

АНОМАЛИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА КАК ЗОНЫ ВОЗМОЖНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ ГЛУБИННЫХ ФЛЮИДОВ.

Усенко О.В. , Бурахович Т.К., Усенко А.П.

Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, Киев.

По результатам 3D моделирования аномалии высокой электропроводности выявлены на разных глубинах, начиная с поверхности и до низов коры (более чем 30 км) во всех мегаблоках и шовных зонах УЩ с удельным электрическим сопротивлением от 1 до 100 Ом·м. Подчеркнута связь аномалий электропроводности (Коростенской, Кировоградской, Восточно-Приазовской) с отдельными частями Коростенского, Корсунь-Новомиргородского и Восточно-Приазовского массивов анортозитов и щелочных пород. Предполагается, что формирование массивов анортозитов и щелочных пород связано с трансформными разломными зонами: протерозойской региональной — Херсон–Смоленск, на современном этапе проявленной в Звенигородко-Анновской и Кировоградской Ингулецкого мегаблока; Грузско-Еланчикской Приазовского мегаблока; Звиздаль-Залесской Волынского мегаблока УЩ. Эти «трансформные» зоны окончательно сформированы в протерозое после 2,0 и до 1,6 млрд. лет. Однако возобновление их активности наблюдается в течение фанерозоя и до современности. Можно предположить, что они являются зонами разгрузки глубинного флюида, поступающего из нижней мантии (?), и инициирующего плавление в верхней мантии и, поэтому проявляются в аномалиях электропроводности на границе коры-мантии и в коре.

Ключевые слова: <аномалии электропроводности, массивы анортозитов и щелочных пород, глубинный флюид >

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 и нефтегазовых месторождений.

Проявлениями анортозитового магматизма на территории Украинского щита (УЩ) являются Коростенский и Корсунь-Новомиргородской плутоны, а щелочного – Октябрьский массив нефелиновых сиенитов (рис. 1).

В районе залегания анортозит-рапакиви-гранитного Коростенского плутона на западе УЩ расположены известные рудопроявления цветных и редких металлов, месторождение редкоземельных элементов (Ястребецкий массив). Кировоградский рудный район (КРР) в центральной части УЩ известен урановыми проявлениями альбититовой формации, литиевыми редкометалльными пегматитами, дайками кимберлитов, золоторудными месторождениями. Для ряда месторождений урана, золота, алмазоносных и неалмазоносных даек кимберлитов геологическими исследованиями установлена рудоконтролирующая роль Кировоградской глубинной зоны разломов. С Корсунь-Новомиргородским анортозит-рапакиви-гранитным плутоном связано Носачевское месторождение титана, проявления циркония (Великовиский сиенитовый массив). Восточно-Приазовский массив представляет собой выступ дорифейского фундамента, который со всех сторон отделен разломами, а зона его соединения с Донецким бассейном является одной из важных провинций в восточной части УЩ по проявлениям ультраосновного и щелочного магматизма. Здесь известны редкометалльные (каменноугольский комплекс), редкоземельные месторождения (Азовское) и обнаружены тела кимберлитов (Петровское, Надежда, Новоласпинское и Южное).

В данном исследовании рассмотрены глубинные разломы как зоны повышенной проницаемости, по которым сквозь литосферу происходит разгрузка мантийных флюидов. Аномалии электропроводности являются одним из наиглавнейших факторов, которые указывают на возможную зону проявления геодинамических процессов и поэтому должны быть исследованы с точки зрения формирования и размещения месторождений полезных ископаемых.

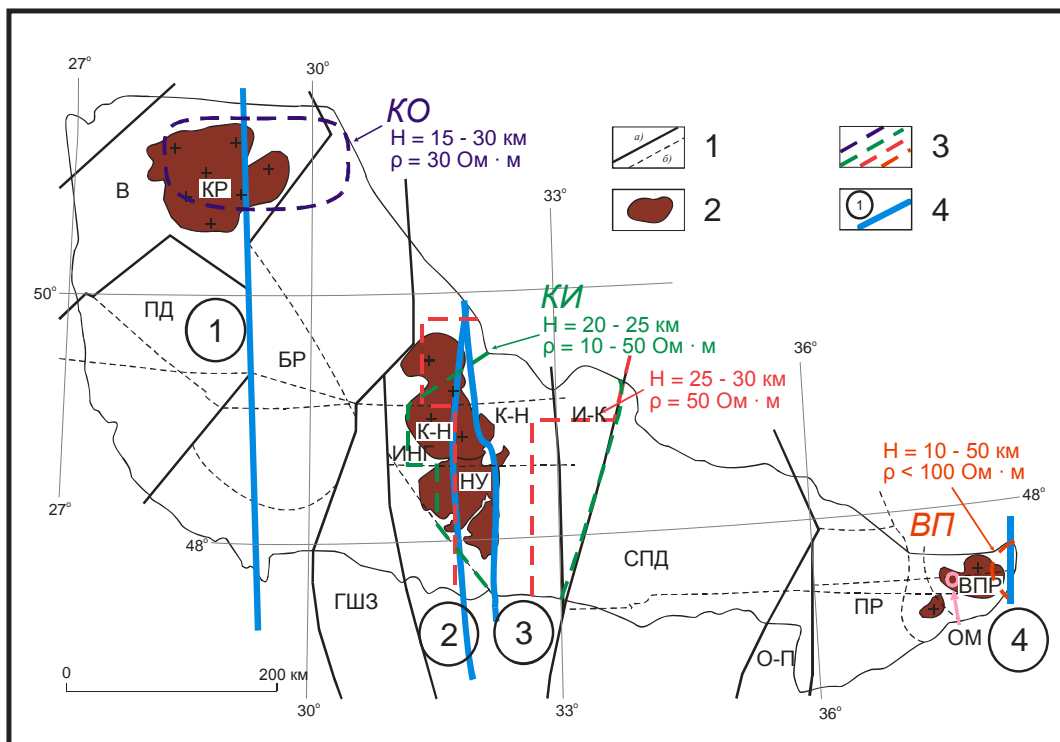


Рис. 1. Схема аномалий электропроводности в зонах анортозитовых и щелочных массивов УЩ. 1 – зоны разломов (а, б – меж – и внутримегаблоковые соответственно); 2 – плутоны и крупные интрузивные массивы гранитоидов: КР – Коростенский, К-Н – Корсунь-Новомиргородский, НУ – Новоукраинский, ВПР – Восточно-Приазовский, ОМ – Октябрьский; 3 – аномалии электропроводности в земной коре и их параметры: КО – Коростенская, КИ – Кировоградская, ВП – Восточно-Приазовская; 4 – трансформные разломные зоны: 1 – Звиздаль-Залесская, 2 – Херсон-Смоленск, 3 – Кировоградская, 4 – Грузско-Еланчикская. Мегаблоки: В – Волынский, ПД – Подольский, БГ – Бугско-Росинский, ИНГ – Ингульский, СПД – Среднеприднепровский, ПР – Приазовский. Межблоковые шовные зоны: ГШЗ – Голованевская, И-К – Ингулецко-Криворожская, О-П – Орехово-Павлоградская.

По результатам 3D моделирования [1] аномалии высокой электропроводности обнаружены во всех мегаблоках и шовных зонах УЩ. Они размещены на разных глубинах, начиная с поверхности и до низов коры (более чем 30 км) и характеризуются удельным электрическим сопротивлением (ρ) от 1 до 100 Ом·м.

Субвертикальные зоны высокой электропроводности совпадают с межблоковыми разломами УЩ. Большинство таких объектов приурочены к Голованевской и Ингулецко-Криворожской шовным зонам. Аномалии электропроводности этого типа могут свидетельствовать о высокой проницаемости для флюидов шовных зон в процессе их образования и значительной графитизации межзернового пространства. В отличие от этого Орехово-Павлоградская шовная зона характеризуется очень большими значениями удельного электрического сопротивления на севере и аномально низкими в южной части.

В границах мегаблоков – Подольского, Бугского, Ингульского и Среднеприднепровского так же наблюдаются субвертикальные электропроводящие зоны. Они характеризуются меньшей протяженностью и коррелируют с глубинными разломами второго ранга.

В геоэлектрическом отношении можно разделить весь УЩ на три части: западную, центральную и восточную. Центральная часть объединяет Ингульский мегаблок, Голованевскую и Ингулецко-Криворожскую шовную зоны. Восточная часть – это Среднеприднепровский мегаблок, Орехово-Павлоградская шовная зона и, возможно, Приазовский мегаблок. Западная часть характеризуется низким сопротивлением пород земной коры по сравнению с восточной. И это может свидетельствовать про аномально низкую проницаемость пород земной коры восточной части. Центральная часть отличается высокой электропроводностью по всему разрезу земной коры и это свидетельствует и как об аномально высокой проницаемости пород палеопротерозойского блока, так и о современных проявлениях активизации.

Распределение геоэлектрических параметров в мантии УЩ также резко неоднородно. В юго-

западной части обнаружен проводник в интервале глубин 70 – 120 км с $\rho=25$ Ом·м, в то время, как в восточной части УЩ мантия характеризуется относительно высоким сопротивлением, $\rho \approx 1000$ Ом·м. По результатам 3D моделирования КРР [2] можно предположить существование нескольких локальных проводящих неоднородностей с $\rho=50$ Ом·м в интервале глубин 50-120 км: 1) в зоне пересечения Кировоградской и Субботско-Мошоринской зон разломов; 2) вдоль трансекта Херсон-Смоленск. С большей уверенностью выделяется мантийный проводник в южной части Ингульского мегаблока. Наиболее низкоомный участок приурочен к веерообразно сходящимся зонам глубинных разломов – Западно-Ингулецкому, Кировоградскому, трансрегиональному разлому Херсон-Смоленск, Первомайской зоне разломов.

Необходимо подчеркнуть связь аномалий электропроводности, таких как, Коростенской (расположена на границе Волинского и Росинского мегаблоков в земной коре на глубине между 15 и 30 км, среднее значение $\rho = 30$ Ом·м), Кировоградской (охватывает почти всю восточную часть Ингульского мегаблока и Ингулецко-Криворожскую шовную зону в интервале глубин 20-30 км, ρ до 100 Ом·м [2]), Восточно-Приазовской (приурочена к Грузко-Еланчикской и южной части Кальмиусской зон разломов на глубинах до 10-50 км, $\rho < 100$ Ом·м) с Коростенским, Корсунь-Новомиргородским и Восточно-Приазовским массивами анортозитов и щелочных пород (рис. 1). В границах УЩ Херсон-Смоленский трансрегиональный тектонический шов совпадает с западной ветвью Кировоградской аномалии, в то время как трансрегиональный тектонический шов Донецк-Брянск пересекается разными аномалиями электропроводности – Приазовской и Донбасской.

Формирование массивов анортозитов и щелочных пород (рис. 1) связано с трансформными разломными зонами (шириной 20-25 км) в геоблоках УЩ [3] с высоким уровнем эрозионного среза:

- Зона глубинного разлома (раздвига) Херсон–Смоленск (шириной 20-25 км);
- Грузко-Еланчикская Приазовского мегаблока;
- Звиздаль-Залесская Волинского мегаблока УЩ.

Их нельзя назвать «разломными», так как процесс формирования в мантии по всей видимости связан с сокращением глубинного очага (очагов ?) плавления вследствие падения температур и вынесения флюидов и расплавов от 2,1 до 1,6 млрд лет. По ним происходит дренаж мантийных горизонтов — удаляется избыток базальтоидной составляющей и флюида, в первую очередь, водного.

Гранитизация возраста ~ 2 млрд. лет проявлена не только на всем УЩ, но и на всех щитах мира. На УЩ практически одновременно появляются интрузивные (новоукраинский комплекс) и палингенные (кировоградский комплекс) двуполевошпатовые граниты, между которыми (в частности, в Ингульском мегаблоке) существуют переходные разности. Интрузивные граниты входят в состав полифазного Новоукраинского плутона, формирование которого осуществляется как минимум в течение четырёх этапов. Основные расплавы начального этапа образованы на границе коры и мантии, а последующая дифференциация происходит в коре и заканчивается образованием обширного (под всем щитом) очага плавления. Значительные количества химически агрессивного флюида благоприятствуют образованию обширного слоя плавления в коре (на глубине 18-20 км), часть которого на щитах (в частности на Украинском) выведена на поверхность вследствие высокого уровня эрозионного среза. Вероятно, очаг плавления с верхней кромкой на границе коры и мантии также был распространён под большей частью щита.

Гранитизация захватывает обширные площади, так как происходит при участии мантийных водных хлоридно-калиевых флюидов, в присутствии которых не только снижается температура солидуса, но и осуществляется интенсивное растворение нижнекоровых пород и перераспределение элементов. «Гранитофильные» компоненты выносятся в кору, вследствие чего наблюдается базификация глубинных (мантийных) горизонтов.

Затем происходит кристаллизация и корового и большей части мантийного очагов плавления. Сохраняются только трансформные зоны, по которым вынесение глубинных флюидов продолжается. К ним приурочены незначительные по площади очаги плавления. Именно здесь происходит формирование анортозит-рапакиви-гранитных плутоновых массивов, реже — массивов щелочных пород.

После гранитизации и до формирования массивов анортозитов и щелочных пород происходит смена состава глубинного флюида. Хлоридно-калиевые водные слабо щелочные флюиды сменяются «сухими» щелочными и ультращелочными карбонатно-фторидно-натриевыми. Именно с участием этих флюидов образуются комплексы щелочных пород Приазовского массива с карбонатитами и фельдшпатоидами, окруженные зонами фенитизации и мариуполитизации. Эти флюиды поступают

по глубинной разломной Грузско-Еланчикской зоне. На границе мантии и коры образуются очаги плавления, порождающие расплавы, которые образуют щелочные массивы на поверхности.

Формирование уникальных массивов анортозитов, сложенных основными крупнокристаллическими плагиоклазовыми породами, массивов гранитов рапакиви, а также связанными с ними литий-фтористыми гранитами и редкометалльными пегматитами, становится возможным благодаря постепенному смешению водного хлоридно-калиевого и карбонатного фторидно-натриевого флюидов при давлениях 0,5-1,3 ГПа [3]. Это приводит к ряду эффектов. На границе мантии и коры осуществляется расслоение силикатного расплава, обособление жидкостей, обогащенных оксидами железа и титана (образование магматических месторождений титана); в коре — накопление редких и рассеянных элементов в остаточных расплавах при участии фтора (образование редкометалльных пегматитов). Появление месторождений урана, связано с экстракцией его в расплав щелочными флюидами и осаждение из гидротерм вследствие нейтрализации флюида на поверхности.

Таким образом, глубинные трансформные зоны, на поверхности маркируемые массивами анортозитов и щелочных пород являлись зонами, заложенными в раннем протерозое. По ним осуществлялось поступление глубинных флюидов и расплавов. Однако на этом их история не заканчивается.

На Ингульском мегаблоке наиболее многочисленные дайки приурочены к Кировоградскому разлому. В протерозое образуются кимберлиты-лампроиты, выносящие ксенолиты с глубин более 100 км, многочисленные дайки ультрабазитов, в том числе дайка ультрабазитов с алмазами (?) предположительно девонского возраста.

На стыке Донбасса и Приазовского массива в зоне Грузско-Еланчикского разлома находится Покрово-Киреевская структура с флюоритовым месторождением, к которой пространственно привязано большинство разновозрастных интрузивных комплексов, сформированных на всех этапах формирования Донецкого бассейна — от 400 до 160 млн лет.

Массивы анортозитов приурочены к «трансформным» зонам разгрузки глубинного флюида и генерации расплавов в диапазоне глубин от ~200 км (ультрабазиты и кимберлиты) до ~20 км (граниты). Они сформированы в протерозое после 2,0 и до 1,6 млрд лет. Однако их возобновление, проявленное в магматических породах, наблюдается в течение фанерозоя и до современности. На современном этапе геоэлектрическими методами фиксируется появление аномальных по свойствам зон на границе коры-мантии и в коре.

Так, аномалии высокой электропроводности, выделенные на глубинах 20-30 км и 50-120 км в трехмерной модели КРР [2], сопряженные с локальным опусканием поверхности М и внутрикоревой К₂ [4], со ссылкой на работу [5], отображают современный повышенный режим флюидизации [6]. Эти зоны «наиболее интенсивного проявления взаимодействия флюидов с вмещающими породами» отличаются высокой проницаемостью по данным сейсмографии [7].

1. Кулик С.Н., Бурахович Т.К. Трехмерная геоэлектрическая модель земной коры Украинского щита // Физика Земли, 2007. №4. С. 21-27.
2. Николаев И.Ю., Бурахович Т.К., Шеремет Е. М. Объемная геоэлектрическая модель в связи Кировоградского рудного района центральной части Украинского щита // Геофиз. журн., 2013. т. 36. №4. в печати.
3. Усенко О.В. Развитие Ингульского мегаблока Украинского щита в период формирования Новоукраинского и Корсунь-Новомиргородского плутонов // Геофиз. журн., 2013. т.35. №3. С. 54-69.
4. Старостенко В. И., Казанский В. И., Попов Н. И., Дрогицкая Г. М., Заяц В. Б., Макивчук О. Ф., Трипольский А. А., Чичеров М. В. От поверхностных структур к интегральной глубинной модели Кировоградского рудного района (Украинский щит).1 // Геофиз. журн., 2010. 32, № 1. С. 3–33.
5. Соллогуб В. Б. Литосфера Украины. К.: Наук. думка, 1986. 184 с.
6. 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. 33, № 3. С. 3–22.
7. Цветкова Т.А., Шумлянская Л.А., Бугаенко И.В. Сверхглубинные флюиды Восточно-Европейской платформы. 2012. Геологическая среда, минерагенетические и сейсмоструктурные процессы. Научная книга Воронеж, XVIII международная конференция 24-29 сентября 2012 г. с.392-395.