 до 22 км (рис. 2). В восточной части Корсунь-Шевченковского массива мощность “диоритового” слоя составляет 13—14 км, а в западной она минимальна (меньше 6 км). На востоке Шполянского массива рапакививидных гранитов слой утолщается до 16—17 км, а на западе утоняется до 12 км. Новоукраинский массив трахитоидных гранитов по всей площади имеет однородную мощность “диоритового” слоя (около 10 км) за исключением юго-западной части, где слой отсутствует.

Мощность “диоритового” слоя в Межиричанском массиве габбро-анортозитов около 15 км, в Городищенском и Смелянском — от 10 до 14 км, в Русскополянском она утоняется до 8 км в восточном направлении, в Новомиргородском массиве варьирует от 10 до 16 км, причем в районе трансрегионального тектонического шва Херсон—Смоленск присутствует изометричная область, в которой мощность уменьшается к центру до 10 км.

Массивы гранитоидов характеризуются индивидуальной мощностью “диоритового” слоя. Так, мощность слоя в Богуславском массиве увеличивается к западу от 16 до 18 км с присутствием локальной области повышенной

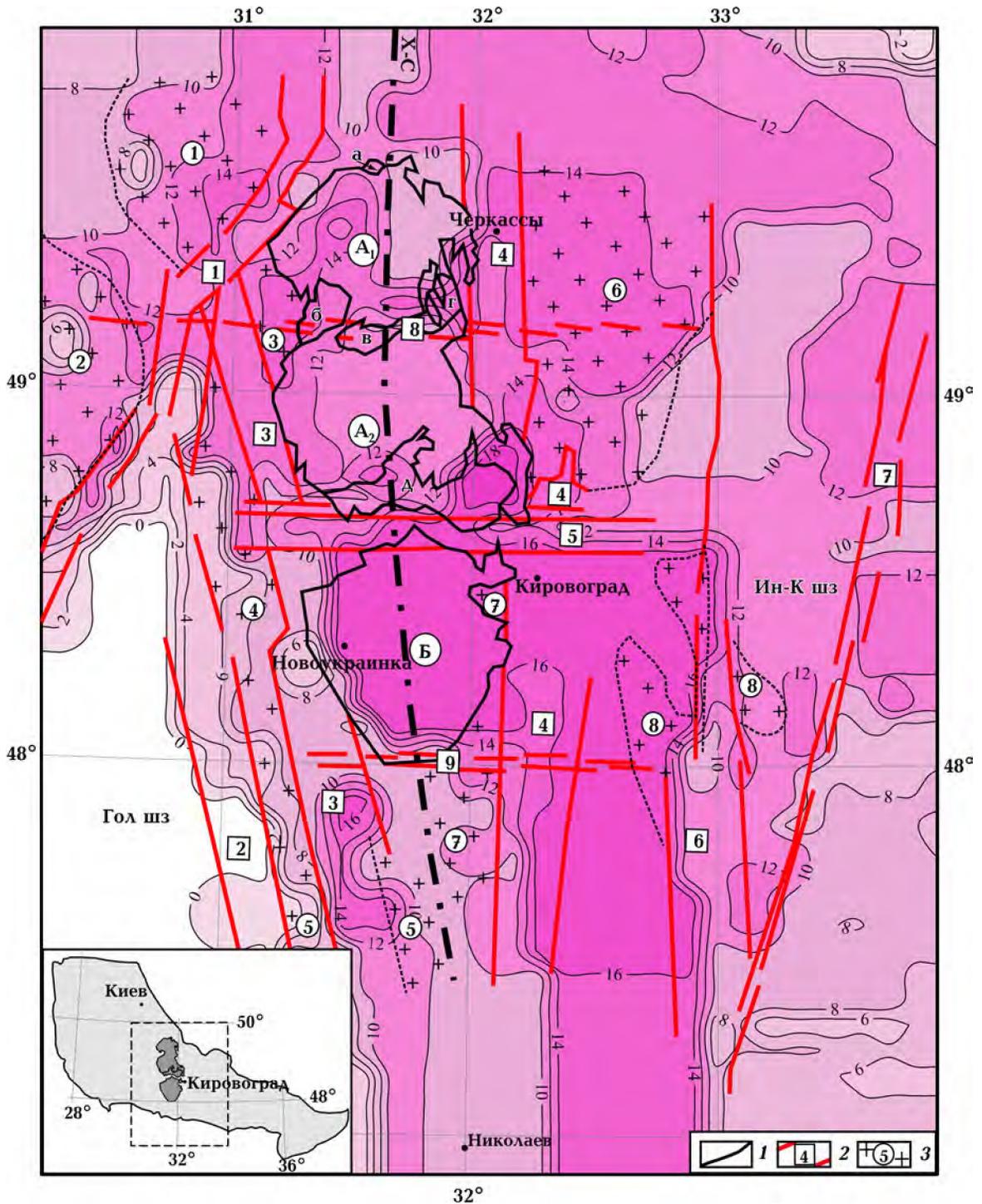


Рис. 1. Мощность “гранитного” (верхняя кора) слоя земной коры, км: 1 — контур Корсунь-Новомиргородского плутона и Новоукраинского массива; 2 — зоны разломов (цифры в квадратах: 1 — Тальновская, 2 — Первомайская, 3 — Звенигородско-Братская, 4 — Кировоградская, 5 — Субботско-Мошоринская, 6 — Западно-Ингулецкая, 7 — Криворожско-Кременчугская, 8 — Смелянская, 9 — Бобринецкая); 3 — массивы гранитоидов (цифры в кружках: 1 — Богуславский, 2 — Уманский, 3 — Шевченковский, 4 — Липняжский, 5 — Вознесенский, 6 — Чигиринский, 7 — Кировоградско-Бобринецкий, 8 — Долинский). Массивы рапакивидных гранитов: Корсунь-Шевченковский (A_1), Шполянский (A_2); Новоукраинский массив трахитоидных гранитов (Б). Массивы габбро-анортозитов: Межиричанский (а), Городищенский (б), Смелянский (в), Русскополянский (г), Новомиргородский (д). Шовные зоны: Голованевская (Гол шз), Ингулецко-Криворожская (Ин-К шз); Х—С — трансрегиональный тектонический шов Херсон—Смоленск. На врезке показан район исследований.

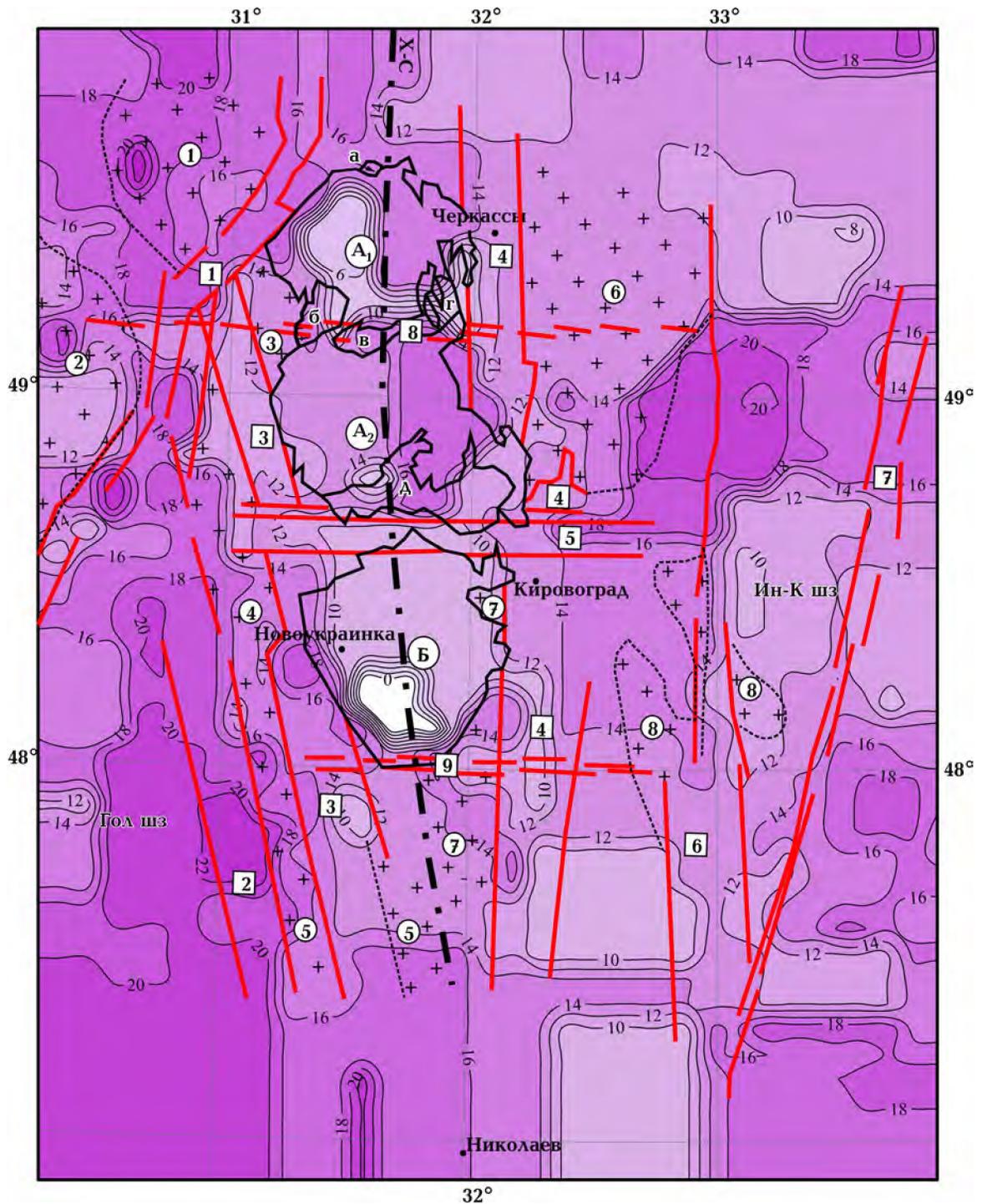


Рис. 2. Мощность “диоритового” (средняя кора) слоя земной коры, км. Условные обозначения см. на рис. 1.

мощности (до 24 км) в западной его части. Такая же область, в которой мощность “диоритового” слоя возрастает до 20 км, наблюдается на западе Уманского массива. Сам массив ха-

рактеризуется мощностью 12—16 км. В Шевченковском массиве мощность “диоритового” слоя увеличивается к северу от 12 до 14—16 км, а в Липняжском — незначительно к северо-за-

паду (от 12—14 до 16—18 км). Вознесенский массив характеризуется повышенной мощностью слоя до 16—18 км. Для Чигиринского массива характерна однородная мощность “диоритового” слоя (13 км). Кировоградско-Бобринецкий и Долинский массивы имеют мощность около 14 км.

Область развития биотитовых гнейсов, расположенная между Кировоградской и Криворожско-Кременчугской зонами разломов, по мощности “диоритового” слоя делится на три участка. Первый, до Бобринецкой широтной зоны разломов, представлен двумя зонами пониженной мощности (до 10 км) на фоне толщи 12—14 км. Второй участок расположен между Бобринецкой и Субботско-Мошоринской широтными зонами разломов. В нем мощность слоя нарастает от 14 до 16 км. На третьем участке (от Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов до Смелянской) мощность слоя возрастает до 20 км.

Тальновская зона разломов характеризуется увеличением мощности “диоритового” слоя в юго-западном направлении от 16 до 22 км, в Первомайской зоне разломов, аналогично Тальновской, мощность увеличивается от 18 до 23 км, но только в юго-восточном направлении. В Звенигородско-Братской зоне разломов наибольшая мощность (18 км) наблюдается в центральной части, между Бобринецкой и Субботско-Мошоринской широтными зонами разломов, затем она уменьшается до 10—12 км в северо-западной и юго-восточной частях. Субботско-Мошоринская широтная зона разломов характеризуется увеличением мощности в восточном направлении от 12 до 18 км. В Бобринецкой широтной зоне разломов, наоборот, мощность больше в западной части (14—16 км) и меньше в восточной (до 9—10 км). В районе Кировоградской зоны разломов мощность слоя практически одинакова на всей протяженности (порядка 12 км). Западно-Ингулецкая зона разломов (до Бобринецкой широтной зоны разломов) представлена толщей мощностью 10—12 км, а после — мощностью 14 км. Криворожско-Кременчугская зона разломов характеризуется мощностью “диоритового” слоя 12 км в ее центральной части с утолщением к юго-западу и северо-востоку до 16 км.

“Базальтовый” (нижняя кора) слой представлен максимальной мощностью (50 км) в центральной части Голованевской шовной зоны (рис. 3). В юго-западной части Новоукраинского массива трахитоидных гранитов и в западной части Корсунь-Шевченковского массива рапакививидных гранитов мощность “базальтового” слоя достигает 20 и 26 км соответственно. В восточной части Корсунь-Шевченковского, западной части Шполянского массивов рапакививидных гранитов и большей части Новоукраинского массива трахитоидных гранитов мощность “базальтового” слоя изменяется от 16 до 20 км. Восточная часть Шполянского и юго-восточная Новоукраинского массивов характеризуются пониженной мощностью (до 8—10 км).

Мощность “базальтового” слоя в Богуславском и Чигиринском массивах гранитоидов составляет 14 км, Вознесенском и Кировоградско-Бобринецком — 16 км, а в Уманском и Липняжском массивах она возрастает до 20—22 км. Отличается по величине мощности слоя Долинский массив, который делится на три участка: западный с мощностью слоя 6—10 км, северный — 16 км и восточный — от 18 до 24 км.

В Тальновской зоне разломов наибольшая мощность (до 36—38 км) наблюдается на участке, прилегающем к Голованевской шовной зоне. Вдоль самой зоны разломов мощность “базальтового” слоя увеличивается до 14—16 км в северо-восточном направлении. Мощность северо-западной части Первомайской зоны разломов 20—38 км, юго-восточной 22 км, центральной 16—18 км. На юго-востоке Звенигородско-Братской зоны разломов мощность слоя 12—16 км, затем, при приближении к Субботско-Мошоринской широтной зоне разломов, она возрастает до 22 км, а после нее понижается до 20 км.

В Кировоградской зоне разломов мощность “базальтового” слоя 12—14 км. В южной части Западно-Ингулецкой зоны разломов, до Бобринецкой широтной зоны разломов, она возрастает до 24—26 км. На площади, расположенной между Бобринецкой и Субботско-Мошоринской широтными зонами разломов, мощность “базальтового” слоя 16—20 км. Вдоль Криворожско-Кременчугской зоны разломов мощность слоя составляет 26—28 км до Суббот-

ско-Мошоринской зоны разломов, а севернее от нее утоняется до 10—14 км.

Область распространения биотитовых гнейсов характеризуется постепенным увеличени-

ем мощности “базальтового” слоя с юга на север от 8—10 до 14—16 км. В пределах Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов максимальная мощность слоя достигает 16 км

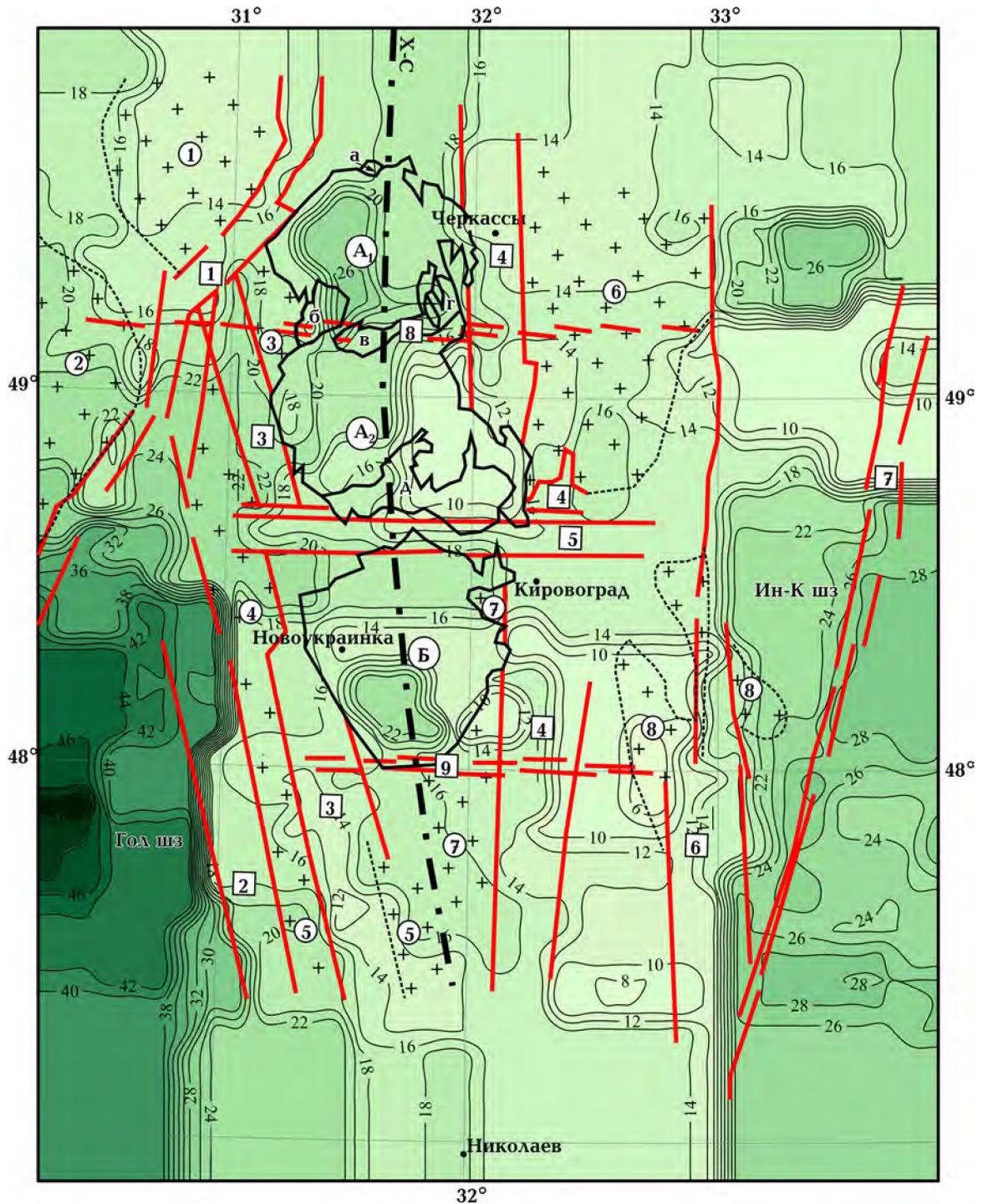


Рис. 3. Мощность “базальтового” (нижняя кора) слоя земной коры, км. Условные обозначения см. на рис. 1.

с утонением в восточном направлении до 14 км. Вдоль Бобринецкой широтной зоны разломов мощность слоя также уменьшается к востоку от 16 до 6 км. Вдоль Смелянской широтной зоны разломов максимальная мощность наблю-

дается в районе трансрегионального тектонического шва Херсон—Смоленск (20—24 км), затем уменьшается к западу и востоку до 18 и 12 км соответственно.

Коромантійная смесь (рис. 4) присутству-

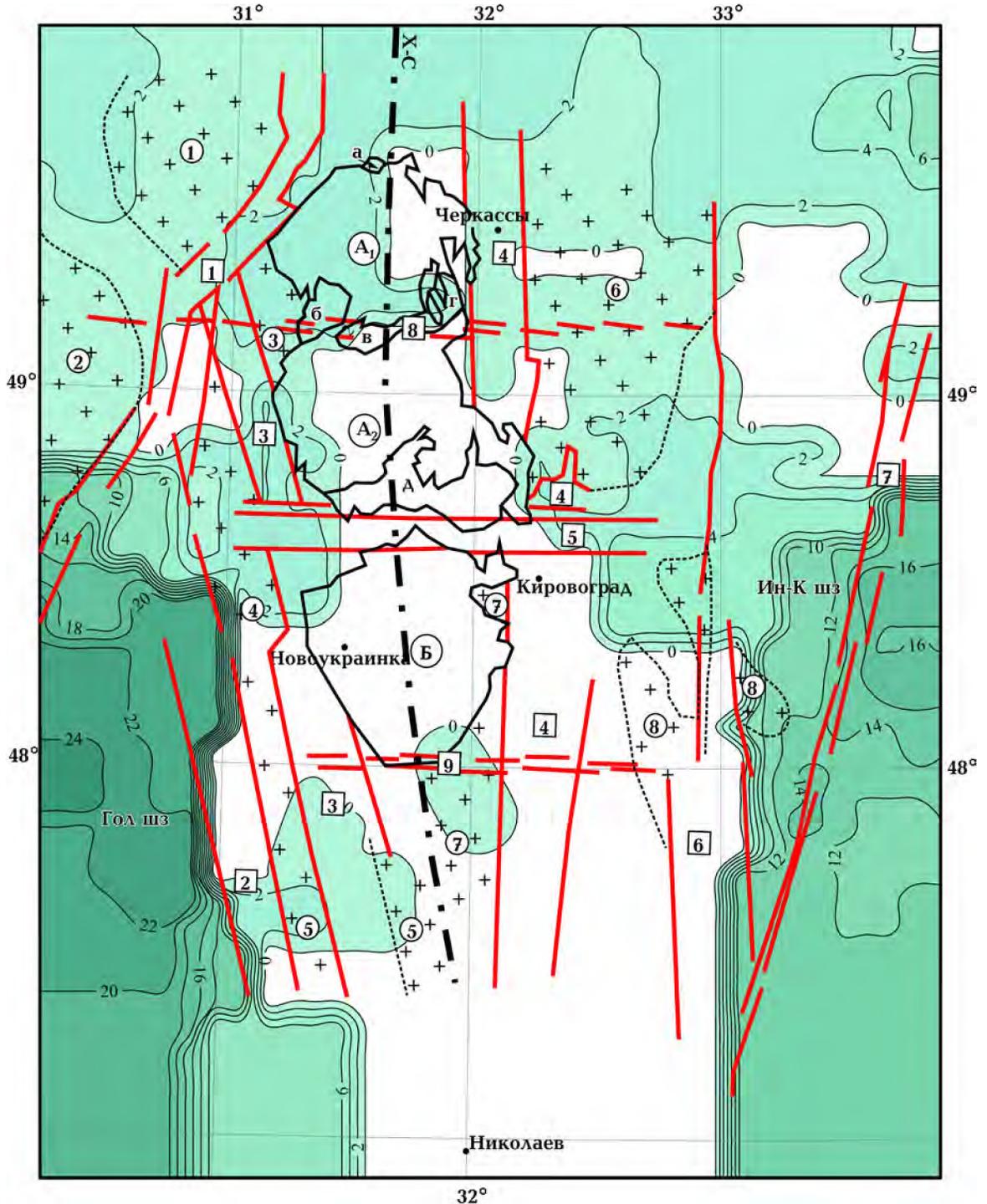


Рис. 4. Мощность коромантійной смеси, км. Условные обозначения см. на рис. 1.

ет в Голованевской шовной зоне мощностью 16—24 км, на северо-западе Первомайской зоны разломов (до 20 км), в Ингулецко-Криворожской шовной зоне (до Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов) 12—14 км, а севернее зоны утоняется до 2 км. Небольшой мощностью (до 2 км) коромантийная смесь присутствует в западной части Корсунь-Шевченковского массива, в северо-западной и центральной (в узле пересечения с Субботско-Мошоринской широтной зоной разломов) частях Звенигородско-Братской зоны разломов и фрагментарно в пределах Липняжского и Вознесенского, на западе Богуславского и юге Уманского массивов гранитоидов. В области распространения биотитовых гнейсов мощность коромантийной смеси достигает 4 км в районе Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов.

Типы коры. Типизация коры выполнена по аналогии с типизацией коры юго-западной части Восточно-Европейской платформы [Схема ..., 1992] и Украинского щита [Куприенко и др., 2007б] с некоторыми уточнениями.

На рис. 5 приведена схема типов коры, которая впервые построена для Ингульского мегаблока УЩ в м-бе 1 : 200 000 на основе оценки вклада мощности каждого слоя, выделенного по интервалам плотности, в полную мощность коры. Полученная схема несколько отличается от схемы, построенной ранее, на которой Ингульский мегаблок является составной частью всего УЩ [Куприенко и др., 2007б]. Однако этому есть объяснение. Во-первых, исследования ранее проводились в масштабе 1 : 500 000, поэтому многие структуры в виду их небольшого размера учитывались генерализованно, т. е. объединились с такими же находящимися рядом структурами и плотность их осреднялась. Во-вторых, в предыдущей модели не рассчитывались массивы гранитоидов как отдельные структуры, что естественно внесло свои коррективы в условно выделяемые слои, особенно в верхний (“гранитный”).

В составленной схеме присутствуют четыре типа коры: базальтовый, лейкобазальтовый, диоритовый, гранитно-диоритовый. Название типов коры соответствует преобладающей части (доле) того или иного слоя в мощности коры. Так, базальтовый тип коры практически полно-

стью состоит из основных пород. Для гранитно-диоритового и диоритового типов коры характерно очень малое, а иногда и полное отсутствие пород основного состава.

Гранитно-диоритовый тип коры (здесь преобладают породы кислого состава) распространен на севере, в центральной и восточной частях Новоукраинского массива трахитоидных гранитов, в области распространения биотитовых гнейсов до Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов, на северо-западе Чигиринского, в западной и северной частях Долинского массивов гранитоидов, на севере и в центральной части Кировоградской зоны разломов, а также в восточных частях Русскополянського и Новомиргородского габбро-анортозитовых массивов. Этот тип коры также распространен в Субботско-Мошоринской широтной зоне разломов к востоку от трансрегионального тектонического шва Херсон—Смоленск и в восточной части Бобринецкой шовной зоны разломов.

Диоритовый тип коры занимает значительную часть площади Ингульского мегаблока.

Лейкобазальтовый тип коры распространен в южной части Уманского массива гранитоидов, западнее Шполянського массива рапакививидных гранитов, присутствует в северо-западной части Звенигородско-Братской зоны разломов и Липняжского массива, вклиниваясь в Тальновскую зону разломов. Большую площадь этот тип коры занимает в пределах Ингулецко-Криворожской шовной зоны до пересечения с Субботско-Мошоринской широтной зоной разломов.

Базальтовый тип коры распространен по всей Голованевской шовной зоне, незначительными участками представлен в массивах гранитоидов: на юге Уманского и севернее Липняжского, в районе Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов. Области распространения базальтового типа коры присутствуют на севере Ингулецко-Криворожской шовной зоны и восточнее Криворожско-Кременчугской зоны разломов, в пределах Среднеприднепровского мегаблока УЩ.

На юго-западе Новоукраинского массива трахитоидных гранитов и в западной части Корсунь-Шевченковского массива рапакививидных гранитов выделены две области, расположен-

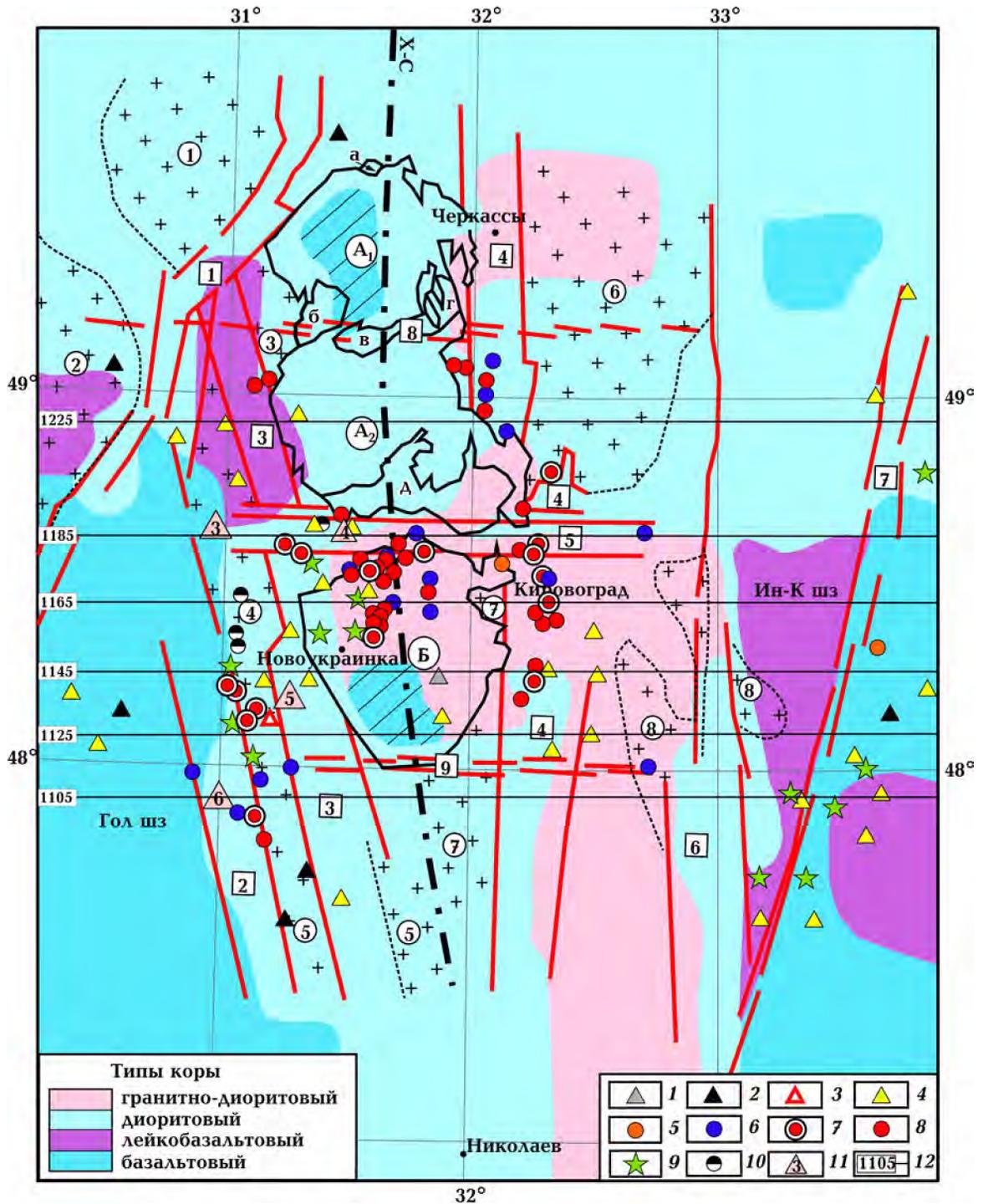


Рис. 5. Схема типов земной коры. Рудные полезные ископаемые по [Комплексна ..., 2003; Кировоградский ..., 2013]: 1—4 — гидротермальные (1 — медь; 2 — молибден, свинец, цинк; 3 — уран; 4 — золото, серебро); 5, 6 — гидротермально-метасоматические (5 — ниобий, тантал, редкие земли, цирконий; 6 — редкие земли, уран, апатит, скандий, ванадий); 7 — урановые месторождения и рудопроявления; 8 — урановые районы; 9 — рудопроявления пегматитового типа; 10 — месторождения лития; 11 — рудные районы и поля (3 — Лоташевское, 4 — Полоховское, 5 — Лозоватско-Калиновское, 6 — Корабельное); 12 — профили, вдоль которых построены плотностные разрезы земной коры. Штриховкой показаны области, условно отнесенные к базальтовому типу коры, в которых наблюдается минимальная мощность (или отсутствие) “диоритового” слоя и значительная мощность “базальтового” и “гранитного” слоев. Другие условные обозначения см. на рис. 1.

ные вблизи трансрегионального шва Херсон—Смоленск. Они отнесены к базальтовому типу коры условно, поскольку характеризуются минимальной мощностью “диоритового” слоя (или отсутствием его), значительной мощностью “базальтового” и “гранитного” слоев. Такое сочетание мощности слоев не вписывается в пределы выделенных ранее типов коры. Но поскольку доля “базальтовой” составляющей в общей мощности коры здесь наибольшая, эти области отнесены к базальтовому типу.

Как видно, к западу от трансрегионального шва Херсон—Смоленск преобладают диоритовый, лейкобазальтовый и базальтовый типы коры. К востоку — в большей мере гранитно-диоритовый, диоритовый, в меньшей — лейкобазальтовый и базальтовый типы коры. Это подтверждает присутствие региональной закономерности уменьшения основности коры щита с запада на восток. Подобное уменьшение наблюдается и в шовных зонах: от базальтового типа коры в Голованевской шовной зоне до лейкобазальтового, диоритового и гранитно-диоритового в Ингулеcko-Криворожской шовной зоне.

Сопоставление результатов трехмерного плотностного моделирования с расположением месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых. Поскольку состав земной коры является важным фактором оценки перспективности на рудные полезные ископаемые, выполнено сопоставление областей распространения рудных месторождений со схемой типов земной коры (см. рис. 5) как по площади, так и вдоль расчетных профилей (рис. 6), на которые вынесены контуры и плотности расчетных тел, вещественные слои, границы гранитоидных массивов, местоположение зон разломов и месторождений, а также возможные разрывные нарушения, которые выделены по данным плотностного моделирования.

Связь месторождений и рудопроявлений УЩ с разломной тектоникой фиксируется многими исследователями. Ингульский мегаблок пересекается крупными зонами разломов северо-западного, субширотного и субмеридионального простирания (см. рис. 1), а также многочисленными зонами разломов меньших размеров и отдельными зонами скалывания. Это определяет сильную раздробленность земной коры мега-

блока и приуроченность рудопроявлений и месторождений, имеющих гидротермальный и гидротермально-метасоматический генезис, к зонам разломов, поскольку именно они являются главными проводниками магматических расплавов, гидротерм, эманаций и рудных растворов, а следовательно — наиболее проницаемыми структурами, связывающими земную кору и мантию. Наиболее существенное место по металлогенической значимости занимают Тальновская, Криворожско-Кременчугская межмегаблоковые зоны разломов, а также Голованевская и Ингулеcko-Криворожская шовные зоны. Большую роль играют Первомайская и Звенигородско-Братская внутримегаблоковые зоны разломов, а также Кировоградская, которая сопряжена с трансрегиональным швом Херсон—Смоленск [Старостенко и др., 2007, 2011].

При сопоставлении выяснилось, что большинство рудных месторождений тяготеют к Первомайской, Звенигородско-Братской, Кировоградской, Криворожско-Кременчугской зонам разломов и расположены к западу от трансрегионального тектонического шва Херсон—Смоленск. Их образование связано с глубинными расплавами, флюидами и растворами, которые сопровождали интенсивный процесс активизации в зоне шва [Старостенко и др., 2007].

В районе Первомайской и Звенигородско-Братской зон разломов сосредоточены следующие месторождения и рудопроявления: уран гидротермально-метасоматического генезиса, рудопроявления золота и серебра, редких, редкоземельных и цветных (молибден, свинец, цинк) металлов (см. рис. 5). Все они, как правило, связаны с телами метасоматитов, пегматоидных и кварцевых жил среди мигматизированных, катклазированных и милонитизированных гнейсов [Старостенко и др., 2007]. Большая часть месторождений и рудопроявлений сосредоточена южнее Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов и приурочена к диоритовому типу коры. Севернее этой зоны присутствуют рудопроявления золота и серебра, которые относятся к лейкобазальтовому типу коры.

Для Кировоградской зоны разломов характерны месторождения и рудопроявления урана, золота и серебра, редких (ниобий, тантал, цирконий, ванадий) и редкоземельных металлов.

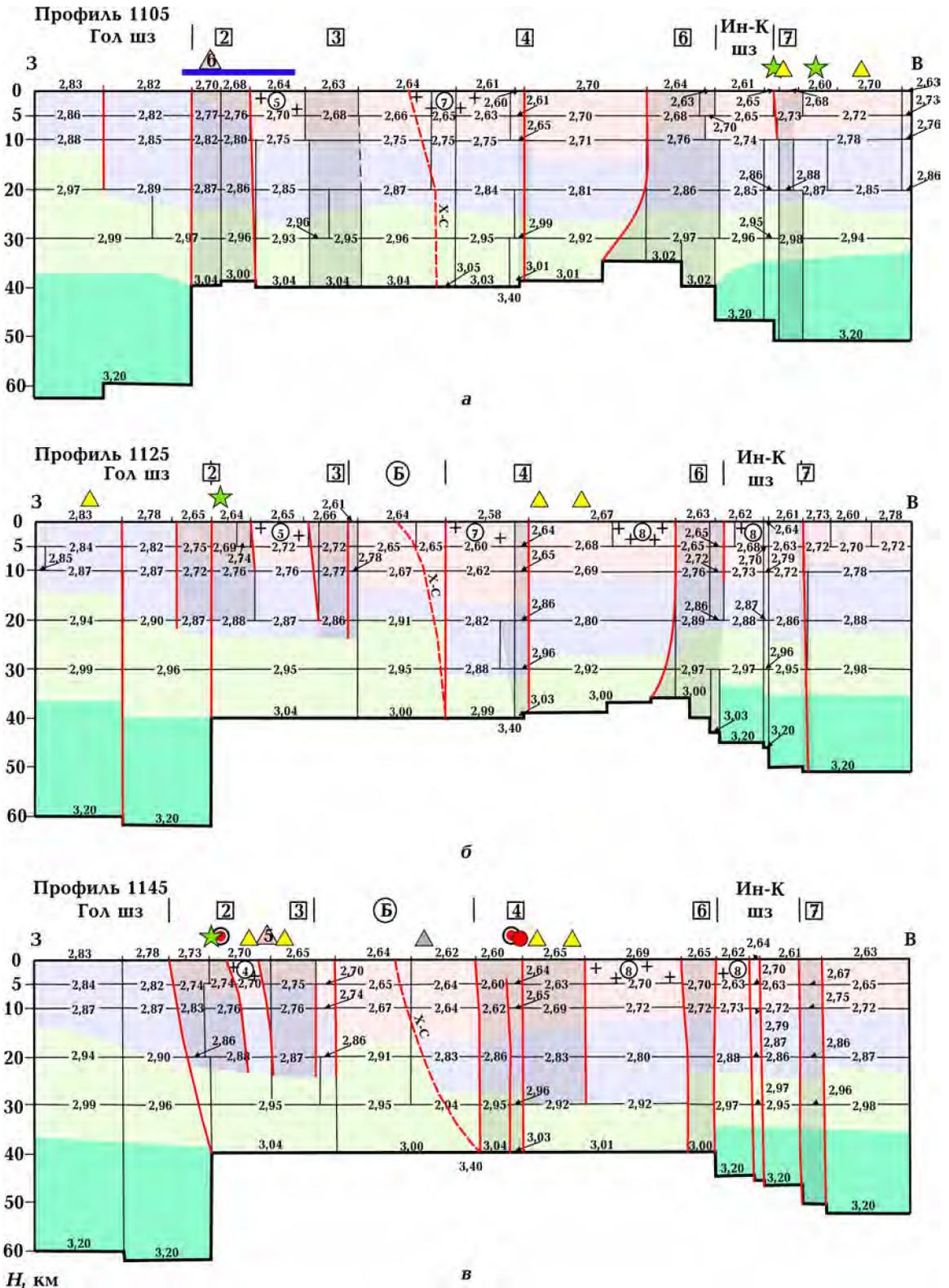
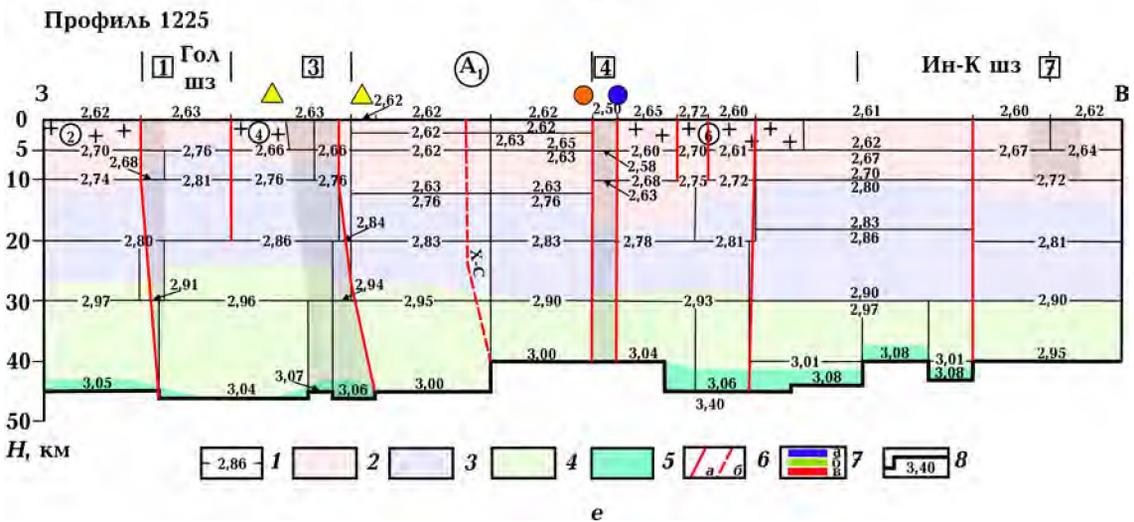
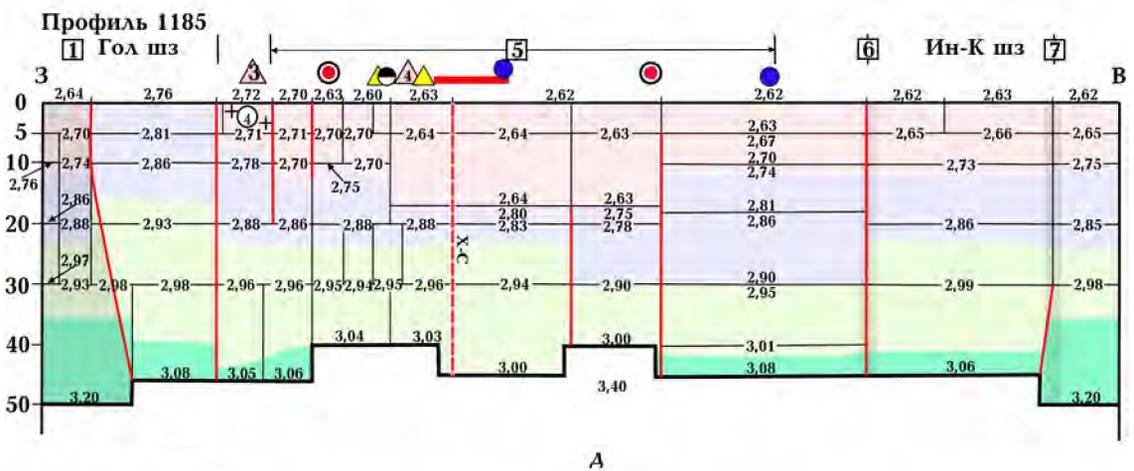
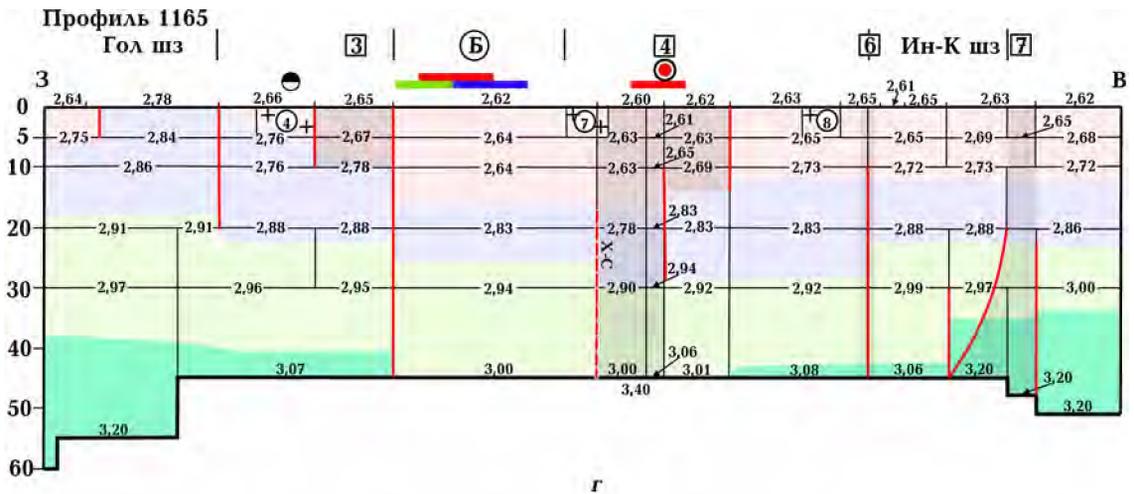


Рис. 6. Плотностные разрезы земной коры вдоль профилей 1105 (а), 1125 (б), 1145 (в), 1165 (г), 1185 (д), 1225 (е): 1 — контуры и значения плотности (г/см^3) расчетных тел; 2—4 — слои вещественного состава земной коры (2 — “гранитный”, 3 — “диоритовый”, 4 — “базальтовый”); 5 — коромантийная смесь; б — предполагаемые нарушения (а) и положение трансрегионального шва X—См (б) по данным



трехмерного плотностного моделирования; 7 — скопления месторождений вблизи профиля (*a* — редких земель, урана, апатита, скандия, ванадия, *b* — рудопоявлений пегматитового типа, *в* — урана); 8 — радел Мохо. Положение профилей см. на рис. 5, другие условные обозначения — на рис. 1, 5.

Все они сконцентрированы в двух областях: между Субботско-Мошоринской и Бобринецкой широтными зонами разломов на юге и Субботско-Мошоринской и Смелянской широтными зонами на севере и тяготеют к гранитно-диоритовому и диоритовому типам коры. Месторождения и рудопроявления размещены в метасоматитах, катаклазированных, милонитизированных и окварцованных породах и жильных телах, которые являются типичным выполнением зон разломов [Гинтов, 2005; Старостенко и др., 2007].

В районе Криворожско-Кременчугской зоны разломов присутствуют месторождения и рудопроявления золота и серебра, а также ниобия, тантала, циркония и редкоземельных металлов. Первые расположены в блоках диоритового и лейкобазальтового типов коры, вторые относятся к базальтовому типу коры, имеют гидротермально-метасоматический генезис и приурочены к участкам развития тектонитов [Старостенко и др., 2007].

Месторождения и рудопроявления цветных металлов (молибден, свинец, цинк) расположены вдоль Тальновской зоны разломов (диоритовый тип коры), а также присутствуют в Голованевской шовной зоне (базальтовый тип коры).

Редкоземельные металлы, уран, апатит, скандий, ванадий наблюдаются практически по всему Ингульскому мегаблоку и относятся к гранитно-диоритовому и диоритовому типам коры (см. рис. 5). Наибольшее скопление этих месторождений присутствует в трех областях: в узле пересечения Смелянской широтной зоны разломов с Первомайской зоной разломов (см. рис. 5, 6, а), Субботско-Мошоринской с трансрегиональным швом Херсон—Смоленск (см. рис. 5, 6, б) и в районе Кировоградской зоны разломов, южнее Смелянской широтной зоны (см. рис. 5).

Месторождения и рудопроявления золота и серебра также имеют широкое распространение по всему Ингульскому мегаблоку и связаны со всеми типами коры (см. рис. 5). Те из них, которые расположены к западу и востоку от трансрегионального шва Херсон—Смоленск между Субботско-Мошоринской и Бобринецкой шовными зонами, относятся к гранитно-диоритовому и диоритовому типам коры. В пределах южной части Криворожско-Кременчугской и

северной части Звенигородско-Братской зон разломов месторождения золота и серебра относятся к блокам лейкобазальтового типа коры. Отдельные месторождения и рудопроявления расположены к востоку от Криворожско-Кременчугской зоны разломов в пределах Среднеприднепровского мегаблока УЩ, в Голованевской шовной зоне, а также на юге Криворожско-Кременчугской зоны. Все они приурочены к базальтовому типу коры. Большинство месторождений и рудопроявлений золота и серебра тяготеют к разрывным нарушениям и контактам между блоками (см. рис. 6).

Месторождения лития расположены в районе Липняжского массива гранитоидов, примыкающего к Субботско-Мошоринской широтной зоне разломов (см. рис. 5, 6, в).

Месторождения меди фиксируются в центральной части Новоукраинского массива восточнее трансрегионального тектонического шва Херсон—Смоленск и приурочены к гранитно-диоритовому типу коры (см. рис. 5). На этой территории увеличена мощность “гранитного” и “базальтового” слоев, присутствует резкий скачок плотности на глубине 17 км [Старостенко и др., 2015].

Рудопроявления пегматитового типа, которые расположены к западу от трансрегионального тектонического шва Херсон—Смоленск и южнее Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов, связаны с гранитно-диоритовым и диоритовым типами коры (см. рис. 5, 6, б, в). Те, которые концентрируются в пределах южной части Криворожско-Кременчугской зоны разломов (в пределах Среднеприднепровского мегаблока УЩ), связаны с лейкобазальтовым и базальтовым типами коры (см. рис. 5, 6, а).

Все рудные поля расположены в узлах пересечения разломных зон (см. рис. 5). Это объясняется существованием прямой связи между строением зон разломов и проникновением в верхние слои земной коры рудного вещества, которое, поднимаясь по отдельным разрывам и не имея возможности распространяться по латерали на большие площади, концентрировалось в непосредственной близости от зоны разломов в пределах деструктивных зон [Старостенко и др., 2007, 2011, 2012].

Большая часть рудных полей (Полоховское,

Лозоватско-Калиновское и Корабельное) относится к диоритовому типу коры и расположена в пределах Субботско-Мошоринской и вблизи Бобринецкой широтных зон (рис. 5, 6, а). Корабельное и Лозоватско-Калиновское рудные поля расположены в Первомайской и Звенигородско-Братской зонах разломов соответственно. Они характеризуются отсутствием коромантийной смеси и тяготеют к разрывным нарушениям, выделенным по данным трехмерного гравитационного моделирования, которые прослеживаются по всему разрезу земной коры (см. рис. 5, 6, а). Лоташевское и Полохивское рудные поля расположены непосредственно в районе Субботско-Мошоринской широтной зоны разломов и приурочены к разрывным нарушениям, которые прослеживаются до кровли “базальтового” слоя (см. рис. 5, 6, д). Это согласуется с выводами работы [Чекунов и др., 1982], в которой авторы утверждают, что наиболее вероятным источником рудного вещества является “диоритовый” слой коры. Лоташевское рудное поле принадлежит к участку сочленения разных по основности типов земной коры (диоритового, лейкобазальтового и базальтового) и расположено над областью развития коромантийной смеси, которая соответствует наиболее активизированным участкам коры и мантии.

Урановые месторождения, урановорудные поля и рудопроявления приурочены к гранитно-диоритовому и диоритовому типам коры. Их большое скопление сосредоточено в двух областях. Первая из них расположена в северной части Новоукраинского массива в районе трансрегионального шва Херсон—Смоленск в непосредственной близости от Субботско-Мошоринской зоны разломов (см. рис. 5, 6, з). Вторая наблюдается в пределах Кировоградской зоны разломов и расположена между Бобринецкой и Субботско-Мошоринской широтными зонами разломов (см. рис. 5, 6, д). Меньшее количество урановых рудопроявлений расположено при приближении к Смелянской широтной зоне разломов в районе Звенигородско-Братской и Кировоградской зон разломов, а также в Первомайской зоне разломов (см. рис. 5).

Больше всего месторождений и рудопроявлений гидротермального и гидротермально-метасоматического типов сконцентрировано меж-

ду Бобринецкой и Субботско-Мошоринской широтными зонами разломов (см. рис. 5). Это подтверждает вывод о том, что к широтным зонам разломов приурочены рудные районы и поля, в пределах которых концентрируется 80 % месторождений и крупных рудопроявлений цветных, редких, редкоземельных и благородных металлов [Алехин, Гинтов, 2004; Старостенко и др., 2011]. На перспективность широтных зон разломов УЩ указывают авторы работы [Горлицкий и др., 2003], которые на основе анализа 22 000 геохимических аномалий выделили наиболее распространенные ассоциации аномальных рудогенных элементов (редкоземельных, редких, сидерофильных) и золота, приуроченные к широтным зонам. По результатам исследований Ингульского мегаблока [Калашник, 2003] сделан вывод о приуроченности уранового оруденения и проявления алмазоносных формаций к широтным зонам разломов.

Важную роль широтной системы зон разломов УЩ в формировании и размещении полезных ископаемых отмечают многие авторы [Быстревская, Пашкевич, 1979; Алехин, Гинтов, 2004; Гинтов, 2005 и др.]. Влияние системы широтных зон разломов на активизацию рудообразующих процессов и локализацию оруденения находит объяснение в возрастных и кинематических особенностях широтных разрывных структур. Широтная система разломов более молодая, время ее заложения относится к концу палео—началу мезопротерозоя, а значительная активность наблюдалась в неопротерозое и фанерозое [Старостенко и др., 2007]. Наличие молодых активизационных процессов, которые повлияли на динамику широтных зон разломов УЩ, способствовало перераспределению рудного вещества в рудных и рудоносных полях, которые пересекаются широтными зонами.

Таким образом, можно сделать вывод, что месторождения полезных ископаемых в Ингульском мегаблоке УЩ расположены в основном между Субботско-Мошоринской и Бобринецкой широтными зонами разломов, западнее трансрегионального тектонического шва Херсон—Смоленск, а также вдоль разломных зон (см. рис. 6). Большая их часть приурочена к блокам гранитно-диоритового и диоритового типов коры, а меньшая тяготеет к блокам лейкобазаль-

Сопоставление месторождений полезных ископаемых [Комплексна ..., 2003] с типами земной коры, выделенными по данным трехмерного плотностного моделирования

Месторождения полезных ископаемых		Типы вещественного состава земной коры
Гидротермальные	медь	гранитно-диоритовый
	молибден, свинец, цинк	диоритовый, базальтовый
	уран	диоритовый
	золото, серебро	гранитно-диоритовый, диоритовый, лейкобазальтовый, базальтовый
Гидротермально-метасоматические	ниобий, тантал, редкие земли, цирконий	гранитно-диоритовый
	редкие земли, уран, апатит, скандий, ванадий	гранитно-диоритовый, диоритовый
	урановые месторождения и рудопроявления	гранитно-диоритовый, диоритовый
	урановорудные поля	гранитно-диоритовый, диоритовый
	рудопроявления пегматитов	гранитно-диоритовый, диоритовый, лейкобазальтовый, базальтовый
	литий	диоритовый

тового и базальтового типов. Месторождения и рудопроявления золота и серебра, а также рудопроявления пегматитов связаны со всеми типами пород (таблица.).

Выводы. При использовании детальных данных о распределении плотности в земной коре м-ба 1 : 200 000 определена мощность условно выделенных “гранитного”, “диоритового” и “базальтового” слоев для Ингульского мегаблока УЩ.

Впервые построена схема типов коры для Ингульского мегаблока УЩ в м-бе 1 : 200 000. К западу от трансрегионального шва Херсон—Смоленск преобладают диоритовый, лейкобазальтовый и базальтовый типы коры, к востоку — в большей мере гранитно-диоритовый, диоритовый, в меньшей — лейкобазальтовый и базальтовый типы коры. Это подтверждает присутствие региональной закономерности уменьшения основности коры щита с запада на восток.

На юго-западе Новоукраинского массива трахитоидных гранитов и в западной части Корсунь-Шевченковского массива рапакививидных гранитов впервые выделены области, которые характеризуются минимальной мощностью “дио-

ритового” слоя (или отсутствием его), значительной мощностью “базальтового” и “гранитного” слоев. Такое сочетание мощности слоев не вписывается в пределы выделенных ранее типов коры. Но поскольку доля “базальтовой” составляющей в общей мощности коры здесь наибольшая, эти области отнесены к базальтовому типу.

Больше всего месторождений и рудопроявлений гидротермального и гидротермально-метасоматического типов сконцентрировано между Бобринецкой и Субботско-Мошоринской широтными зонами разломов, тяготеют к Первомайской, Звенигородско-Братской, Кировоградской, Криворожско-Кременчугской зонам разломов и расположены к западу от трансрегионального тектонического шва Херсон—Смоленск.

Все рудные поля расположены в узлах пересечения разломных зон, что объясняется существованием прямой связи между строением зон разломов и проникновением в верхние слои земной коры рудного вещества. Полоховское, Лозоватско-Калиновское и Корабельное рудные поля относятся к диоритовому типу коры, харак-

теризуются отсутствием коромантийной смеси в разрезе земной коры и тяготеют к разрывным нарушениям, выделенным по данным трехмерного гравитационного моделирования. Лоташевское рудное поле принадлежит к участку сочленения разных по основности типов земной коры (диоритового, лейкобазальтового и базальтового) и расположено над областью развития коро-

мантийной смеси, которая соответствует наиболее активизированным участкам коры и мантии.

Большая часть месторождений приурочена к блокам гранитно-диоритового и диоритового типов коры, а меньшая тяготеет к блокам лейкобазальтового и базальтового типов. Месторождения и рудопроявления золота и серебра, а также пегматитов связаны со всеми типами пород.

Список литературы

- Алехин В. И., Гинтов О. Б. Кинематические особенности, фазы развития и металлогения системы широтных зон разломов Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2004. Т. 26. № 6. С. 83—101.
- Быстревская С. С., Пашкевич И. К. О глубинной трансрегиональной зоне длительной активизации в пределах Восточно-Европейской платформы. *Геолог. журн.* 1979. № 6. С. 106—112.
- Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 2005. 568 с.
- Горлицкий Б. А., Занкевич Б. А., Шмелев Е. Г. Типизация геохимических аномалий Украинского щита и их структурно-геологическое положение: *Зб. наук. праць Ін-ту геохімії навколишнього середовища*. Киев, 2003. Вып. 8. С. 202—215.
- Гльченко Т. В., Пашкевич И. К., Каратаев Г. I. Взаємозв'язок складу і потужності земної кори Українського щита. *Доп. АН УРСР. Сер. Б.* 1988. № 4. С. 13—16.
- Калашиник А. А. Перспективы алмазонасности Кировоградского геоблока. *Наук. вісник Нац. гірн. ун-ту*. 2003. № 6. С. 55—59.
- Кировоградский рудный район. Глубинное строение. Тектонофизический анализ. Месторождения рудных полезных ископаемых. Под ред. В. И. Старостенко и О. Б. Гинтова. Киев: Прастыи луды, 2013. 500 с.
- Комплексна металогенічна карта України масштабу 1 : 500 000 та пояснювальна записка до неї. Під ред. С. В. Гошовського. Київ: УкрДГРІ, 2003. 326 с.
- Красовский С. С. Гравитационное моделирование глубинных структур земной коры и изостазия. Киев: Наук. думка, 1989, 248 с.
- Красовский С. С. Отражение динамики земной коры континентального типа в гравитационном поле. Киев: Наук. думка, 1981. 262 с.
- Красовский С. С., Куприенко П. Я., Красовский А. С. Схемы мощностей слоев консолидированной земной коры Украинского щита, ДДВ и Донбасса. В кн.: *Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей*. Москва: Изд-во ОИФЗ РАН, 2001. С. 52—54.
- Куприенко П. Я., Красовский С. С. Плотностные модели градиентно-слоистых глубинных структур земной коры Украинского щита. *Геофиз. журн.* 1988. Т. 10. № 4. С. 28—39.
- Куприенко П. Я., Макаренко И. Б., Старостенко В. И., Легостаева О. В. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Ингульского мегаблока Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2007а. Т. 29. № 2. С. 17—41.
- Куприенко П. Я., Макаренко И. Б., Старостенко В. И., Легостаева О. В. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2007б. Т. 29. № 5. С. 3—27.
- Литосфера Центральной и Восточной Европы. Восточно-Европейская платформа. Гл. ред. А. В. Чекунов. Киев: Наук. думка, 1989. 187 с.
- Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геотраверсы IV, VI, VIII. Гл. ред. А. В. Чекунов. Киев: Наук. думка, 1988. 170 с.
- Литосфера Центральной и Восточной Европы. Обобщение результатов исследований. Гл. ред. А. В. Чекунов. Киев: Наук. думка, 1993. 258 с.

- Свейников К. И., Красовский С. С., Куприенко П. Я., Красовский А. С. Соотношение приповерхностного и глубинного строения земной коры Украинского щита: новые аспекты синтеза геологических и геофизических данных. В кн.: *Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты*. Москва: ГЕОС, 1998. Т. II. С. 161—163.
- Соллогуб В. Б. Литосфера Украины. Киев: Наук. думка, 1986. 184 с.
- Старостенко В. И., Гинтов О. Б., Кутас Р. И. Геодинамическое развитие литосферы Украины и его роль в формировании и размещении месторождений полезных ископаемых. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 3. С. 3—22.
- Старостенко В. И., Гинтов О. Б., Пашкевич И. К., Бурахович Т. К., Кулик С. Н., Куприенко П. Я., Кутас Р. И., Макаренко И. Б., Орлюк М. И., Цветкова Т. А. Металлогения Украинского щита: закономерности размещения месторождений рудных полезных ископаемых, связь с глубинным строением и динамикой литосферы. *Геофиз. журн.* 2007. Т. 29. № 6. С. 3—31.
- Старостенко В. И., Куприенко П. Я., Макаренко И. Б., Легостаева О. В., Савченко А. С. Плотностная неоднородность земной коры вдоль широтных зон разломов Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины. *Геофиз. журн.* 2012. Т. 34. № 6. С. 113—132.
- Старостенко В. И., Куприенко П. Я., Макаренко И. Б., Савченко А. С., Легостаева О. В. Плотностная неоднородность земной коры Ингульского мегаблока Украинского щита по данным трехмерного гравитационного моделирования. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 3. С. 3—21.
- Схема глубинного строения литосферы юго-западной части Восточно-Европейской платформы. 1 : 1 000 000. Под ред. А. В. Чекунова. Киев: Изд. Госкомгеологии Украины, 1992.
- Трипольский А. А., Шаров Н. В. Литосфера докембрийских щитов Северного полушария Земли по сейсмическим данным. Петрозаводск: Изд. КарНЦ РАН, 2004. 156 с.
- Чекунов А. В., Науменко В. В., Кучма В. Г. Связь между мощностью и рудоносностью земной коры Украинского щита. *Геофиз. журн.* 1982. Т. 4. № 3. С. 17—24.
- Чекунов А. В., Соллогуб В. Б., Ильченко Т. В., Красовский С. С., Кутас Р. И., Пашкевич И. К., Гарецкий Р. Г., Каратаев Г. И., Надежка Л. И., Дубянский А. И. Глубинные неоднородности земной коры юга Восточно-Европейской платформы. *Геофиз. журн.* 1990. Т. 12. № 4. С. 3—22.

Earth's crust composition of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield (types of crust) and patterns of location of ore mineral resources

© V. I. Starostenko, P. Ya. Kuprienko, I. B. Makarenko, A. S. Savchenko, O. V. Legostaeva, 2017

Within the Ingul Megablock of the Ukrainian Shield, according to the data of three-dimensional density modeling, at the scale of 1 : 200 000, the thickness of conditionally allocated “granite”, “diorite”, “basalt” layers, which abroad have the name of the upper, middle and lower crust, are determined and their characteristic is given. In relation to the thickness of each layer to the total crust, which is expressed in parts, four types of crust are distinguished: granite, diorite, leuco-basalt, basalt. Since the composition of the Earth's crust is an important factor in assessing the prospects for minerals, a comparison of the location of the ore deposits of manifestations of hydrothermal and hydrothermal-metasomatic genesis with a real composition scheme is made. It is established that most of the deposits of minerals are confined to blocks of granitic-diorite and diorite types of crust, and the smaller — gravitates to blocks of leuco-basalt and basalt types.

Key words: Ingul megablock, “granite”, “diorite”, “basalt” layers of the Earth's crust, types of the consolidated crust.

References

- Alekhin V. I., Gintov O. B., 2004. Kinematic features, phases of development and metallogeny stage latitudinal fault zones of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal* 26(6), 83—101 (in Russian).
- Bystrevskaya S. S., Pashkevich I. K., 1979. On Abyssal Transregional Zone of Tectonomagmatic Activation Within East-European Platform. *Geologicheskii zhurnal* (6), 106—112 (in Russian).
- Gintov O. B., 2005. Field tectonophysics and its application in the study of crustal deformation of Ukraine. Kiev: Feniks, 572 p. (in Russian).
- Gorlitskiy B. A., Zankevich B. A., Shmelev E. G., 2003. Classification of geochemical anomalies of the Ukrainian Shield and their structural-geological position: *Proceedings of the Institute of Environmental Geochemistry* (8), 202—215 (in Russian).
- Ichenko T. V., Pashkevich I. K., Karataev G. I., 1988. Relation between the composition and thickness of the Ukrainian Shield crust. *Dopovidi AN URSS. Ser. B* (4), 13—16 (in Ukrainian).
- Kalashnik A. A., 2003. Perspectives of the diamond content of the Kirovograd geoblock. *Naukovyy visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu* (6), 55—59 (in Russian).
- The Kirovograd ore area. Deep structure. Tectonophysical analysis. Ore deposits, 2013. Eds V. I. Starostenko, O. B. Gintov. Kiev: Prastyi Ludy, 500 p. (in Russian).
- Complex metallogenic map of Ukraine. 1 : 500 000. Explanatory note, 2003. Ed. S. V. Goshovskiy. Kiev: UkrDHRI, 326 p. (in Ukrainian).
- Krasovskiy S. S., 1989. Gravity modeling of deep crustal structures and isostasy. Kiev: Naukova Dumka, 248 p. (in Russian).
- Krasovskiy S. S., 1981. Reflection of the continental crust dynamics in the gravity field. Kiev: Naukova Dumka, 262 p. (in Russian).
- Krasovskiy S. S., Kuprienko P. Ya., Krasovskiy A. S., 2001. Thickness schemes of the consolidated crust layers of the Ukrainian Shield, DDB and Donbass. Схемы мощностей слоев консолидированной земной коры Украинского щита, ДДВ и Донбасса. In: *Theory and practice of geological interpretation of gravity, magnetic and electric fields*. Moscow: IPE RAS Publ., 52—54 (in Russian).
- Kuprienko P. Ya., Krasovsky S. S., 1988. Density models of gradient-layered deep crustal structure of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal* 10(4), 28—39 (in Russian).
- Kuprienko P. Ya., Makarenko I. B., Starostenko V. I., Legostaeva O. V., 2007a. Three-dimensional density model of the crust and upper mantle of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal* 29(2), 17—41 (in Russian).
- Kuprienko P. Ya., Makarenko I. B., Starostenko V. I., Legostaeva O. V., 2007b. Three-dimensional density model of the crust and upper mantle of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal* 29(5), 3—27 (in Russian).
- The lithosphere of Central and Eastern Europe. East-European Platform, 1989. Ed. A. V. Chekunov. Kiev: Naukova Dumka, 187 p. (in Russian).
- The lithosphere of Central and Eastern Europe: geotransverse: IV, VI, VIII, 1988. Ed. A. V. Chekunov. Kiev: Naukova Dumka, 170 p. (in Russian).
- The lithosphere of Central and Eastern Europe. Summary of studies, 1993. Ed. A. V. Chekunov. Kiev: Naukova Dumka, 258 p. (in Russian).
- Sveshnikov K. I., Krasovskiy S. S., Kuprienko P. Ya., Krasovskiy A. S., 1998. Correlation of the near-surface and deep structure of the Earth's crust of the Ukrainian Shield: new aspects of the synthesis of geological and geophysical data. In: *Tectonics and geodynamics: general and regional aspects*. Vol. 2. Moscow: GEOS, 161—163 (in Russian).
- Sollogub V. B., 1986. Lithosphere Ukraine. Kiev: Naukova Dumka, 184 p. (in Russian).
- Starostenko V. I., Gintov O. B., Kutas R. I., 2011. Geodynamic development of lithosphere of Ukraine and its role in formation and location of mineral deposits. *Geofizicheskiy zhurnal* 33(3), 3—22 (in Russian).
- Starostenko V. I., Gintov O. B., Pashkevich I. K., Burakhovich T. K., Kulik S. N., Kuprienko P. Ya., Kutas R. I., Makarenko I. B., Orliuk M. I., Tsvetkova T. A., 2007. Metallogeny of the Ukrainian Shield: distribution of ore deposits, regularities of connection with deep structure and dynamics of lithosphere. *Geofizicheskiy zhurnal* 29(6), 3—31 (in Russian).
- Starostenko V. I., Kuprienko P. Ya., Makarenko I. B., Legostaeva O. V., Savchenko A. S., 2012. Densi-

ty heterogeneity of the Earth's crust along latitudinal fault zones of the Ukrainian Shield and the Dnieper-Donets depression. *Geofizicheskiy zhurnal* 34(6), 113—132 (in Russian).

Starostenko V. I., Kuprienko P. Ya., Makarenko I. B., Savchenko A. S., Legostaeva O. V., 2015. Density heterogeneity of the Earth's crust of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield according to the data of three-dimensional gravity modeling. *Geofizicheskiy zhurnal* 37(3), 3—21 (in Russian).

Scheme of deep lithosphere structure in South-Western part of Eastern-European platform. 1: 1 000 000, 1992. Ed. A. V. Chekunov. Kiev: Publ. of the State Committee for Geology of Ukraine (in Russian).

Tripolskiy A. A., Sharov N. V., 2004. Structure of the

Precambrian shields of the Earth's lithosphere by seismic data. Petrozavodsk: Karelian Research Centre, RAS. 156 p. (in Russian).

Chekunov A. V., Naumenko V. V., Kuchma V. G., 1982. A relationship between the Earth's crust deep rearrangement, tectonic movements, magmatism, metamorphism and metal content in the Dnieper-Donets paleorift. *Geofizicheskiy zhurnal* 4(3), 17—24 (in Russian).

Chekunov A. V., Sollogub V. B., Ilchenko T. V., Kravsovsky S. S., Kutas R. I., Pashkevich I. K., Garetsky R. G., Karataev G. I., Nadezhka L. I., Dubyan-skiy A. I., 1990. A depth inhomogeneities of the Earth's crust in the south of the Eastern-European platform. *Geofizicheskiy zhurnal* 12(4), 3—22 (in Russian).