

УДК 550.83:553.411

## АСПЕКТЫ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ОРУДЕНЕНИЯ КИРОВОГРАДСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (КРР) С ГЛУБИННЫМИ АНОМАЛИЯМИ ПОВЫШЕННОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ

**Шеремет Е. М., Николаев И. Ю., Агаркова Н. Г.**

*(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)*

**Бурахович Т. К.**

*(ИГ НАНУ им. Субботина, г. Киев, Украина)*

*Розглянуто зв'язок зруденіння в Кіровоградському рудному районі (КРР) з геоелектричними аномаліями підвищеної електропровідності. На основі створення 2.5D (МТЗ) і 3D моделей (чисельне моделювання) показано їхній зв'язок з глибинними аномаліями, що мають мантійні коріння. Родовища корисних копалин, за даними ізотопії елементів у рудах, утворилися за рахунок глибинних джерел їх формування. За результатами об'ємного сейсмічного і геоелектричного моделювання встановлено приуроченість проєкцій родовищ корисних копалин КРР на мантійний трог. Геодинамічна модель формування Інгульського мегаблока у протерозої пояснює причини, що викликали підйом глибинних рудних флюїдів до поверхні Землі, широкий метасоматоз і концентрацію руд.*

*Relationship of mineralization in Kirovograd ore district (KOD) with high conductivity geoelectrical anomalies is considered. Based on the construction of 2.5D (MTS) and 3D models (numerical simulation) their relationship with deep anomalies of mantle origins is shown. According to isotopic studies of elements in ores mineral deposits have formed due to their deep formation sources. With the help of 3D seismic and geoelectrical modelling data we defined confinedness of the mineral deposit projections of KOD on the mantle trough. Geodynamic model for the formation of Ingul megablock in the Prote-*

*rozoic explains the reasons that caused the rising of deep ore fluids to the Earth's surface, extensive metasomatism and concentration of ores.*

**Введение.** Наблюдаемые в земной коре природные явления обусловлены взаимодействием экзогенных и эндогенных процессов, связанных с восходящими потоками газовых и жидких флюидов от внедрившихся в кору диапиров или разогретых участков мантии. Это ведет к формированию углерод-, сульфид- и железосодержащих метасоматитов, а также к образованию рудных месторождений. Упомянутые образования имеют повышенную электропроводность. Аномалии электропроводности, как вероятные зоны проявления геодинамических процессов, являются предметом исследований при изучении условий формирования и мест локализации месторождений полезных ископаемых.

Уран, золото и редкие металлы Кировоградского рудного района (КРР) Украинского щита (УЩ) связаны с метасоматическими преобразованиями пород, ведущими к образованию электропроводящих минералов (сульфидов и графита). Для ряда месторождений урана, золота, алмазоносных и неалмазоносных даек кимберлитов геологическими исследованиями установлена рудоконтролирующая роль Кировоградской глубинной зоны разломов. Предыдущими исследованиями [1-3] рассматривались, в основном, вопросы глубинной геоэлектрической модели региона.

Поиски проявлений полезных ископаемых в Кировоградском рудном районе центральной части Украинского щита ведутся в соответствии с методиками, предусматривающими проведение региональных геологических съемок различных масштабов, выявлении перспективных участков на обнаружение полезных ископаемых в процессе съемок, детализации поисковых работ в пределах таких участков, вплоть до бурения.

На основании полевых экспериментальных геоэлектрических исследований для Кировоградского рудного района установлена связь урановых проявлений альбититовой формации с аномалиями повышенной электропроводности, обусловленной региональными метасоматическими преобразованиями пород ра-

мы. Результаты этих работ позволяют определять геоэлектрические параметры, начиная с верхних частей геологического разреза.

В связи с этим, возникла идея переинтерпретировать геоэлектрические разрезы по данным магнитотеллурического зондирования (МТЗ) предыдущих лет исследований (1981-2011 гг.), построить карты площадного распределения электросопротивления на различных уровнях глубинности (0,1-120,0 км) и на их базе создать площадную 2,5D модель для этих глубин.

Трехмерная 3D модель для глубин 0,2-120,0 км была построена методом численного моделирования.

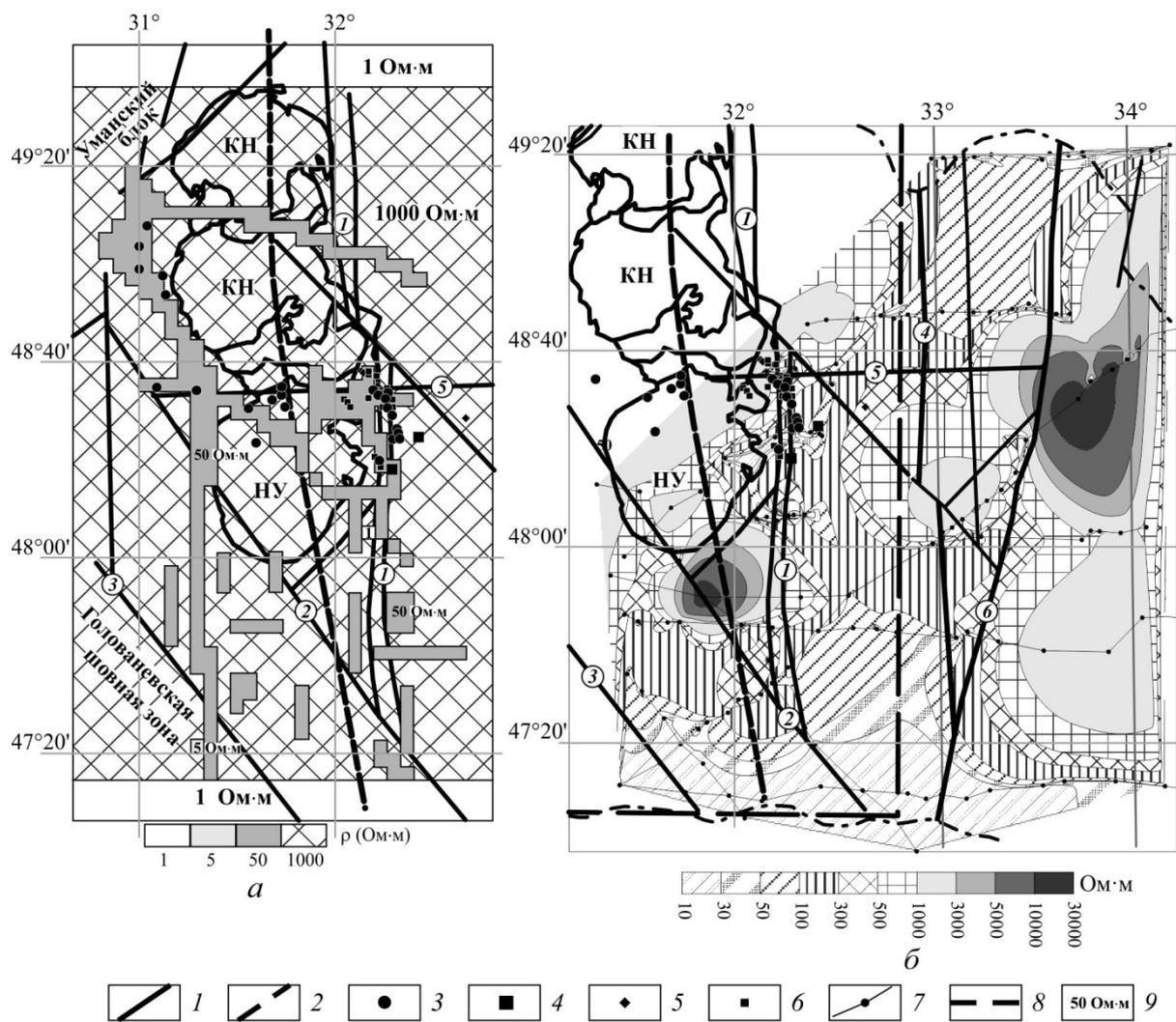
Основной целью построения объемных геоэлектрических моделей являлось выявление мантийных корней низкоомных аномалий, как следов глубинных восходящих флюидных потоков, несущих рудные компоненты и отлагающих их по пути следования. Низкоомные аномалии на поверхности, к которым приурочены проявления полезных ископаемых и имеющие связь с низкоомными глубинными аномалиями, представляются наиболее перспективными для обнаружения месторождений.

*Связь проявлений полезных ископаемых КРР с аномалиями повышенной электропроводности по данным объемного моделирования 2,5D (по данным МТЗ) и 3D (по данным численного моделирования).*

Наиболее представительными с точки зрения связи полезных ископаемых КРР являются карты распределения электросопротивления для глубин 0,1-2,5 км, 5-25 км и 50-120 км.

*Интервал глубин 0,1-2,5 км.*

На глубинах от 100 метров до 2500 м появляется сеть проводящих каналов с  $\rho$  равным 50 Ом·м, которые в значительной степени совпадают с отдельными частями глубинных разломных зон УЩ (рис. 1).



1 - разрывные нарушения; 2 - тектонический шов Херсон-Смоленск; Месторождения: 3 - урана; 4 - золота, 5 - графита; 6 - дайки кимберлитов и субщелочных пикритоидов; 7 - профиль и точки МТЗ; 8 - границы моделирования, 9 - значения сопротивления. Гранитные плутоны: КН - Корсунь-Новомиргородский; НУ - Новоукраинский.

Цифры в кружках – разломные зоны: 1 - Кировоградская, 2 - Звенигородско-Анновская, 3 - Первомайская, 4 - Западно-Ингулецкая, 5 - Субботско-Мошоринская, 6 - Криворожско-Кременчугская

Рис. 1. Распределение модельных (а) и наблюдаемых по данным МТЗ (б) значений электросопротивления на глубинах 0,1-2,5 км

Западная субмеридиональная структура высокой проводимости приурочена на севере к Гнилотикичской части Первомайской, а южнее к Звенигородско-Анновской зонам разломов. Восточная субмеридиональная структура совпадает с отдельными частями Кировоградской зоны разломов. Северная субширотная структура высокой электропроводности совмещена с положением в пространстве Смелянской зоны разломов. Южнее распространена еще одна проводящая структура сложной конфигурации, идущая с северо-запада на юго-восток от Емиловской вдоль Нерубаевско-Лозоватской до центральной части Кировоградской зоны разломов. Еще южнее расположена целая серия проводящих объектов с различной ориентацией в пространстве, приуроченная к сочленению Звенигородско-Анновской и Кировоградской зонам разломов.

Можно говорить о двух группах локализации месторождений полезных ископаемых восточной и западной. Восточная группа совпадает с простираем аномалии повышенной электропроводности вдоль Кировоградской глубинной зоны разломов. Сюда попадает большая часть урановых проявлений альбититовой формации, все золоторудные месторождения, в том числе Клинцовское и Юрьевское, а также дайки ультраосновных пород – показатели глубинного мантийного магматизма. Это дайки пикритов в Кировоградской зоне разломов вблизи северной окраины г. Кировограда (участок Кировоградский) и дайки ультрабазитов вблизи зоны Западно-Ингулецкого разлома (участок Верблюжский), в Субботско-Мошоринской зоне разломов (участок Субботский).

Западная группа месторождений представлена урановыми месторождениями альбититовой формации и отдельными дайками кимберлитов нижнепротерозойского возраста. Она приурочена к диагональной части разветвленной низкоомной аномалии, которая совпадает с северо-западной зоной разломов, протягивающейся от Кировоградской глубинной зоны в направлении западной границы Ингульского мегаблока, представленной Первомайским глубинным разломом. Последний четко проявлен в виде низкоомной аномалии. Все рассматриваемые месторождения находятся на участке пересечения северо-западной зоны разло-

мов с трансрегиональным тектоническим швом Херсон-Смоленск.

В геологическом отношении рассматриваемые месторождения локализованы в зонах метасоматитов протерозойской чечелевской свиты или на контактах гранитов Новоукраинского массива с вмещающими гнейсами.

Можно сделать предположение, что именно на глубинах 0,1 - 2,5 км произошла интенсивная пропитка метасоматизирующими растворами метаморфических и гранитоидных пород.

Клинцовское золоторудное месторождение и подобные ему месторождения и рудопроявления локализованны в гнейсах, которые сформировались согласно [4, 5] в условиях амфиболитовой фации метаморфизма, ультраметаморфизма и гранитизации (гнейсо- и гранитообразования) осадочно-вулканических пород. Сами же месторождения приурочены к разломным зонам, где происходила разгрузка существенно водных или углекислородных флюидов (дегидратация и декарбонатизация при амфиболитовом метаморфизме, метеорные воды). Эти же флюиды переносили и переотлагали кремнезем, серу, мышьяк и золото, которые фиксировались в виде кварцевых жил, сульфидной вкрапленности и золоторудной минерализации.

*Интервал глубин 5-20 км.*

Примечательной особенностью на глубинах от 5 до 10 км является появление субширотной структуры ( $\rho = 10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ), расположенной в центральной части планшета между Кировоградской и Новоукраинской зонами разломов и совпадающей с разломом субширотного простирания (рис. 2 а, б). Эта аномалия выглядит точно также и на глубинах 15 и 20 км, представляя собой параллелепипед высотой 15 км. На соответствующих срезах глубин по данным МТЗ эта аномалия имеет северо-восточное простирание (рис. 2 в, г)

Глубинная широтная низкоомная аномалии в южной части Новоукраинского массива протяженностью по вертикали 15 км зафиксирована по данным МТЗ на горизонтальных срезах глубин 5-10, 10-15, 18-20 и 20-25 км. Она имеет мантийные корни на глубинах 50-120 км (горизонтальные срезы глубин 50-70, 70-90 и 90-120 км – рис. 3).

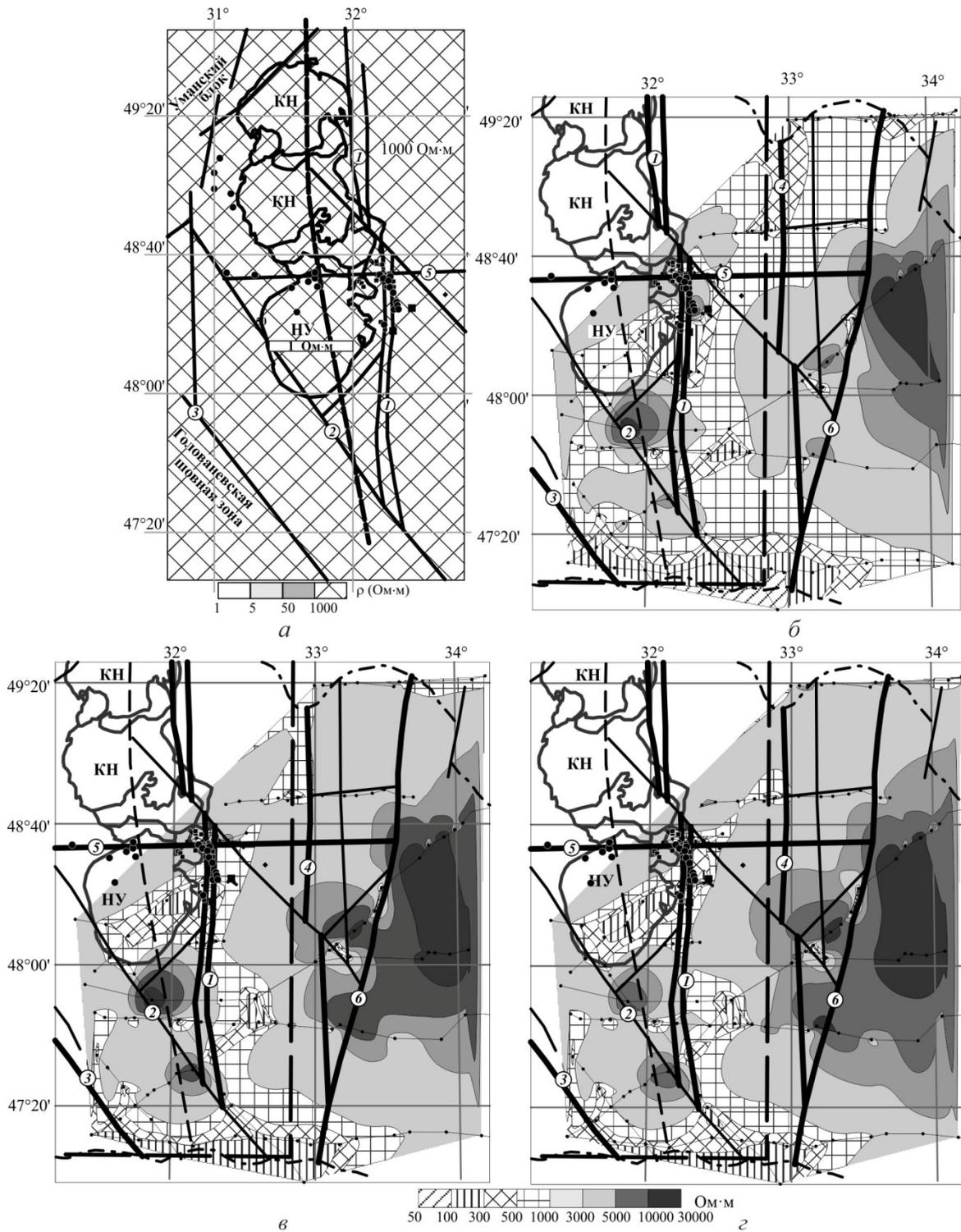


Рис. 2. Распределение модельных на глубинах 5-20 км (а) и  
 наблюдаемых по данным МТЗ на глубинах 10 км (б),  
 15 км (в) и 20 км (г) значений электросопротивления.  
 (Условные обозначения см. на рис. 1)

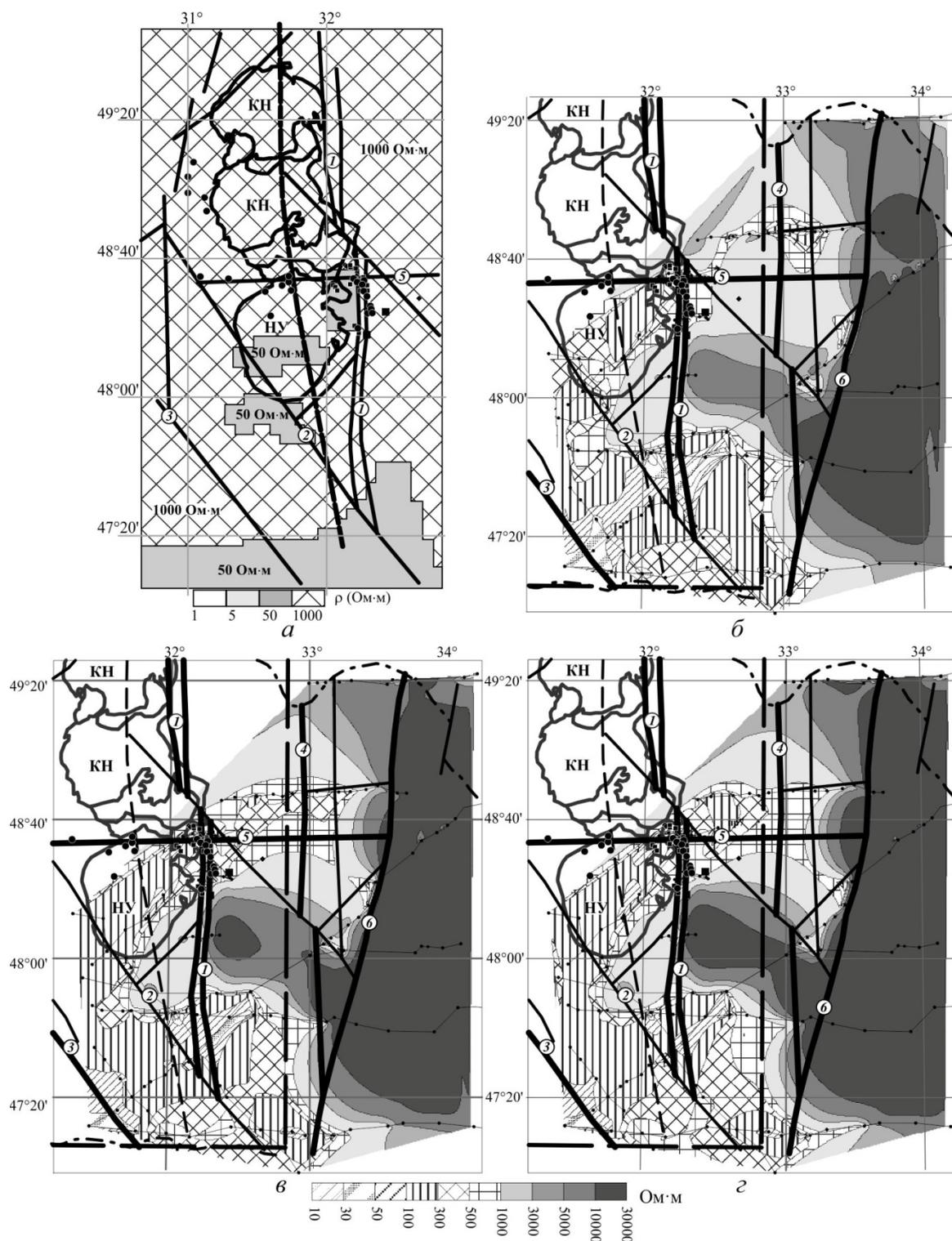


Рис. 3. Распределение модельных (по данным численного моделирования) на глубинах 50-120 км (а) и наблюдаемых по данным МТЗ на глубинах 50 км (б), 70 км (в) и 100 км (г) значений электросопротивления. (Условные обозначения см. на рис. 1)

На поверхности в районе распространения широтной аномалии известно Партизанское поле урановых рудопроявлений. По данным наблюденных значений МТЗ эта аномалия является частью низкоомной аномалии северо-восточного простирания в пределах Новоукраинского массива и к ней приурочены также месторождения альбитит-урановой формации в районе г. Кировограда.

Не исключено, что при тщательной оценке этой глубинной низкоомной аномалии в проекции на поверхность Новоукраинского массива, в пределах площади ее развития будут обнаружены новые рудопроявления.

Анализ связи полезных ископаемых с аномалиями электропроводности региона показал следующее:

1. По результатам АМТЗ выделяются низкоомные области, которые сопряжены с зонами метасоматитов с урановой минерализацией до глубин 1-5 км и метасоматитов с золоторудной минерализацией до глубины 3,0-3,5 км.

2. Значительная часть месторождений урана, золоторудные месторождения и проявления кимберлитовых даек КРР расположены в месте пересечения субширотной и субмеридиональной зон разломов, приуроченной к западной границе региональной Кировоградской аномалии электропроводности.

3. Субширотная низкоомная аномалия в центральной части Новоукраинского массива по данным моделей 2,5D (МТЗ) и 3D (по данным численного моделирования) в интервале глубин 5-20 км имеет мантийные корни (глубины 50-120 км) и восточной своей частью сопряжена с Кировоградской зоной разломов, где сосредоточены месторождения урана и золота. На площади проекции этой аномалии на поверхность необходимо провести детальные геоэлектрические исследования.

*О рудоконтролирующей роли зоны Кировоградского глубинного разлома.*

Зона Кировоградского глубинного разлома по наблюденным данным МТЗ, является западной границей области распространения Кировоградской аномалии повышенной электропроводности, к которой приурочено большинство известных месторождений связанных с метасоматитами - крупные Клинцовское и Юрьев-

ское месторождения золота, ряд месторождений урана альбититовой формации в Компанеевском рудном поле, большинство протерозойских даек алмазоносных и неалмазоносных кимберлитов. Этот участок проявлен и в проекциях, начиная с глубины 20 км и до мантийных глубин в 50-120 км.

Согласно [6], Кировоградский глубинный разлом является западной границей внедрения высокоскоростного слоя Голицына-Гейко, соответствующего переходной зоне верхней мантии, граница которой под Ингульским мегаблоком находится на глубине 300-320 км.

Ингульский мегаблок делится Кировоградской зоной разломов на две части: западную, опущенную, с мощностью коры около 50 км, и восточную – приподнятую, с мощностью коры 40-43 км [7].

Согласно мнению [8], тектонический шов Херсон-Смоленск служил магмоподводящим каналом для Корсунь-Новомиргородского и Новоукраинского гранитных плутонов. Но не исключено, что и роль Кировоградского глубинного разлома, как магмоподводящего канала для этих плутонов, является не менее важной, чем трансрегионального разлома Херсон-Смоленск.

По нашему мнению, по Кировоградской зоне глубинного разлома после внедрения и становления Корсунь-Новомиргородского и Новоукраинского гранитных плутонов поднимались *мантийные флюиды*, несущие тепло, щелочные элементы и рудные компоненты, которые на всем протяжении движения метасоматически перерабатывали вмещающие породы и отлагали руду. Фактически речь идет о флюидной мегасистеме – совокупности флюидов и силикатных матриц, формирующихся в единой геодинамической обстановке [9].

#### *Глубинность метасоматизирующих растворов.*

Изотопия отдельных элементов, которая может пролить свет на глубинность метасоматизирующих растворов, была выполнена на ряде известных месторождений урана и золота.

Степанюк и др. [10] изучили поведение рубидий-стронциевой изотопной системы в урано-рудных альбититах Докучаевского месторождения.

Авторы [10] на основе изучения Rb-Sr изотопных систем пород ряда гранит-альбитит приходят к выводу о глубинном источнике метасоматических растворов, которые, вполне вероятно, поступали по глубинным разломам мантийного заложения. Основанием для выводов являются низкие (мантийные) значения отношений  $87\text{Sr}/86\text{Sr} = 0,70795 - 0,70997$  в метасоматитах, образовавшихся по вмещающим гранитам, которые полностью преобразованы метасоматическими процессами.

Выполненное авторами [5] сравнение изотопного состава кислорода в полевых шпатах, кварце, темноцветных силикатах (биотите, эпидоте, хлорите, рибеките), карбонатах, оксидах (гематите, уранините) с учетом парагенетического анализа пород (на примере Северинского и Ватутинского урановых месторождений) показало, что величина  $\delta^{18}\text{O}$  во всех группах минералов уменьшается от ранних генераций к поздним. В полевых шпатах последовательного геологического ряда олигоклаз — микроклин — альбит происходит увеличение изотопного состава  $\delta^{16}\text{O}$ . Согласно [5] увеличение роли изотопа  $\delta^{16}\text{O}$  в альбите и реликтовом кварце наиболее существенно в минералах, испытавших перекристаллизацию. Расчет изотопного состава кислорода воды (от — 7,9 до +10,2 ‰) привел авторов к выводу об участии глубинной и метеорной составляющих с увеличением роли последней по мере снижения температуры системы, а также от безрудных альбититов к рудным альбититам.

Другими объектами, детально изученными изотопными методами, были золоторудные и урановые месторождения, находящиеся в Кировоградской зоне разломов. Согласно [11] в Клиновском золоторудном месторождении, изотопный состав углерода и кислорода, как силикатов, так и карбонатов и графитов свидетельствует о преимущественно метаморфогенном источнике флюидов для этих ассоциаций, хотя и не исключается подток глубинных флюидов, судя по низким соотношениям изотопов кислорода в некоторых кварцах и полевых шпатах, а также углерода в карбонатах и графитах из кварц-полевошпатовых жил.

Интересными данными, проливающими свет на глубинность метасоматизирующих растворов, являются данные по изотопии серы пиритов. Согласно [5] «*Пирит диафторитов* образует тон-

кую вкрапленность, реже крупные кристаллы и их сростки, причем количество его заметно увеличивается в зонах катаклаза и милонитовых швах. Из типоморфных минералов парагенетические взаимоотношения с ним установлены для хлорита. Изотопные данные ( $\delta^{34}\text{S}$  от  $-1,0$  до  $+7,3$  ‰) свидетельствуют об унаследованности пиритом диафторитов состава серы пирита вмещающих пород (от  $+2,1$  до  $+11,3$  ‰ при переотложении последних, а также о возможном *привносе в зоны диафтореза глубинной серы* [12]. Определенные для пирита диафторитов концентрации кобальта и никеля (соответственно до 520 и 235, в среднем 322,6 и 140,7 г/т;  $\text{Co/Ni}=2,3$  [13]) позволяют уточнить источник вещества, в частности исключить для большинства образцов в качестве исходного материала диагенетически-метаморфогенный пирит, который почти всегда лишен примеси кобальта и никеля. Близкие к приведенным выше концентрации элементов и значения  $\delta^{34}\text{S}$  имеет пирит из архейских метабазитов (*Co 760, Ni 260 г/т; Co/Ni = 2,9;  $\delta^{34}\text{S}$  от  $+1,0$  до  $-1,4$  ‰ [14 стр. 242, 243]*). И еще: «Наряду с описанным (переотложенным) пиритом в альбититах с полным набором минеральных ассоциаций *установлен пирит, не укладывающийся по своим характеристикам в этот ряд*. Морфологически он представлен рассеянными метакристаллами, обычно совместно с флогопитом главной продуктивной ассоциации на Северинском, Мичуринском (южные фланги) и особенно, Ватутинском урановых месторождениях. От других образцов пирита он отличается наибольшей концентрацией никеля (255 г/т), преобладающего над кобальтом ( $\text{Co/Ni} = 0,5$ ), что в совокупности с изотопным составом серы ( $\delta^{34}\text{S}$  от  $-1,1$  до  $+3,3$  ‰) указывает на *вероятность поступления глубинной серы* ( $\delta^{34}\text{S}$  варьирует от  $-11,8$  до  $-20,3$  ‰); содержания кобальта и никеля в среднем составляют 59,0 и 62,7 г/т соответственно, иногда первые граммы на тонну, отношение  $\text{Co/Ni}$  снижается до 0,9. Обнаруженная тенденция, носящая общий для данной формации характер, свидетельствует об изменении условий формирования пиритсодержащих альбититов (по сравнению с диафторитами) в сторону резкого увеличения окислительного потенциала, а также подтверждает многократное переотложение диафторитового пирита кислородсодержащими метасоматическими растворами как

ведущий механизм образования пирита в альбититах [9, 15]. При переотложении происходят фракционирование изотопов серы в системе сульфид — сернистые соединения раствора и «очищение» минерала от изоморфных примесей — кобальта и никеля» [14 стр. 243].

В целом, приведенные данные по изотопии рассмотренных элементов указывают на поступление глубинных мантийных флюидов, приводивших к региональному метасоматозу и приносу рудных элементов, наряду с выщелачиванием последних из вмещающих толщ пород.

*Связь оруденения КРР с глубинными сейсмическими аномалиями.*

Вероятности связи оруденения КРР с глубинными сейсмическими аномалиями рассмотрены в работах В. И. Казанского и др. [8] и В. И. Старостенко и др. [16-18].

Детальное изучение КРР еще в 1970-1980 гг. методами глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) и обменных волн землетрясений (МОВЗ) по плотной сети профилей широтного и субмеридионального направлений, пересекающих Новоукраинский и Корсунь-Новомиргородский плутоны, Кировоградскую и Звенигородско-Анновскую зоны разломов, а также стратифицированные породы ингуло-ингулецкой серии позволила установить, после обработки данных ГСЗ, что Кировоградский рудный район располагается над субмеридиональным подъемом раздела Мохо или мантийным диапиром. Подъем совпадает с Новоукраинско-Корсунь-Новомиргородским плутоном и осложнен широтным прогибом или мантийным рвом, дискордантным по отношению к общему северо-восточному простиранию структур Ингулецкого мегаблока. Проекция полей месторождений урана, золота и лития попадают в область мантийного диапира.

Обработка данных (МОВЗ) дала возможность авторам [19] построить каркасную диаграмму поля обменных волн землетрясений, которая явилась связующим звеном между поверхностными и глубинными структурами Кировоградского рудного района и, в конечном счете, построить 3D сейсмогеологическую модель Кировоградского рудного района на глубину до 50 км. Она показала, что полосу концентрации рудных месторождений и мантий-

ный ров соединяет крутопадающая зона интерференции сейсмических волн или зона сейсмической прозрачности.

Наши данные по 3D геоэлектрической модели Кировоградского рудного района на глубину до 120 км, приведенные в этой статье, показывают, что выделяемая широтная низкоомная аномалия на глубинах 5-20 км и вновь фиксируемая на глубинах 50-120 км, приуроченная к Новоукраинскому гранитоидному плутону приурочена к южной границе мантийного рва (рис. 4). Эта аномалия располагается в районе сейсмического профиля IV.

Чтобы понять причины подъема рудных флюидов с мантийных глубин, необходимо рассмотреть геодинамическую обстановку в протерозое.

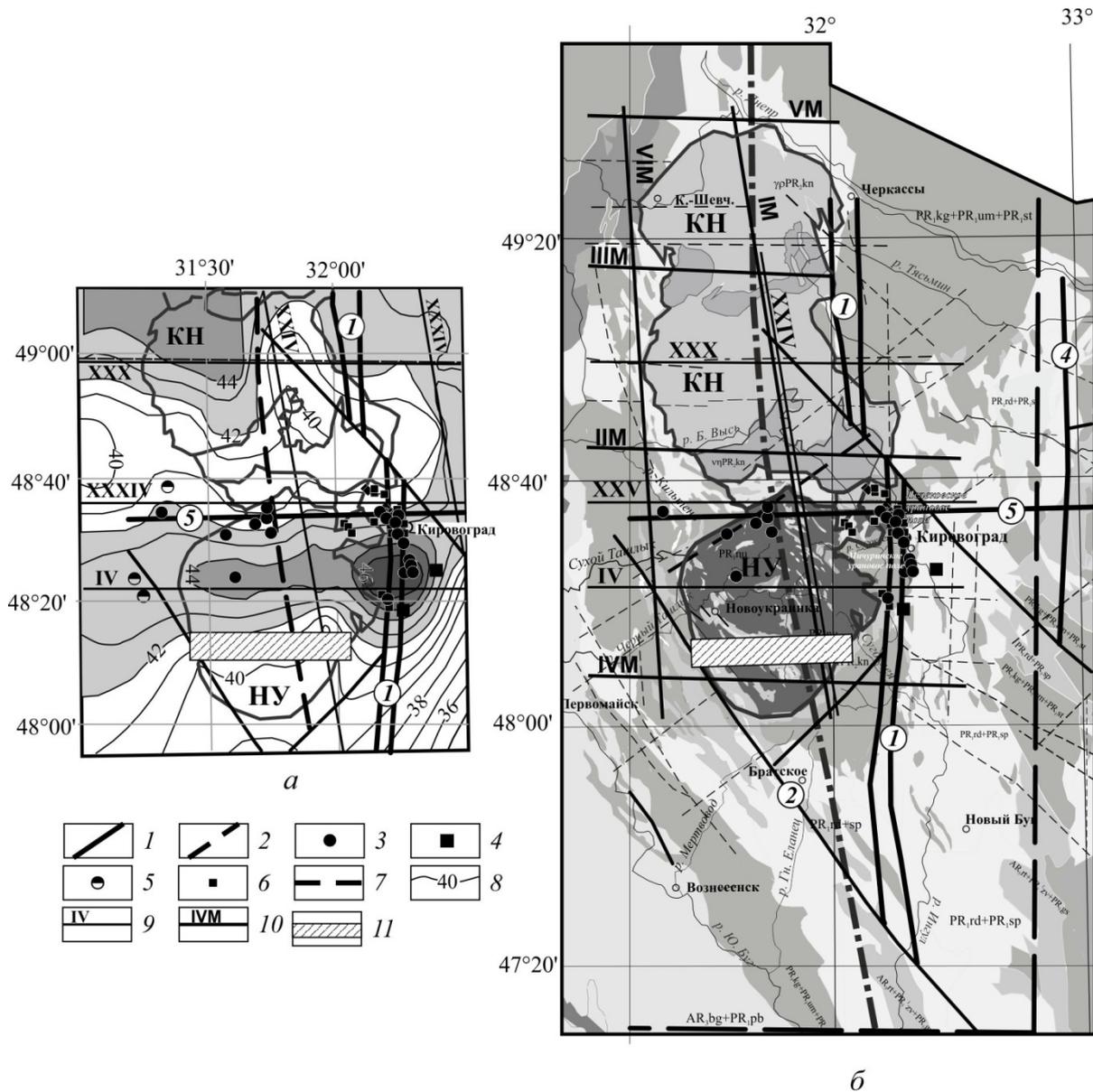
*Особенности формирования Ингульского мегаблока.*

Ингульский мегаблок можно определить, как гранито-гнейсовую область, сформированную, в основном, в протерозое. Протерозойские образования преобладают на большей части мегаблока. Архейские породы известны лишь на востоке, преимущественно в виде плагиогранитоидов ингулецкого комплекса, а на западе представлены гранитизированными гранулитами бугской серии, возраст которой дискуссионен. В центральной части мегаблока преобладают протерозойские калиевые граниты и гнейсы верхов ингуло-ингулецкой серии, а в осевой – магматиты Новоукраинского и Корсунь-Новомиргородского плутонов.

Рифтовая зона, существовавшая на месте Ингульского блока, интересна с точки зрения ее закрытия, т. е. формирования Кировоградского орогена.

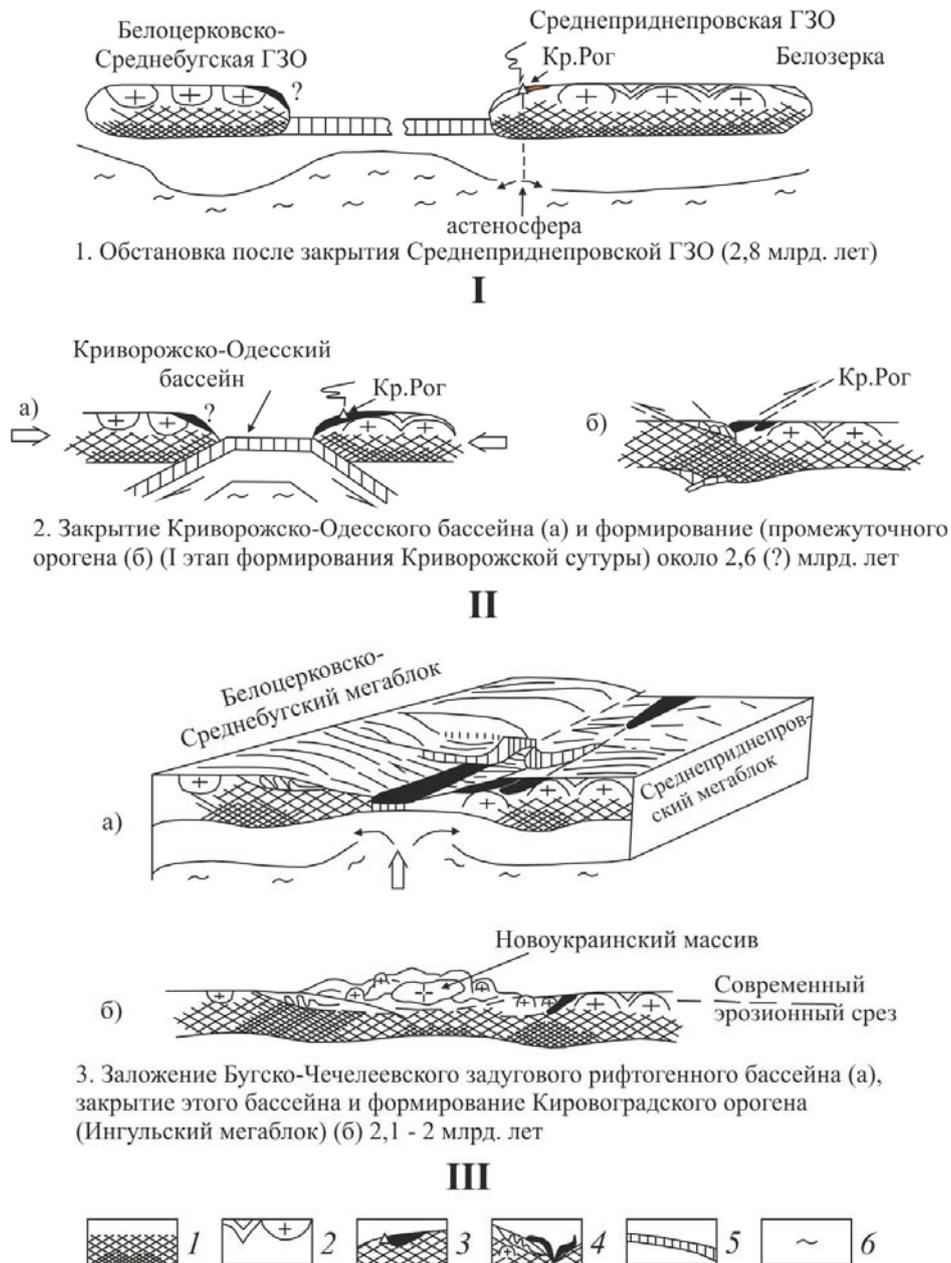
Для рассматриваемого орогена наиболее вероятен вариант недостаточно раскрытой рифтовой зоны в понимании Е. Б. Глевасского [2], которая затухает на периферии (восточное и западное ее ограничение) и выклинивается.

На рисунке 5 отображены представления Е. Б. Глевасского на формирование Кировоградского орогена [2]. Геологическая модель Кировоградского орогена представлена на рисунке 6.



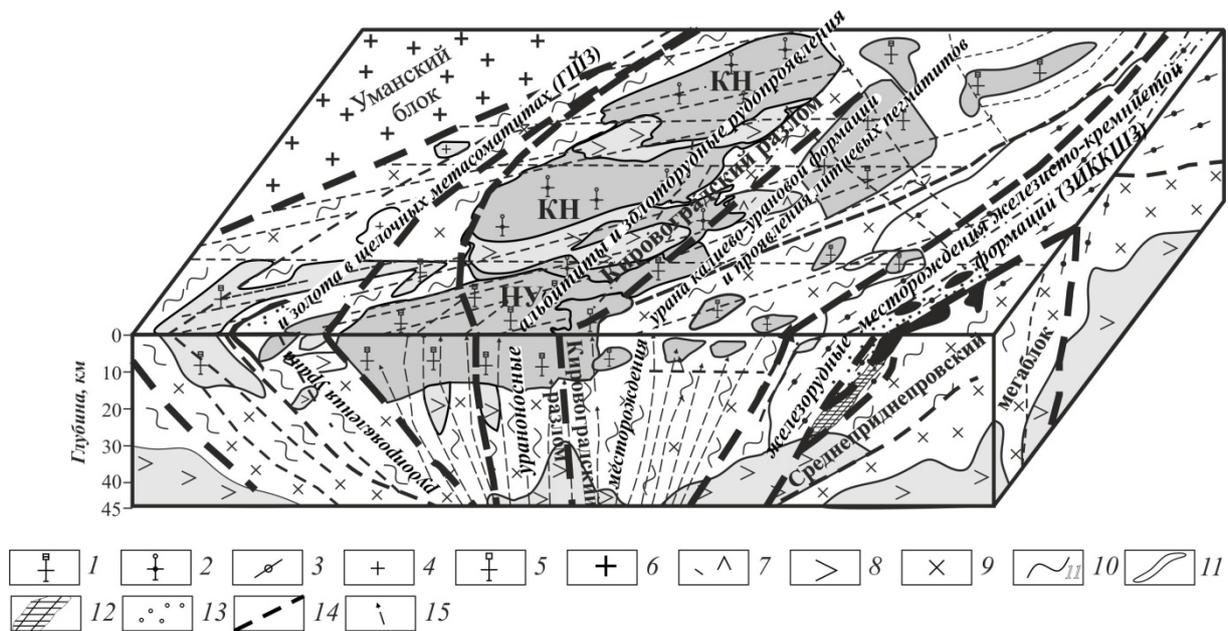
1 - разрывные нарушения; 2 - тектонический шов Херсон-Смоленск; месторождения: 3- урана; 4 - золота, 5 - лития; 6- дайки кимберлитов и субщелочных пикритоидов; 7 - границы 3D моделирования, 8 - изоглубины раздела Мохо, км; 9 - профили ГСЗ и их номера; 10 - профили МОВЗ и их номера; 11- широтная низкоомная аномалия удельного электрического сопротивления интенсивностью 1 Ом·м

Рис. 4. Положение низкоомной широтной аномалии на рельефе раздела Мохо [19] и геологической карте КРР. а – проекция месторождений урана, лития, золота на рельефе раздела Мохо; б – аномалия удельного электрического сопротивления по данным численного моделирования в интервале глубин 5-20 км



*Континентальная кора:* 1 – приблизительные соотношения между гранитным, гранулитовым и промежуточным «слоями»; 2 – гранит-зеленокаменные области со средним (слева) и глубоким эрозионными срезами; 3 – отложения перикратонных бассейнов; 4 – складчатые комплексы бассейновых отложений, в том числе железистых формаций (б); 5 – океанская кора; 6 – литосферная мантия

Рис. 5. Последовательность геодинамических обстановок, ответственных за формирование коры Ингульского мегаблока



Гранитні масиви: НУ – Новоукраїнський; КН – Корсунь-Новомиргородський. 1 – новоукраїнські і кировоградські граніти; 2 – магматити Корсунь-Новомиргородського плутона; 3 – мигматити дніпропетровського комплексу; 4 – гранитоїди подольського комплексу; 5 – граніти Кіровоградсько-Бобринецького масиву; 6 – уманський комплекс; 7 – дацити і туфи; 8 – метабазили; 9 – плагіогранитоїди; 10 – гнейси; 11 – залізисті породи; 12 – передполагане рудне тіло; 13 – пісчаники, конгломерати; 14 – тектонічні порушення; 15 – потоки калійсодержащих розчинів і магм

Рис. 6. Схематическа геологіческа модель центральної часті Українського щита [20]

Раскрытие рифтовой зоны под действием конвективных течений верхней мантии приводило к возбуждению низов мантии и подъема мантийного диапира, приводящего к интенсивному гранитоидному магматизму. Этот подъем сопровождался подъемом колонны глубинных флюидов на всем временном протяжении магмообразования и, особенно на заключительных его этапах.

**Выводы:**

1. Проекции урановых и золоторудных месторождений и проявлений на мантийный трог на глубинах 50 км (3D модель по данным МОВЗ), а также широтная низкоомная геоэлектрическая аномалия, проявленная на глубинах 5-20 км и 50-125 км (3D модель по данным математического моделирования и квази 3D мо-

дель по данным МТЗ) может указывать на след колонны мантийных флюидов.

2. Приведенные данные по изотопии углерода, кислорода, серы и стронция свидетельствуют об участии глубинных мантийных флюидов при метасоматических процессах, приводящих к образованию урановых и золоторудных месторождений и проявлений.

3. Геодинамические обстановки растяжения в период 2,1-1,7 млрд лет в местах сочленения Белоцерковско-Бугской и Среднеприднепровской мегаплит по Е. Б. Глевасскому [2] привели к активизации мантии; подъему мантийного плюма, инициировавшего внедрение базальтовых магм и обширный палингенез субстрата с образованием гранитоидных плутонов; подъему колонны мантийных флюидов, несущих щелочи и рудные компоненты.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Рокитянский И. И. Исследования аномалий электропроводности методом магнитовариационного профилирования / И. И. Рокитянский. — К. : Наук. думка, 1975. — 279 с.
2. Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита / [Н. Я. Азаров, А. В. Анциферов, Е. М. Шеремет и др.]. — К. : Наук. думка, 2006. — 196 с.
3. Бурахович Т. К. Квазитрехмерная геоэлектрическая модель Кировоградской аномалии электропроводности / Т. К. Бурахович, С. Н. Кулик // Геофиз. журн. — 1999. — Т. 21, № 2. — С. 120—125.
4. Яценко Г. М. Месторождения золота в гнейсовых комплексах Украинского щита / [Г. М. Яценко, А. К. Бабынин, Д. С. Гурский и др.]. — К. : Геоинформ. — 1998. — 256 с.
5. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / [Я. Н. Белевцев, В. В. Коваль, А. Х. Бакаржиев и др.]. — К. : Наук. думка, 1995. — 396 с.

6. Шумлянская Л. А. Мантийные блоки и зоны повышенной проницаемости Украинского щита / Л. А. Шумлянская // Геофиз. журн. — 2008. — Т. 30, № 2. — С. 135—144.
7. Логвинов И. М. Новые определения индукционных векторов на южном борту Украинского щита в зоне Кировоградской аномалии электропроводности / И. М. Логвинов, В. Н. Тарасов // Доповіді НАН України. — 2004. — № 10. — С. 124—130.
8. Казанский В. И. Глубинное строение и металлогения Кировоградского полиметального рудного района (Украинский щит): корреляция геологических и сейсмических данных / В. И. Казанский, О. Ф. Макивчук, Н. И. Попов [и др.] // Геология рудн. месторожд. — 2012. — Т. 54, № 1. — С. 22—48.
9. Жуков Ф. И. Факторы формирования урановых концентраций в щелочных метасоматитах докембрия (по термобарогеохимическим и изотопным данным) / Ф. И. Жуков, О. В. Гнатенко, Л. Г. Савченко // Доклады АН УССР. — 1981. — № 2. — С. 20—23.
10. Источник натрия и урана ураноносных альбититов (на примере Докучаевского месторождения Ингульского мегаблока Украинского щита) / Л. Н. Степанюк, С. М. Бондаренко, В. А. Семка и др. // Геохим. и рудопроая. — 2012. — Вып. 31—32. — С. 99—104.
11. Загнитко В. Н. Луговая И. П. Изотопная геохимия карбонатных и железисто-кремнистых пород Украинского щита / В. Н. Загнитко, И. П. Луговая. — К. : Наук. думка, 1989. — 315 с.
12. Физико-химические условия образования ураноносных натриевых метасоматитов докембрия (термодинамический анализ) / [И. П. Иванов, В. Б. Коваль, В. А. Синицын и др.] // Региональный метаморфизм и метаморфогенное рудообразование. — К. : Наук. Думка, 1984. — С. 151—160.
13. Фомин Ю. А., Кузьменко С. В. Кобальт и никель в пирите как индикаторы условий формирования натриево-карбонатных метасоматитов докембрия / Ю. А. Фомин, С. В. Кузьменко // Доклады АН УССР. — 1988. — Сер. Б, № 5. — С. 23—25.

14. Рябоконт С. М. Сульфидные минералы Украинского щита / С. М. Рябоконт. — К. : Наук. думка, 1983. — 192 с.
15. Фомин Ю. А. Природа сульфидов в зоне натриево-карбонатного метасоматоза (по изотопным данным) / Ю. А. Фо-мин, В. Ф. Лапуста, В. И. Власенко / Геохимия в локальном металлогеническом анализе. Рудообразующие системы. — Новосибирск : Наука, 1986. — Т. 1. — С. 180—181.
16. Связь поверхностных структур Кировоградского рудного района (Украинский щит) с локальными неоднородностями коры и рельефом раздела Мохо / [В. И. Старостенко, В. И. Казанский, Г. М. Дрогицкая и др.] // Геофиз. журн. — 2007. — 29, № 1. — С. 3—21.
17. Старостенко В. И. Геодинамическое развитие литосферы Украины и его роль в формировании и размещении месторождений полезных ископаемых. / В. И. Старостенко, О. Б. Гинтов, Р. И. Кутас // Геофиз. журн. — 2011. — 33, № 3. — С. 3—22.
18. От поверхностных структур к интегральной глубинной модели Кировоградского рудного района (Украинский щит). Ч. II. / [В. И. Старостенко, В. И. Казанский, Н. И. Попов и др.] // Геофиз. журн. — 2011. — 33, № 5. — С. 3—16.
19. Разработка моделей глубинного строения рудных районов, расположенных на древних щитах / Проблемы минерагении России / В. И. Казанский, М. В. Чичеров, О. Ф. Макивчук и др.; под ред. Д. В. Рундквиста, Н. С. Бортнокова, Ю. Г. Сафонова. — Москва : ГЦ РАН, 2012. — С. 253—265.
20. Геолого-геофизические критерии рудоносности и металлогения областей субдукции Украинского щита / [Е. М. Шеремет, С. Н. Кулик, С. Г. Кривдик и др.]; под ред. А. В. Анциферова. — Донецк : «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2011. — 285 с.