

Структурно-петрофизическая и тектонофизическая основа геологической карты кристаллического фундамента центральной части Голованевской шовной зоны Украинского щита

© О.Б. Гинтов¹, В.А. Ентин², С.В. Мычак¹, В.Н. Павлюк²,
В.В. Зюльцде², 2016

¹Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

²ГП "Украинская геологическая компания", Киев, Украина

Поступила 29 февраля 2016 г.

Представлено членом редколлегии В.И. Старостенко

Розглянуто один з найважливіших напрямів геолого-геофізичних досліджень Українського щита (УЩ) — оцінювання перспектив Голованівської шовної зони (ГШЗ) на чорні, кольорові, благородні, рідкісні метали та алмази. Центральна частина ГШЗ (ЦЧГШЗ) є основною частиною Побузького гірничорудного району. Земна кора ЦЧГШЗ (Первомайсько-Голованівський регіон) пронизана мафіт-ультрамафітовими інтрузіями та екструзіями, у парагенезісі з якими знаходяться залізисто-карбонатні рудні товщі і залістисті кварцити, хромітоносні перидотити. ЦЧГШЗ є на сьогодні найперспективнішим і єдиним на всій території центральної і західної частин УЩ регіоном з широко проявленим золотим зруденінням. Крім того, в межах цього району встановлено прояви платиноїдів, рідкісноземельних елементів, ітрію, урану, мангану, титану, вольфраму, міді, молібдену, апатиту, силіманіту, вермикуліту, серпентинітових вогнетривів, динасових кварцитів, первинного каоліну, мінеральних вод. У шліхових пробах, відібраних у басейнах річок Південний Буг, Синюха, Ятрань, виявлено піропи і алмази.

Показано, що причинами недостатньої ефективності пошукових робіт, проведених у регіоні, були не тільки їх вкрай слабке державне фінансове забезпечення, а й відсутність оновленої концепції геологічної будови ГШЗ. Геологічні карти масштабу 1 : 50 000, побудовані за результатами знімання, виконаного тут у 1960—1970-ті роки, ґрунтуються на застарілих петрологічних даних. Карти масштабу 1 : 200 000, побудовані пізніше на структурно-формаційній основі, недостатньо детально відображують речовинний склад геологічних комплексів, тому що обмежено використовують можливості детальних геофізичних зніманих. Територія ЦЧГШЗ вкрай слабо висвітлена даними сучасних ізотопно-геохронологічних досліджень.

Запропоновано оцінювати перспективи ЦЧГШЗ, починаючи з побудови оновленої геологічної карти її кристалічного фундаменту на підставі сучасних петрографічних, петрологічних, геохімічних і геофізичних даних, а також, що дуже важливо, сучасних визначень ізотопного віку гірських порід. Наведено структурно-петрофізичну і тектонофізичну основу такої карти, на якій відображено геолого-петрофізичні таксони і структурно-кінематичні дані для поверхні докембрійського фундаменту регіону. Викладено принципи побудови основи і короткий аналіз її змісту.

Ключові слова: Український щит, Середнє Побужжя, геологічна карта, петрофізика, тектонофізика, ультрабазити, залізні руди, алмази.

Введение. В связи с началом в 2016 г. Целевой комплексной программы "Минерально-сырьевая база Украины как основа безопасности государства", выполняемой Националь-

ной академией наук Украины (НАНУ) под руководством акад. НАНУ В.И. Старостенко, одним из важнейших направлений научных геолого-геофизических исследований является

оценка перспектив Украинского щита (УЩ) на черные, цветные, благородные, редкие металлы и алмазы. Первоочередным объектом таких исследований следует считать известную Голованевскую шовную зону (ГШЗ), вытягивающуюся в субмеридиональном направлении на сотни км в пределах Среднего и Южного Побужья и Росинско-Тикичского региона.

Перспективы ГШЗ на поиски месторождений перечисленных полезных ископаемых обсуждаются уже несколько десятилетий. ГШЗ является основной частью Побужского горнорудного района. Ее центральная часть (ЦЧГШЗ) протяженностью 80 км и максимальной шириной до 45 км (Первомайск—Голованевский регион) пронизана мафит-ультрамафитовыми интрузиями и экструзиями в большей степени, чем многие другие регионы УЩ: одних серпентинитовых массивов, многие из которых являются месторождениями силикатного никеля (частично уже отработанными), здесь насчитывается более 100; достаточно много (не менее 15) крупных (площадью до 15 км²) массивов метультрабазитов и базитов, в парагенезисе с которыми (некоторыми из них) находятся железисто-карбонатные рудные толщи и железистые кварциты, хромитоносные перидотиты.

В пределах Побужского горнорудного района площадью 7000 км² разведано и опойсковано 11 месторождений силикатного никеля, 8 перспективных проявлений и 3 месторождения хрома, 17 проявлений и 1 месторождение железа, 14 проявлений и 1 месторождение графита. Месторождения хрома и никеля разрабатывает Побужский ферроникелевый завод, графита — Завальевский графитовый комбинат. Кроме того, в пределах горнорудного района находится Майское месторождение и 5 перспективных проявлений золота, а также проявления платиноидов, редкоземельных элементов, иттрия, урана, марганца, титана, вольфрама, меди, молибдена, апатита, силлиманита, вермикулита, серпентинитовых огнеупоров, динасовых кварцитов, первичного каолина, минеральных вод. Среднее Побужье, и в первую очередь ЦЧГШЗ, является на сегодня наиболее перспективным и единственным на всей территории центральной и западной частей УЩ регионом с широко проявленным золотым оруденением. При этом большинство мафит-ультрамафитовых и мафит-железорудных структур и зон их интенсивной тектонометасоматической переработки, изучавшихся раньше, до сих пор остались не изученными на золото и другие благородные металлы. Можно считать, что деталь-

ное изучение на золото Побужского горнорудного района только начинается.

Кроме перечисленных полезных ископаемых, при геологических съемках и глубинном картировании ЦЧГШЗ в шлиховых пробах, отобранных в бассейнах рр. Южный Буг, Синюха, Ятрань, встречены золото, киноварь, касситерит, шеелит, колумбит, хризоберилл, спутники алмазов — пиропы. Здесь обнаружены два алмаза размером 1,3 и 3 мм — одни из наиболее крупных в пределах западной части УЩ.

Общие геологические предпосылки и прямые поисковые признаки позволяли неоднократно начинать поисково-разведочные работы на эти ископаемые, которые, к сожалению, часто по разным причинам не доводились до своего логического завершения. Недооценка перспектив ГШЗ на черные, цветные, благородные, редкие металлы, апатит и алмазы была обусловлена, с нашей точки зрения, не только отсутствием ожидавшихся быстрых результатов, но и причинами иного содержания. Так, до распада СССР любые перспективы отдельных регионов и республик на различные виды полезных ископаемых рассматривались в масштабах этого огромного государства, в котором всегда находились и эксплуатировались наиболее богатые рудные месторождения, а недостатки плано-экономического хозяйствования советского образца часто приводили к тому, что месторождения опойсковывались и экономически обосновывались исходя не из комплексного состава руд, а только в расчете на их определенный монотип. Об этом неоднократно говорили и писали ученые и производственники, проводившие исследования в Криворожском бассейне, на Побужье, Волыни, Приазовье.

В постсоветское время основной причиной низкой поисковой эффективности работ является их крайне недостаточное государственное финансовое обеспечение при отсутствии привлекательных стимулов для частных инвестиций.

Целью настоящей статьи является вернуть внимание геологической общественности к необходимости детального изучения ЦЧГШЗ с точки зрения ее перспектив на поиски и разведку месторождений перечисленных полезных ископаемых, в том числе алмазов, на основе обновленной концепции геологического строения этого региона.

ЦЧГШЗ, ограниченная Тальновской (на западе), Первомайской (на востоке) и Вradiевской (на юго-западе) зонами разломов, занимает значительную территорию листа М-36-XXXI (Первомайск), переходя на северную полови-

ну листа L-36-I (Большая Врэдиевка). Практически вся она покрыта геологической съемкой масштаба 1 : 50 000.

Геофизические данные показывают, что ЦЧГШЗ, являясь неотъемлемой частью ГШЗ, отличается и некоторыми региональными особенностями. Мозаичное и высококонтрастное магнитное поле свидетельствует о том, что кристаллический фундамент ЦЧГШЗ — аналог фундамента Бугского мегаблока УЩ, т. е. на границе архея и раннего протерозоя это был единый мегаблок (Западная микроплита УЩ, по [Гинтов, Мычак, 2011а]). Гравитационное поле отражает несколько более поздний процесс формирования ГШЗ и отделения ее от Бугского мегаблока: на всем протяжении ГШЗ ей отвечает крупнейший на УЩ гравитационный максимум. Однако при этом наиболее интенсивная часть максимума относится именно к ЦЧГШЗ (на 15—20 мГал выше, чем остальные части зоны). И, кроме того, она окружена со всех сторон зонами высоких градиентов второго порядка, которые выделяют ее в самостоятельный более плотный блок. В соответствии с гравитационной моделью УЩ [Куприенко и др., 2007], земная кора этого блока отнесена к "базальтовому" типу.

При анализе геологических данных территории ЦЧГШЗ авторы столкнулись с ситуацией, что по этому региону отсутствуют крупномасштабные геологические карты, которые отражали бы, с одной стороны, детальное геологическое строение поверхности докембрийского фундамента, т. е. разнообразие его петрографического состава и возраста горных пород, а с другой — полностью учитывали бы особенности аномальных геофизических полей района и результаты их геологической интерпретации. Геологические карты, составленные по результатам геологосъемочных работ масштаба 1 : 50 000, хотя и достаточно детальные, но устарели и в петрографическом, и в структурном отношении, а также в аспекте возраста геологических комплексов.

В конце прошлого столетия выход виделся в картировании геологических формаций, которые представляют собой, по Н. С. Шатскому, "естественные комплексы, сообщества или ассоциации горных пород, отдельные части которых ... тесно парагенетически связаны друг с другом как в возрастном (переслаивание, последовательность), так и в пространственном отношении" [Геологический ..., 1973]. Последними геологическими картами кристаллического фундамента территории ЦЧГШЗ, составленными на принципах принятого для всего

УЩ структурно-формационного подхода, стали Геологическая карта кристаллического основания масштаба 1 : 200 000 листа М-36-XXXI [Геологическая ..., 1990] и Геологическая карта кристаллического основания и карта полезных ископаемых дочетвертичных образований масштаба 1 : 200 000 листа М-36-XXXI [Державна ..., 2004]. По своему содержанию в соответствии с масштабом они учитывали весь накопленный к концу XX в. геолого-геофизический материал. На преимуществах и недостатках этих карт остановимся в дальнейшем.

Авторам настоящей статьи представляется, что следующим шагом в геологическом изучении ЦЧГШЗ должны стать крупномасштабные специализированные карты нового поколения, созданные на основе результатов глубинного геологического картирования масштаба 1:50 000 и крупнее наиболее перспективных рудных районов. Причем для квалифицированного решения такой задачи нужна новая концепция составления геологических карт кристаллического фундамента (по крайней мере, для ЦЧГШЗ), построенная на базе современных петрографических, петрологических и тектонофизических данных, а также, что очень важно, современных определений изотопного возраста горных пород.

Материалы для выработки новой концепции были получены благодаря глубокому изучению мафит-ультрамафитовых комплексов западной части УЩ, выполненному большой группой производственников и ученых [Павлюк и др., 2008]. Было подчеркнuto, что нерасслоенные дунит-перидотитовые и дунит-перидотит-габброноритовые интрузии ЦЧГШЗ, перспективные на промышленные месторождения хрома и никеля, содержат также проявления благородных металлов (золота и платиноидов), сульфидного никеля, вермикулита, апатита, ильменита, огнеупоров. Палеовулканическая коматиитовая составляющая подобных массивов может быть перспективной на алмазоносность.

Были "реанимированы" перспективы ЦЧГШЗ как главной составной части Побужского железорудного района на поиски легко обогатимых самофлюсующихся железо-карбонатных руд [Каневский, Гинтов, 1972; Павлюк и др., 2008]. Кроме того, появились новые данные, указывающие на возможную интрузивную природу железорудных образований [Ентин и др., 2015; Юшин, 2015; Усенко, 2015] и гидротермальную природу многих графитовых месторождений мира, в том числе Среднего Побужья [Шакина, Скакун, 2010]. Это приводит к необходимости

сти пересмотра взглядов на многие проблемы формирования ЦЧГШЗ, в том числе на перспективы поисков известных в мире комплексных гидротермальных железооксидных золотомедных месторождений (IOCG — Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold Deposits) [Юшин, 2015]. За это время анализ строения и развития земной коры УЩ, в котором ГШЗ играла едва ли не ведущую роль, пополнился результатами тектонофизических [Гинтов и др., 1985, 1990, 2015; Ентин, 1987, 2005; Гинтов, Исай, 1988; Гончар, 2001; Гинтов, Гончар, 2004; Гинтов, 2005; Гинтов, Мычак, 2011а; Мычак, 2015 и др.], тектонофациальных [Заика-Новацкий, 1986; Патаха и др., 1995; Лукієнко, 2001, 2002; Лукієнко та ін., 2008], геодинамических [Глеваский, Каляев, 1998, 2000; Глеваский, 2005; Геолого-геофизическая ..., 2006, 2008; Гинтов, Пашкевич, 2010; Гинтов, Мычак, 2011б; Vogradova et al., 2012; Гинтов, 2012, 2014, 2015], термобарических [Лебедев и др., 1986] исследований.

Здесь не упоминаются выполненные в рассматриваемый период многочисленные важные работы по глубинному строению УЩ, в том числе ГШЗ, так как в данном исследовании речь идет о необходимости построения структурно-петрофизической и тектонофизической основы геологической карты кристаллического фундамента ЦЧГШЗ, т. е. по сути его *поверхности*. Представления о глубинном строении района достаточно детально освещены в объяснительной записке к изданной государственной Геологической карте листа М-36-XXXI [Державна ..., 2004], и, кроме того, на будущее планируется исследование глубинного строения зоны на геодинамической основе.

При составлении геологических карт УЩ их основой служат геофизические карты и результаты их комплексной геолого-геофизической интерпретации. Поэтому в настоящей статье авторы представляют такую структурно-петрофизическую и тектонофизическую основу (СПТО ЦЧГШЗ), составленную (в цветном оригинале) в масштабе 1 : 100 000 (рис. 1), и рассчитывают на то, что она будет использована как при составлении новых крупномасштабных геологических карт, так и при более углубленной интерпретации геофизических аномалий.

Обоснование принципов составления СПТО ЦЧГШЗ и исходные положения. СПТО составлена для территории листа М-36-XXXI (Первомайск) и части листа L-36-I (Большая Врадиевка), т. е. охватывает несколько большую площадь, чем ЦЧГШЗ. Имеется в виду, что программа "Минерально-сырьевая база Украины

как основа безопасности государства" будет охватывать выполнение исследований в пределах всего Побужского горнорудного района, в который входит также и восточная часть листа М-35-XXXVI (Гайворон).

Вообще говоря, прообразом предлагаемой карты являются "Карты комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов", составляемые геофизиками при геологосъемочных работах, методические принципы составления которых были обобщены и унифицированы в работе [Методические ..., 1999]. К сожалению, эти карты из-за ограниченного количества однозначно интерпретируемых геолого-геофизических факторов во многом носят вероятностный характер, отражая лишь преимущественное истолкование имеющегося комплекса геофизических признаков. Не находят в них отражения и результаты упомянутых тектонофизических исследований, накопившихся в конце прошлого и в текущем столетии.

Составляемые последние два десятилетия геолого-формационные или структурно-формационные карты в некоторых отношениях также недостаточно информативны, поскольку на них камуфлируется такая важнейшая характеристика горных пород, как специфичность вещественного состава. Именно она, наряду с другими менее значимыми факторами, находится в прямой связи с физическими свойствами горных пород, что в условиях УЩ и позволяет их максимально эффективно расчленять, используя детальные карты магнитного и гравитационного полей. При построении геолого-формационных карт лишь иногда и в сильно обобщенном виде учитывается разнообразие амплитудных и структурных характеристик аномальных физических полей. Детальность и расчлененность пород по физическим свойствам, которую дают магнитные и гравитационные карты, как правило, не используются.

Авторы представленной в статье карты решили пойти путем выделения в пределах ЦЧГШЗ так называемых *петрофизических таксонов* горных пород, объединяющих в себе их состав (наименование), разную степень намагниченности, плотности, динамометаморфического преобразования. Достаточно часто такие петрофизические таксоны могут соответствовать геологическим комплексам, сериям и свитам, обычно характерным для Среднего Побужья, но иногда их контуры не совпадают, поскольку это — разные таксономические единицы. Тем более что выделение серий и свит в кристаллическом фундаменте Среднего Побужья

— вопрос спорный и несет, скорее, географическую, а не генетическую нагрузку. Но и геофизические данные не всегда способствуют однозначному решению задач геологического картирования кристаллического фундамента такого сложного района, как ГШЗ. Основная причина кроется в чрезвычайно частом чередовании петрографических разностей горных пород, крутозалегающие пластообразные тела которых характеризуются мощностями метры—десятки метров и очень редко — первые сотни метров.

Подобную проблему попытались решить В.М. Ключков с соавторами [Державна ..., 2004], показав на Геологической карте и карте полезных ископаемых кристаллического фундамента листа М-36-XXXI масштаба 1 : 200 000 предельно большое количество геологических тел, отражающих петрографическое разнообразие пород района (правда, их визуализация на карте оставляет желать лучшего). Но структурные особенности кристаллического фундамента, показанные на карте, слабо соответствуют геофизической информации о зонах разрывных нарушений. Четкая прямолинейность и крутое падение зон на больших расстояниях подчеркивают их преимущественно сдвиговую природу, а изгибы на окончаниях — их деформацию более поздними сдвигами. Авторы же рассматриваемой карты, исходя из представления о преимущественно надвиговой и взбросовой природе таких нарушений, изображают их повсеместно криволинейными, что противоречит характеру магнитных и гравитационных аномалий. Поэтому рассматриваемая геологическая карта достаточно сильно "заидеологизирована", т. е. структурные данные, показанные на ней, отражают не столько строение поверхности докембрийского фундамента, сколько принятую авторами концепцию геологического формирования ГШЗ. Ничего не имея против такого взгляда, отметим, что для поисково-разведочных целей и оптимизации технологии детальных геолого-геофизических работ, в том числе интерпретации геофизических аномалий, важнее показать на карте как можно точнее структурно-вещественные элементы поверхности кристаллического фундамента, полученные при детальных геологических и геофизических съемках. Многочисленные надвиги и глубинные шарьяжи, показанные на рассматриваемой карте, возможно, отражают строение ГШЗ на глубине, но от поверхности до глубин 1—1,5 км (по данным глубокого бурения на отдельных месторождениях и рудопроявлениях)

горные породы падают круто или субвертикально. Все изображенные на карте надвиги не пересекают крупные тела горных пород, а прослеживаются параллельно им, т. е. рудопроявления располагаются либо в лежачем, либо в висячем боку предполагаемых надвигов, и их картирование не затруднено существованием таких нарушений.

В таких структурах, как ГШЗ, горные породы претерпели динамометаморфические преобразования — перекристаллизацию, катаклиз, милонитизацию, разуплотнение, пере- и размагничивание, что хорошо видно на магнитных и гравитационных картах, но далеко не всегда используется при петрографическом или формационном анализе. Зоны динамометаморфизма, которые являются зонами сдвига (shear zone) и скольжения (slip zone), часто не совпадают с первоначальным простиранием породных комплексов. Поэтому геолого-структурные карты даже м-ба 1 : 50 000, построенные геологами на геофизической основе, на многих участках отражают не состав (наименование) пород, как считается, а процессы их преобразования и переориентировки в таких зонах. Широко используемое съемщиками понятие "мигматит" часто заменяет собой многие разновидности структурных форм зон динамометаморфизма, которые отражают перекристаллизацию и разделение породы на лейко- и меланосому при совместном воздействии стресса и температуры. На самом деле истинные мигматиты, связанные с внедрением кислого расплава в породы субстрата при ультраметаморфизме, развиты в пределах ГШЗ достаточно локально.

На аналогичные вопросы, возникающие при построении геологических карт кристаллического фундамента ЦЧГШЗ, обращено внимание и авторов "Тектонофациальной схемы" листа М-36-XXXI, составленной под руководством А. И. Лукиенко [Державна ..., 2004]. Но и эта схема, во многом правильно, с нашей точки зрения, трактующая структуру поверхности кристаллического фундамента ЦЧГШЗ, не отражает сложный петрографический состав породных комплексов. При сходстве многих позиций с аргументацией авторов тектонофациального анализа результаты тектонофизических исследований не позволяют согласиться с дробным делением вязкоразломной тектоники кристаллического фундамента ЦЧГШЗ на семь этапов — от архея до фанерозоя.

Подавляющее число зон сдвига и скольжения района (за исключением, пожалуй, широтных) — от Тальновской и Первомайской до Еми-

1 — кристаллосланцы двупироксеновые, ортопироксеновые, биотит-ортопироксеновые, гранат-ортопироксеновые, магнетит-двупироксеновые (1 — кристаллосланцевый), 2 — плагиогнейсы, гнейсы гранат-биотитовые, 3 — плагиогнейсы, амфибол-биотитовые, гнейсы биотитовые (2, 3 — гнейсовый, черноташлыкский), 4 — кварциты полевошпатовые, часто с силлиманитом и гранитом, плагиогнейсы, гнейсы силлиманит-гранат-биотитовые, гранат-кордиерит-биотитовые, силлиманит-гранат-кордиерит-биотитовые (4 — кошаро-александровский), 5 — плагиогнейсы биотит-графитовые (часто с силлиманитом и гранатом), кальцифиры доломит-кальцитовые, кальцитовые (5 — хоцевато-завальевский), 6 — кварциты железистые, в основном магнетит-двупироксеновые, кальцифиры магнетитовые рудные (6 — молдавский), 7 — метагабброиды—амфиболиты, габбро, габбро-амфиболиты (7 — капитановско-деренюхинский, тарноватский, кумаровский, троянский), 8 — серпентиниты, серпентизированные ультрабазиты (8 — капитановско-деренюхинский, тарноватский, кумаровский), 9 — эндербиты, чарнокиты с мелкими включениями кристаллосланцев двупироксен-плагиоклазовых и розовых гранитов — чарнокиты, часто гранатсодержащие, по [Геологическая ..., 1990], 10 — эндербиты, чарнокиты с крупными включениями кристаллосланцев двупироксен-плагиоклазовых и розовых гранитов — эндербито-гнейсы, по [Геологическая ..., 1990], 11 — розовые и серовато-розовые полосчатые гранат-биотитовые гнейсо-граниты, редко массивные побужского (чудново-бердичевского) комплекса (9—11 — гранитоидный), 12 — гнейсо-граниты полосчатые розовые и серовато-розовые, как правило, динамометаморфически измененные синицовского комплекса (12 — гнейсо-гранитоидный), 13 — серые и розовато-серые среднезернистые порфиридные граниты кировоградского комплекса, 14 — серые и розовато-серые граниты биотитовые, неравномерно-зернистые до порфиридных уманского комплекса, 15 — плагиограниты амфибол-биотитовые, иногда с гранатом, ортопироксеном гайсинского комплекса (13—15 — гранитоидный), 16 — динамометаморфически измененные гранитоиды — бластокатаклазиты гранитоидного и чарнокитоидного состава, по [Геологическая ..., 1990], 17 — милонитовые, ультрамилонитовые и бластомилонитовые швы, а также линейные зоны гнейсофикации, рассланцевания и дробления зон разломов (16, 17 — внутри- и приразломный), 18 — места отбора проб на изотопный анализ и данные о возрасте пород в млрд лет, по [Геохронология ..., 2005, 2008; Степанюк и др., 2010], (1 — гнейсы биотит-двупироксеновые ($2,6 \pm 0,15$), элизиты ($1,9 \pm 0,01$); 2 — белые полевошпатовые кварциты ($2,8 \pm 0,4$); 3 — плагиогранит серый среднезернистый (2,6), гранит аплит-пегматоидный ($2,4 \pm 0,07$); 4 — гранит биотитовый ($2,1 \pm 0,1$); 5 — эндербит ($2,8 \pm 0,03$); 6 — темно-серый кварцит (2,7 (по циркону), $2,1 \pm 0,004$ (по монациту)); 7 — хромиты и хромитсодержащие породы (3,0); 8 — гранит розовый крупнозернистый жильный ($2,0 \pm 0,08$); 9 — ультрамафит ($2,3 \pm 0,02$); 10 — чарнокит ($2,0 \pm 0,1$); 11 — чарнокит ($2,9 \pm 0,27$ (по циркону), $2,0 \pm 0,06$ (по монациту)), 19 — номера основных зон разломов (в больших кружках) и их зон скальвания (в малых кружках), а также предварительные данные о их возрасте (1 — Тальновская (1а — Заячковская, 1б — Коржовская, 1в — Синицовская, 1г — Грушковская, 1д — Сабатиновская), 2,3 млрд лет; 2 — Емиловская (2а — Краснопольская, 2б — Сухотошлыкская), $\leq 2,8$ млрд лет; 3 — Субботско-Мошоринская, 1,8—1,85 млрд лет; 4 — Первомайская (4а — Гнилотикичская, 4б — Синюхинобродская, 4в — Олышанская, 4г — Калмазовская, 4д — Константиновская, 2,45 млрд лет); 5 — Савранская, 2,45 млрд лет; 6 — Врадиевская; 7 — Молдавская; 8 — Долгопристаньская; 9 — Гвоздавская); 20—23 — кинематические знаки, крупные стрелки — этап заложения, мелкие — фазы активизации (20 — правый сдвиг, 21 — левый сдвиг, 22 — сбросо-сдвиг, 23 — направления длинных осей эллипсоидов максимальной деформации пород фундамента, вызванной их течением под действием сил сжатия и сдвига), 24 — направление падения зон скальвания у поверхности, 25 — контур области максимального развития гипербазитов капитановско-деренюхинского таксона, 26 — зоны максимальных градиентов поля силы тяжести. В скобках к условным 1—17 указаны наименования таксонов в соответствии с табл. 2.

ловской — не различаются по своей внутренней структуре и динамометаморфическому наполнению. Милониты и даже ультрамилониты, развитые совместно с бластомилонитами, гнейсоватостью и линейно-полосчатыми структурами, прослеживаются параллельно друг другу, не пересекаясь. Авторы тектонофациального анализа "разносят" процессы образования таких структур не только во времени, но и в пространстве (по глубине).

Однако с тектонофизической точки зрения в одной сдвиговой зоне, на одном этапе и на одной глубине могут формироваться все подоб-

ные тектониты в силу *неоднородности поля локальных напряжений и температур*, возникающих при сдвиге и скольжении. Неоднородность поля напряжений, появление локальных максимумов и минимумов связаны с неоднородностью среды, в которой формируется зона сдвига. Изменчива также скорость самого сдвига. Перекристаллизация требует больше времени, а разрушение — меньше. До того, как произойдет срыв (резкий скачок скорости сдвига), породы деформируются вязкопластически, при скачке они не успевают перекристаллизоваться и разрушаются хрупко.

Из всего изложенного, а также из результатов совместных полевых маршрутов в пределах ЦЧГШЗ с такими учеными, как В. С. Заика-Новацкий, С. В. Богданова, Б. М. Чиков, В. В. Шевчук, В. В. Гончар (к сожалению, не все материалы таких маршрутов опубликованы) следуют важные выводы, являющиеся базовыми при построении данной основы.

1. В зонах сжатия и сдвига, подобных ГШЗ, метаморфизм горных пород не может характеризоваться понятием "глубинный региональный", так как его интенсивность определяется в первую очередь РТ-условиями, возникающими при транспрессии. Поэтому структурный план ГШЗ, наблюдаемый сейчас на поверхности, сформировался на меньшей глубине, чем обычно предполагается.

2. Линейные структурно-текстурные особенности горных пород ГШЗ — слоистость, полосчатость, сланцеватость, кливаж, линзовидная форма минералов — связаны не с начальной историей их формирования, а являются результатом смены всех последующих фаз напряженно-деформированного состояния зоны и соответствующих перемещений горных масс.

3. Морфологические особенности геологических структур ГШЗ определяются не процессами формирования складчатости общего смятия, для которой характерно чередование сжатых антиклиналей и синклиналей с субгоризонтальными (ундулирующими) шарнирами, а сдвиговыми процессами в зоне, в результате которых возникают приразломные структуры поворота и складки волочения с крутопадающими и субвертикальными шарнирами.

Остановимся на обосновании этих выводов более подробно.

На поверхности в настоящее время вскрываются породные комплексы, пребывавшие, как известно, в архее и раннем протерозое на некоторой глубине. Для пород гранулитовой фации, развитых в ГШЗ, глубина, определяемая по минералам-термометрам, с нашей точки зрения, сильно завышена, так как не учитывается резкий разогрев пород (на несколько сотен градусов) и сжатие в зонах сдвига [Теркот, Шуберт, 1985], поэтому процессы вязкопластической деформации горных пород могли происходить и на небольших глубинах. Например, обобщение экспериментальных данных по деформированию пород консолидированной коры в различных РТ-условиях показывает [Гинтов, 2005,

с. 70], что в докембрии (граница архея и протерозоя) переход от квазипластической к пластической деформации при дополнительном сжатии (относительно литостатики) происходит на глубине около 10 км. Если же учесть температурный градиент для докембрийской континентальной коры [Шульдинер, 1982] $t^{\circ} = (50 + 20H)^{\circ}C$ (здесь H в км), то каждые 100° повышения температуры в зонах сдвига уменьшают глубину этого перехода на 2,5 км.

Вообще укоренившееся представление о жатоскладчатой структуре супраструктуральных пород УЩ и о глубоком (до 25—30 км) эрозионном срезе его гранулитового фундамента находится в серьезном внутреннем противоречии. Если представить, что изученные бурением структуры ГШЗ в раннем докембрии выходили на поверхность, то их вертикальная протяженность должна была бы составлять десятки километров при горизонтальной мощности сотни метров — первые километры. Причем их глубинные части, вскрываемые сейчас бурением, сохраняют вертикальность. Если же предположить, что эти структуры в раннем докембрии не выходили на поверхность и были не такими протяженными по вертикали, то почему нигде не встречены их нижние или верхние замковые части? То же можно сказать как об известных на территории ГШЗ железорудных объектах, так и о сопутствующих этим структурам тектоновулканических аппаратах [Ентин и др., 2015]. Это противоречие разрешается только при принятии трех приведенных выше исходных положений.

ГШЗ относится к типичным, по [Chardon et al., 2009], ультрагорячим орогенам (УГО), формирующимся в условиях транспрессии, т. е. повышенная температура, сдвиг и сжатие характерны для всей зоны. В составляющих ее локальных зонах сдвига и скольжения (вязких разломах, по [Лукієнко та ін., 2008]) температура должна быть еще выше.

Для УГО характерно развитие субвертикальной линейно-сланцеватой текстуры горных пород, связанное при сжатии с движением вещества (течением) вдоль зоны сдвига по латерали и вниз.

Именно такие линейно-плоскостные элементы — сплюснутые зерна кварца и полевого шпата, сланцеватую текстуру гранитоидов ("кварц-полевошпатовых гранулитов" [Петрографический ..., 1963]) и других пород ГШЗ мы наблюдаем повсеместно в зонах сдвига и скольжения шириной от десятков метров до нескольких километров. Типичным является сочетание

таких пород с мелкими складками ламинарного течения [Лукієнко та ін., 2008], полосами милонитов. При этом часто переход от линейно-плоскостной структуры к милониту происходит при усилении степени сплющивания минералов. Подробно подобные типы дислокационных структур Среднего Побужья описываются в работах [Гинтов, Исай, 1988; Лукієнко та ін., 2008].

В большинстве случаев, исходя из представлений о вулканогенно-осадочном происхождении супракrustальных комплексов и их последующем складкообразовании, авторы геологических карт помещают эти породы в вертикальные стратиграфические колонки и всю вертикально-полосчатую структуру изучаемого района представляют в виде сочетания сжатых антиклиналей и синклиналей. Однако мы не встречали в пределах ЦЧГШЗ случаев, когда результаты бурения подтверждали бы антиклинальный или синклинальный характер структур, хотя такие целенаправленные работы проводились неоднократно. Так, разбуривание замковой части Секретарской "синклинали", выполнявшееся под руководством М. Н. Доброхотова [Доброхотов и др., 1971], привело к выводу о субвертикальном падении ее предполагаемого шарнира. То же можно сказать и о шарнире Молдовской "синклинали" в ее северном замке. Тем более что тензор магнитной восприимчивости, связанный с ориентацией сдвиговой сланцеватости в магнетитсодержащих породах [Завойский, 1982], и в крыльях, и в шарнире Молдовской структуры везде субвертикальный [Ентин, 1987].

При детальном картировании ГШЗ геологи, не имея других критериев, выделяли синклинали и антиклинали по элементам залегания слоистости и полосчатости горных пород. Но углы падения пород, например в обнажениях бассейна р. Синюха, в большинстве случаев составляют 60—80°, и оказалось парадоксальным, что на картах этого района гранитоиды кировоградского комплекса слагают синклинальные структуры, а биотитовые гнейсы и мигматиты — антиклинальные.

Структурный план ЦЧГШЗ представляет собой сочетание овальных (протяженностью от сотен метров до 10—20 км) и линейных элементов. Первые обычно относятся к антиклиналям или синклиналям, вторые — к промежуточным структурам или разломам. Практически нигде не удавалось проследить "нормальный" переход от антиклиналей к синклиналям с налеганием пород вторых на породы первых.

Обычно отмечается, что "контакт субвертикальный или крутой тектонический", т. е. это зона развития катаклазитов, милонитов, сильной перемятости слоев. Некоторые геологи пришли к выводу, что ГШЗ — это "линзовидно-слоистый меланж" [Геохронология ..., 2008] с архейскими ядрами-антиклиналями и раннепротерозойскими облекающими синклиналями.

Однако меланжированная структура ГШЗ может рассматриваться и с других, не "антиклинально-синклинальных", позиций. Многочисленные овальные структуры, развитые здесь, по нашему мнению, являются гигантскими будинами, образованными при формировании зоны в условиях сильного сжатия и сдвига. Как объяснить округло-овальную форму в плане этих структур на геологических и геофизических картах?

Геологическое объяснение этого явления необходимо связывать с *PT*-условиями, в которых происходило формирование зоны, — условиями вязкопластической деформации. Блоки коры, разделенные густой сетью зон сдвига и скольжения, перемещаются и проворачиваются, "обвальцовываются", превращаясь в овалы.

Но часто переход от линейных зон сдвига и скольжения к примыкающим нелинейным структурам дугообразной или овалообразной формы, сложенных гранитоидами и гранито-гнейсами, незаметный и постепенный: характер линейно-плоскостной структуры сохраняется на значительном расстоянии (при исчезновении милонитов) от условного края зоны, а иногда прослеживается и в пределах всей овалообразной структуры конформно ее очертаниям или осевой линии. Это наталкивает некоторых геологов на мысль, что линейно-плоскостные элементы сформировались в породах еще при их горизонтальном залегании под влиянием литостатического давления и приняли участие в последующей складчатости. При этом не учитывается, что в *PT*-условиях докембрия литостатическое давление уже на небольших глубинах является гидростатическим и основную роль на всех глубинах играет эффективное напряжение, гидростатическая часть которого уменьшена на величину давления поровой жидкости. Как показывают непосредственные измерения напряжений в земной коре в интервале глубин 0—3 км [Кропоткин, 1973], на всех континентах главная ось тензора напряжений ближе к горизонтали, чем к вертикали.

Геофизические аномалии правильной дуговой или даже замкнуто-овальной формы могут быть объяснены несколькими причинами:

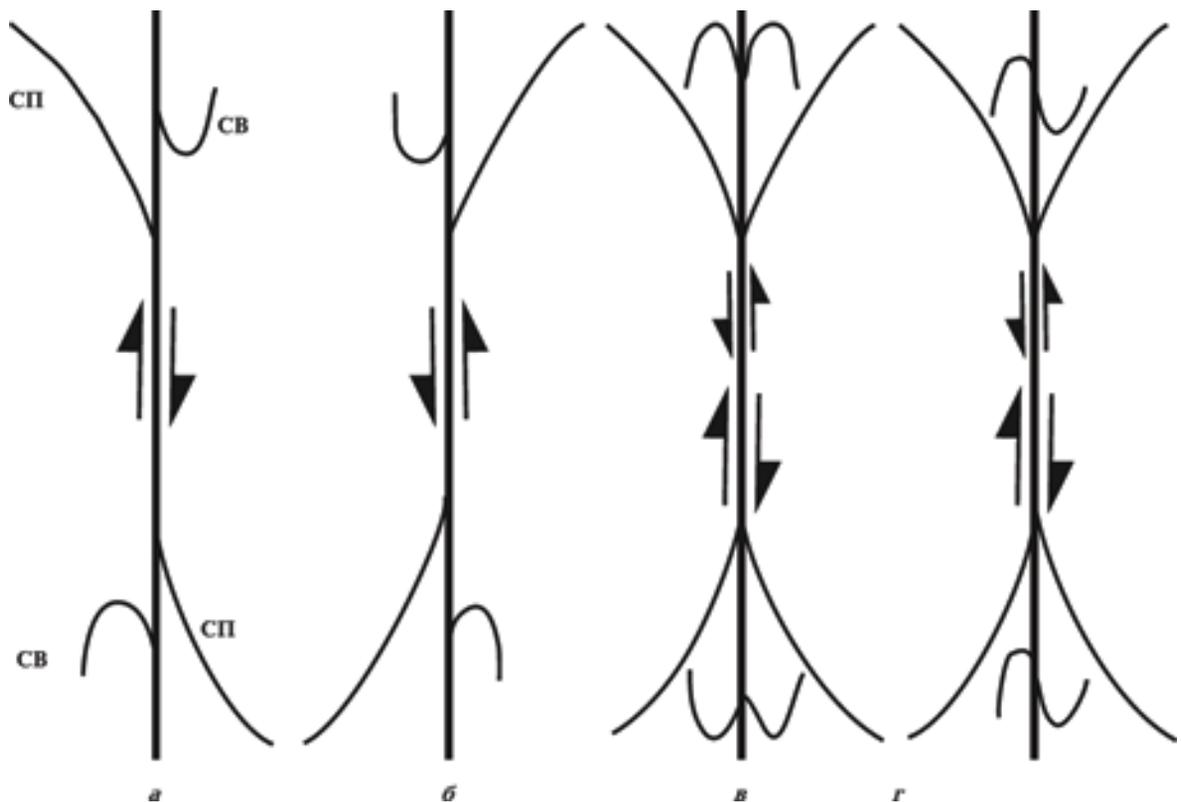


Рис. 2. Соотношение зон скальвания, структур подворота (СП) и складок волочения (СВ) в сдвиговых зонах разломов кристаллического фундамента по данным физического моделирования и полевым тектонофизическим наблюдениям: *а* — правый сдвиг, *б* — левый сдвиг, *в* — правый сдвиг при заложении зоны скальвания (большая стрелка), левый сдвиг при активизации (малая стрелка), *г* — овалоподобная структура, образуемая двумя активизированными сдвиговыми зонами, расположенными рядом.

- а) недостаточной детальностью геофизических карт (наземную магнитную съемку по сети 200×50 м нельзя считать съемкой масштаба $1 : 10\,000$). Магнитная съемка масштаба $1 : 2000$, выполненная на Молдовском месторождении, подчеркивает более сложную структуру северного замыкания, чем съемка по указанной выше сети;
- б) сглаживанием поля Z_a и Δg_a и соответствующих изодинам и изоаномал на картах участков относительно глубокого залегания кристаллического фундамента (до 100 м, а иногда и более, на водоразделах).

Особенно важно тектонофизическое объяснение этого явления. В работах [Гинтов и др., 1984, 1985; Гинтов, Исая, 1988] на материалах изучения ГШЗ и их сопоставления с данными физического моделирования сдвиговых зон [Борняков, 1980; Шерман и др., 1983 и др.] было показано, что дугообразные тела горных пород, примыкающие к разломам, а также внутри- и приразломная полосчатость мигматитов и гнейсов

являются структурами подворота и складками волочения, образующимися при сдвиге. При правом сдвиге структуры подворота имеют Z-, а при левом — S-образную форму (рис. 2, *а*, *б*).

Сдвиги, как правило, испытывают фазу заложения и фазу (иногда несколько) активизации. При этом происходит инверсия поля тектонических напряжений и обратное смещение (реверс) крыльев сдвига. В таком случае иногда наблюдается X-образная структура подворотов (рис. 2, *в*). Реальным примером может служить подобная структура магнитного поля в районе зоны скальвания, пересекающей р. Синицу между сс. Каменный Брод и Шамраевка по азимуту 345° (рис. 3). Если X-образные структуры подворотов образованы на сдвигах, расположенных недалеко друг от друга, возникает структура типа овала, показанная на рис. 2, *г*.

Таким образом, мы рассматриваем три основных генетических типа изометрично-овальных структур ГШЗ — *подворотный*, *блоковый* и *блоково-подворотный*.



Первый тип таких структур показан выше на рис. 2, а—г. К нему относятся также известные Молдовская (на рис. 1 это структура с координатами $48^{\circ} 14'$ с. ш., $30^{\circ} 27'$ в. д.) и Секретарская ($48^{\circ} 04'$ с. ш., $30^{\circ} 34'$ в. д.) железорудные аномалии. К блоковому типу могут быть отнесены участки кристаллического фундамента, помещающиеся между пересекающимися тремя и более зонами сдвига, например структура в районе с. Таужное ($48^{\circ} 15'$ с. ш., $30^{\circ} 06'$ в. д.). Блоково-подворотными являются известные Троянская ($48^{\circ} 25'$ с. ш., $30^{\circ} 38'$ в. д.) и Тарасовская ($48^{\circ} 32'$ с. ш., $30^{\circ} 37'$ в. д.) структуры — массивы ультра- и метабазитов, кальцифиоров и двупироксеновых кристаллосланцев, пересекаемые и проворачиваемые зонами сдвига [Крутиховская и др., 1977; Ентин, 2012]. Этот тип структур показан на примере карт Z_a и $\delta\Delta g_a$ Троянского массива (рис. 4).

Выделение и последующее уточнение механизма образования таких изометрично-овальных блоково-подворотных структур имеет особое значение, так как при проворотах блоков и массивов в результате сдвиговых процессов возникают участки как повышенных, так и пониженных ("теневые зоны") тектонических напряжений. В последних наиболее активно протекают флюидно-гидротермальные процессы.

Рис. 3. Фрагмент карты изодинам Z_a участка нижнего течения р. Синица между пгт Ульяновка, сс. Шамраевка, Каменный Брод и Сабатиновка: 1 — изодинамы Z_a , 2 — зоны скалывания.



Рис. 4. Фрагменты карты изодинам Z_a (а) и $\delta\Delta g$ (б) участка Троянского массива: 1 — изодинамы Z_a и $\delta\Delta g$, 2 — зоны скалывания, 3 — левый сдвиг.

Физические свойства и геолого-петрофизические таксоны пород ЦЧГШЗ. Основным геофизическим материалом, используемым в настоящей статье для построения СПТО ЦЧГШЗ, служат карты аномального магнитного и гравитационного полей масштаба 1 : 50 000 и, соответственно, результаты изучения магнитных свойств и плотности горных пород ГШЗ (табл. 1).

Как видим, плотность, магнитная восприимчивость и остаточная намагниченность пород района изменяются в довольно широких пределах и наиболее вероятные значения этих па-

раметров могут быть использованы только в качестве дополнительной информации при сравнительном анализе геофизических и геологических карт. По высокой интенсивности магнитных и гравитационных аномалий уверенно выделяются в основном железистые кварциты и карбонат-магнетитовые породы. Если учитывать минеральный состав вмещающих пород, то по магнитным свойствам и плотности можно также достаточно уверенно выделять пироксеновые и двупироксеновые кристаллосланцы. Высокоплотными, но слабомагнитными, яв-

Т а б л и ц а 1. Магнитная восприимчивость (χ), остаточная намагниченность (I_r) и плотность (σ) горных пород

Наименование пород	$\chi, 4\pi \cdot 10^{-3}$ ед. Си		$I_r, 10^{-3}$ А/м		$\sigma, \text{г/см}^3$		
	пределы	наиб. вер.	пределы	наиб. вер.	пределы	средн ¹	средн ²
Граниты аплит-пегматоидные	0,00—10,00	0,00—0,20	0,00—5,00	0,00—0,20	2,51—2,70	2,61	—
Граниты и мигматиты розово-серые	0,00—1,00	0,00—0,20	0,00—5,00	0,00—0,20	2,56—2,80	2,62	2,65
Эндербиты, чарнокиты	0,00—10,00	0,10—0,30	0,00—5,00	0,10—0,30	2,56—2,90	2,71	2,74
Кварциты	0,00 > 1000	0,00—0,20	0,00 — > 10,00	0,00—0,20	2,26—3,60	2,65	—
Кальцифиры	0,00 — > 10,00	0,10—0,30	0,00—5,00	0,10—0,30	2,36—3,10	2,70	—
Гнейсы графитовые	0,00—0,20	0,00	0,00—0,20	0,00	2,20—2,90	2,44	—
Гнейсы биотитовые, гранат-биотитовые	0,00—5,00	0,10—0,30	0,00—2,00	0,10—0,30	2,46—3,10	2,69	2,73
Гнейсы кордиерит- силлиманитовые	0,00—10,00	0,00—0,20	0,00—5,00	0,10—0,30	2,46—3,05	2,70	—
Гнейсы амфибол- плаггиоклазовые	0,00 — > 10,00	0,30—0,80	0,00—10,00	1,00—2,00	2,46—3,25	2,77	2,80
Гнейсы пироксен- плаггиоклазовые	0,00 — > 10,00	1,00—2,00	0,00—10,00	1,00—2,00	2,51—3,25	2,90	—
Железистые кварциты, карбонат- магнетитовые породы и скарны	0,00 — > 10,00	3,50—7,50	0,00 — > 10,00	5,00 — > 10,00	2,36—3,85	3,17	—
Амфиболиты, габбро-амфиболиты	0,00 — > 10,00	1,00—1,50	0,00—2,00	0,40—0,50	2,66—3,70	3,04	—
Габбро, габбро-нориты, нориты	0,00 — > 10,00	0,60—1,00	0,00 — > 10,00	1,00—2,00	2,60—3,30	3,06	3,02
Пироксениты	0,00 — > 10,00	1,50—3,50	0,00 — > 10,00	1,50—3,50	2,50—3,40	3,03	—
Серпентиниты	0,00 — > 10,00	7,50	0,00—2,00	0,30—0,80	2,16—3,15	2,54	—

Примечание: средн¹ — среднее значение плотности по данным ГП “Украинская геологическая компания” [Ентин, 1987], средн² — среднее значение плотности по данным отдела физ. свойств ИГФ НАНУ [Лебедев и др., 1986].

ляются габбро-амфиболиты и амфиболиты. Серпентиниты обладают контрастными свойствами: высокая магнитная восприимчивость и низкая плотность. Но из-за небольших размеров тел их достаточно трудно распознавать однозначно.

Большинство гнейсов и гранитоидов слабомагнитны. Гнейсы несколько плотнее гранитоидов, но обычно слагают узкие полосы, поэтому без геологических данных их выделить трудно.

Граниты (уманские, гайсинские, кировоградские) недостаточно контрастно разделяются в геофизических полях, но благодаря тому, что они обычно занимают большие площади и хорошо обнажены, их картирование не вызывает больших затруднений.

Учитывая хорошую обнаженность и разбуренность ГШЗ, основным методом составления петрофизической части структурно-петрофизической карты является сравнительный анализ детальных геофизических и геологических карт. Важную роль в этом анализе играет не только интенсивность аномалий, но также их форма, размеры, характер их план-рисунка и др. Такой анализ позволил авторам составить набор таксонов ЦЧГШЗ, приведенных в табл. 2. Геологическое содержание таксонов (перечень содержащихся в них горных пород) шире, чем в таблице физических свойств, так как типы горных пород, показанных на геологических картах, устанавливались на основании петрографического анализа.

Для обозначения вещественного состава горных пород на СПТО даны условные знаки, использовавшиеся при составлении Геологической карты кристаллического основания масштаба 1 : 200 000 листа М-36-XXXI (Первомайск) [Геологическая ..., 1990]. Кроме того, в легенде даны буквенные обозначения вещественного состава горных пород, принятые на геологических картах района масштаба 1 : 50 000 (поскольку на Геологической карте кристаллического основания масштаба 1 : 200 000 буквенные обозначения не использовались).

Основная трудность при выделении геолого-петрофизических таксонов состояла в том, что ранее геологи все полосчатые и линеализированные гранитоиды называли "мигматитами". В таких случаях приходилось отступать от легенд геологических карт и придавать содержанию таксонов динамометаморфический смысл.

Кинематическая нагрузка СПТО ЦЧГШЗ.

Структурные особенности ГШЗ, основные зоны разломов и их кинематика были установлены еще в конце прошлого — начале нынешнего века. Собственно на примере ГШЗ и отра-

батывалась методика полевых тектонофизических исследований [Гинтов, Исай, 1988; Гинтов, 2005]. Поэтому базовые методические вопросы здесь не рассматриваются. Но при составлении Структурно-петрофизической и тектонофизической основы, приведенной в настоящей статье, учтены некоторые новые данные, которые ранее не принимались во внимание:

а) детализирована сеть разломов, которые рассматриваются как зоны сдвига и скольжения. В первую очередь это относится к широтной системе сдвигов субботско-мошоринского этапа деформации, который впервые выделен в работе [Алехин, Гинтов, 2004] как правосдвиговый. Была зафиксирована и левосдвиговая фаза активизации этого этапа [Гинтов, 2005], которая ярко проявлена и в ЦЧГШЗ;

б) учтена установленная относительно недавно общая закономерность инверсии полей тектонических напряжений и реверсных перемещений, разделяемых зонами сдвига блоков во всех регионах (на карте две стрелки на зонах сдвига — начальное направление сдвига и последующее);

в) внесены изменения в индексацию возраста зон сдвига в соответствии с работами [Гинтов, 2014; Мычак, 2015]. Большинство зон сдвига были "омоложены" до раннепротерозойских. Предполагаемый возраст зон приведен в условных обозначениях к СТПО. Он будет уточнен после выполнения предусмотренного в Программе "Минерально-сырьевая база Украины как основа безопасности государства" широкомасштабного геохронологического изучения докембрийских комплексов Побужского горно-рудного района;

г) показаны направления длинных осей эллипсоидов максимальной деформации пород фундамента, вызванной их течением под действием сил сжатия и сдвига. Представление о деформации течения горных пород, высказывавшееся ранее [Паталаха и др., 1995], нашло подтверждение и в ГШЗ: теоретически при субгоризонтальном сдвиге структуры подворота должны ориентироваться под углом, не более 45° к оси сдвига, однако часто можно наблюдать более крутые дуги подворота даже в случае, когда отсутствуют соседние зоны сдвига, которые могли бы влиять на форму подворотной дуги;

д) показаны зоны градиентов гравитационного поля, требующие еще дополнительного анализа: это контакты либо блоков с различным эрозионным срезом, либо блоков с различной суммарной основностью, не связанной с эро-

Т а б л и ц а 2. Геолого-петрофизические таксоны ЦЧГШЗ

Ультамафито-мафитовые и железорудные
Молдовский
<p>Кварциты железистые; кальцифиры безрудные; кальцифиры рудные с магнетитом; гнейсы гранат-биотитовые и биотитовые с силлиманитом и кордиеритом; кристаллосланцы двупироксен-плагиоклазовые, переходящие в амфиболиты; гнейсы пироксеновые, графитовые; скарны безрудные; кварциты безрудные; линзы серпентинизированных пироксенитов</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Кварциты железистые; кальцифиры безрудные и рудные с магнетитом ($\sigma = 3,40 \text{ г/см}^3$; $\chi = 70 \times 4\pi 10^{-3} \text{ ед. СИ}$); гнейсы гранат-биотитовые повышенной плотности ($\sigma = 3,00 \text{ г/см}^3$)</p> <p>Доминантными признаками в геофизических полях являются области магнитных аномалий амплитудой свыше 5—10 тыс. нТл линейной, овалоподобной и субизометричной формы, совпадающие в общих контурах с полем максимумов Δg_a высокой амплитуды</p>
Капитановско-Деренюхинский
<p>Серпентиниты, пироксениты и перидотиты хромитоносные, габбро и габбро-амфиболиты, кальцифиры, гнейсы силлиманит-кордиерит-гранат-биотитовые окварцованные</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Серпентиниты, габбро и габбро-амфиболиты, перидотиты (пироксениты), кальцифиры</p> <p>Доминантным признаком этого комплекса в геофизических полях большой детальности является локальное относительное снижение напряженности магнитного поля с одновременным увеличением напряженности поля Δg_a</p>
Тарноватский
<p>Серпентиниты никеленосные, пироксениты, габбро и габбро-амфиболиты, гнейсы биотитовые с гранатом, графитом и силлиманитом</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Серпентиниты, габбро, габбро-амфиболиты</p> <p>Доминантные признаки этого комплекса в геофизических полях определяются наличием преобладающего в нем содержания серпентинитов повышенной намагниченности ($\chi = (2—5) \times 4\pi 10^{-3} \text{ ед. СИ}$) и пониженной плотности ($\sigma = 2,54 \div 2,60 \text{ г/см}^3$), что обуславливает появление локальных минимумов поля силы тяжести, чаще небольших овалоподобных форм, амплитудой около 1 мГал, совпадающих с максимумами магнитного поля амплитудой 1—2 тыс. нТл. Метагабброиды слабомагнитные ($\chi = (0,4—0,5) \cdot 4\pi 10^{-3} \text{ ед. СИ}$) либо немагнитные, но обладают высокой плотностью ($\sigma = 3,04 \text{ г/см}^3$)</p>
Кумаровский
<p>Габброиды, иногда амфиболитизированные, серпентиниты апопироксенитовые и апоперидотитовые, гнейсы биотитовые, графит-биотитовые, силлиманитовые, гнейсо-граниты биотитовые двуполевошпатовые розовые</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Габброиды, иногда амфиболитизированные, серпентиниты, гнейсо-граниты биотитовые двуполевошпатовые розовые</p> <p>Доминантные признаки этого комплекса в геофизических полях определяются наличием в нем преобладающего содержания габбро и габбро-норитов ($\sigma = 3,0 \div 3,1 \text{ г/см}^3$; $\chi = (1—2) \cdot 4\pi 10^{-3} \text{ ед. СИ}$), создающих аномалии $\delta \Delta g$ интенсивностью 4—6 мГал, и серпентинитов повышенной намагниченности ($\chi = (2—5) \cdot 4\pi 10^{-3} \text{ ед. СИ}$), проявляющихся аномалиями Z_a интенсивностью до 2000 нТл. Отличие от Тарноватского таксона — большое количество розовых гнейсо-гранитов</p>
Троянский
<p>Метагабброиды, кристаллосланцы гранат-ортопироксеновые, кальцифиры, линзы пироксенитов и дунит-перидотитов</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Метагабброиды, кристаллосланцы гранат-ортопироксеновые ($\sigma = 3,0 \div 3,1 \text{ г/см}^3$; $\chi = (1—2) \times 4\pi 10^{-3} \text{ ед. СИ}$)</p> <p>Доминантным признаком в геофизических полях является наличие планово совпадающих высокоградиентных интенсивных максимумов магнитного и гравитационного полей нарушенной овалоподобной формы</p>

<u>Кристаллосланцевые</u>
<p>Кристаллосланцы и плагиогнейсы ортопироксеновые, биотит-ортопироксеновые, роговообманково-ортопироксеновые, магнетит-двупироксеновые, гранат-ортопироксеновые</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Кристаллосланцы магнетит-двупироксеновые и плагиогнейсы ортопироксеновые, амфибол-ортопироксеновые ($\sigma = 2,9 \text{ г/см}^3$; $\chi = (1-2) \cdot 4\pi \cdot 10^{-3}$ ед. СИ)</p> <p>Доминантным признаком в геофизических полях является наличие линейных максимумов магнитного поля протяженностью в сотни метров и более амплитудой обычно до 1—2 тыс. нТл при отсутствии сопутствующих им из-за небольшой мощности и других геологических факторов локальных максимумов силы тяжести</p>
<u>Гнейсовые</u>
<p>Гнейсы роговообманково-биотитовые, пироксен-биотитовые, биотит-кордиерит-графит-силлиманитовые</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Гнейсы роговообманково-биотитовые ($\sigma = 2,60 \div 2,80 \text{ г/см}^3$; $\chi = (0-0,2) \cdot 4\pi \cdot 10^{-3}$ ед. СИ)</p> <p>С учетом прямых геологических данных выделяются по результатам детальной, как правило, лишь профильной гравиразведки в виде вытянутых положительных аномалий $\delta\Delta g$ интенсивностью 0,5—1,5 мГал</p>
<p>Гнейсы биотитовые, гранат-биотитовые, биотит-кордиерит-графит-силлиманитовые</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Гнейсы биотитовые</p> <p>В магнитном и гравитационном полях не выделяются. Основной критерий — геологический</p>
<u>Кошаро-Александровский</u>
<p>Кварциты полевошпатовые, гнейсы кордиерит-силлиманитовые и биотитовые, часто графитизированные, гнейсы пироксеновые, амфиболиты</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Кварциты полевошпатовые и глиноземистые гнейсы</p> <p>Оба типа пород характеризуются пониженной плотностью и магнитной восприимчивостью ($\sigma = 2,65$ и $2,70 \text{ г/см}^3$ соответственно; $\chi = (0-0,2) \cdot 4\pi \cdot 10^{-3}$ ед. СИ), поэтому в магнитном и гравитационном полях не выделяются. Их простираение прослеживается по редким пачкам пироксеновых гнейсов и амфиболитов</p>
<u>Хощевато-Завальевский</u>
<p>Плагиогнейсы биотит-графитовые, графит-биотитовые, кальцифиры, скарны, изредка кварциты полевошпатовые</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Плагиогнейсы биотит-графитовые, кальцифиры</p> <p>Обычно им соответствуют мощные коры выветривания («карманы»), поэтому могут выделяться по линейным минимумам $\delta\Delta g$ в комплексе с данными электроразведки (высокая электропроводимость графитсодержащих пород)</p>
<u>Черноташлыкский</u>
<p><i>Располагается среди гранитоидов кировоградского типа</i></p> <p>Гнейсы биотитовые, гранат-биотитовые, иногда роговообманково-биотитовые</p> <p>В магнитном поле не выделяются. В поле $\delta\Delta g$ им соответствуют положительные аномалии интенсивностью 0,5—2,0 мГал</p> <p>Гнейсы и кристаллосланцы пироксеновые</p> <p>На фоне гнейсов биотитовых выделяются в виде вытянутых положительных магнитных аномалий интенсивностью не более 500 нТл</p>

<u>Гнейсо-гранитоидные</u>
Синицовский
<p>Полосчатые розовые и серовато-розовые гнейсо-граниты, как правило динамометаморфически измененные, гнейсы биотитовые, реже роговообманково-биотитовые и силлиманит-биотитовые, очень редко небольшие тела амфиболитов и полевошпатовых кварцитов. Перемежаются с редкими телами биотитовых мигматитов</p> <p style="text-align: center;"><i>Основной вещественный комплекс</i></p> <p>Розовые и серовато-розовые динамометаморфически измененные гранитоиды и гнейсы биотитовые</p> <p>По физическим свойствам разделяются нечетко: обе разновидности могут быть магнитными (> 1000 нТл), слабомагнитными или немагнитными. Но детальные магнитные карты позволяют проследить структурные особенности таксона</p> <p>Особый отличительный признак таксона — его расположение в пределах гравитационных минимумов $\delta\Delta g$ от -1 до -3 мГал</p>
<u>Гранитоидные</u>
Чарнокит-эндербитовый меланократовый
Эндербиты, чарнокиты с крупными включениями кристаллосланцев двупироксен-плаггиоклазовых и розовых гранитов ($\sigma = 2,71 \div 2,74$ г/см ³ , $\chi = 4\pi \cdot 10^{-3}$ ед. СИ, $I_T = 0,1 \div 0,3$ единиц $\cdot 10^{-3}$ А/м)
Чарнокит-эндербитовый лейкократовый
Эндербиты, чарнокиты с мелкими включениями кристаллосланцев двупироксен-плаггиоклазовых и розовых гранитов ($\sigma = 2,71 \div 2,74$ г/см ³ , $\chi = (0,1-0,3) \cdot 4\pi \times 10^{-3}$ ед. СИ, $I_T = 0,1 \div 0,3$ единиц $\cdot 10^{-3}$ А/м)
Граниты побужского (чудново-бердичевского) типа
Розовые и серовато-розовые полосчатые гранат-биотитовые, гнейсо-граниты, редко — массивные разновидности ($\sigma = 2,61$ г/см ³ , $\chi = (0,0-0,2) \times 4\pi \cdot 10^{-3}$ ед. СИ, $I_T = 0,0-0,2$ единиц $\cdot 10^{-3}$ А/м)
Граниты кировоградского типа
Серые и розовато-серые среднезернистые порфиоровидные граниты с ксенолитами и шлирами гнейсов биотитовых
Кировоградский таксон — кировоградские граниты ($\sigma = 2,62$ г/см ³ , $\chi = (0-0,1) \cdot 4\pi \cdot 10^{-3}$ ед. СИ) выделяется в виде крупных площадей отрицательного поля Z_a интенсивностью от -400 до -500 нТл и отрицательных значений $\delta\Delta g$ от -1 до -3 мГал
Граниты уманского типа
Серые среднезернистые, иногда порфиоровидные биотитовые граниты с ксенолитами гнейсов биотитовых и амфибол-биотитовых
Граниты гайсинского типа
Плаггиограниты амфибол-биотитовые, иногда с гранатом и ортопироксеном
<u>Внутри- и приразломные</u>
Динамометаморфически измененные гранитоиды —
линеализированный кварц, полевой шпат, слюды («лейкогранулиты»)
Участки линейных аномалий или зон высоких значений градиентов магнитного и гравитационного полей шириной от сотен метров до нескольких километров, примыкающие к милонитовым, ультрамилонитовым и бластомилонитовым швам
Милонитовые, ультрамилонитовые и бластомилонитовые швы (высокотемпературные), линейные зоны гнейсификации, рассланцевания и дробления (низкотемпературные)
Выделяются по узким, в основном прямолинейным, аномалиям пониженного магнитного и гравитационного поля либо зонам повышенных градиентов, секущим или разделяющим аномалии или группы аномалий этих полей, либо прямолинейно ограничивающим такие участки
Обозначаются жирными черными или красными линиями, узкими зонами развития биотитовых гнейсов

зионным срезом. Под суммарной основностью понимается степень насыщенности блока телами (линзами, шширами, останцами) более плотных пород по сравнению с плотностью матрицы. Если будет показано, что эрозионный срез соседних блоков с различной суммарной основностью отличается мало, то можно будет говорить о решающей роли интрузивного магматизма в формировании ЦЧГШЗ.

Принципы использования СПТО. СПТО составлена до начала будущих полевых геологических (уточнение номенклатуры и генезиса пород, определение их изотопного возраста) и геофизических работ (уточнение кинематических характеристик сдвиговых зон, количественная интерпретация магнитных и гравитационных аномалий, для чего необходимо выполнение тектонофизических и геофизических маршрутов — обязательно совместно с геологами). Она должна быть рабочим документом при выполнении полевых исследований.

Одно из основных отличий представленной карты от предыдущих состоит в том, что на ней показаны практически все геологические тела, отображаемые на крупномасштабных геофизических (магнитных и гравитационных) картах. Поэтому СПТО не является прямым прообразом будущей геологической карты кристаллического фундамента ЦЧГШЗ, так как геологические (структурно-петрографические) карты фундамента м-ба 1 : 50 000 содержат гораздо больше детальной информации о его расчленении на петрографические разности кристаллических горных пород и их соотношении между собой. Однако необходимо иметь в виду, что в исследуемом районе одна скважина часто вскрывает несколько разновидностей горных пород, которые на картах изображаются в виде рядом расположенных тел и полос условной длины и ширины. Геофизические же аномалии имеют четко определенные параметры, поэтому вызывающие их горные породы также образуют тела известной длины, ширины и простирания. К тому же главные геологические комплексы, вскрытые скважинами и встреченные в обнажениях при геологической съемке, на СПТО показаны. При этом строение многих ультрамафит-мафитовых и железорудных комплексов отображено более точно, чем на картах м-ба 1 : 50 000, так как учтены результаты более поздних поисковых работ.

И все же имеется целый ряд моментов, без которых новая геологическая карта будет мало отличаться от старой, построенной на основе геологической съемки м-ба 1 : 50 000. На неко-

торые такие моменты было указано выше. К ним добавим следующие.

Поскольку любая геологическая съемка преследует цель прогнозирования и даже поисков рудопроявлений и месторождений полезных ископаемых, распределение буровых скважин на площади съемки оказывается очень неравномерным. Отдельные таксоны, такие как Молдовский, Капитановско-Деренюхинский, Тарноватский, разбурены десятками скважин (иногда глубоких), вскрыты карьерами, поэтому детальность их строения нетрудно уже сейчас отобразить на геологической карте ГШЗ. Вопрос возникает только в изображении их структурной позиции: синклинали это, силлы или складки волочения с субвертикальными шарнирами?

Здесь помогает тектонофизическая нагрузка СПТО. Ранее [Гинтов и др., 1985; Ентин, 1987] уже было показано, что многие структуры района, содержащие железные руды (позволяющие особенно эффективно выполнять детальное картирование) — Молдовская, Секретарская, Новоселицкая и другие — представляют собой присдвиговые складки волочения. Сейчас можно утверждать, что многие внутри- и приразломные овалоподобные структуры, сложенные базитами и основными кристаллосланцами (Тарасовская, Троянская, Сухоташлыкская, Демовьярская), являются палеоинтрузивами, "обкатанными" и развернутыми при сдвиговых процессах. То же можно сказать и о чарнокит-эндербитовых массивах, расположенных внутри Тальновской зоны разломов в районе с. Клиновое, южнее с. Синьки, к северу от пгт Ульяновка. Это отторженцы от основного тела ЦЧГШЗ, перемещенные, развернутые и "обкатанные" в зоне разломов.

Анализ карт ЦЧГШЗ м-ба 1 : 50 000 показывает, что там, где фундамент хорошо обнажен по рр. Южный Буг, Синюха, Ятрань, Синица и их притокам, его расчленение также оказывается достаточно детальным. Например, при съемке отрезка р. Синюха, между с. Синюхин Брод и г. Первомайск, на участке шириной около 3 км закартировано переслаивание десятка различных разновидностей гранитоидов и гнейсов, и здесь может стоять вопрос в основном об осовременивании номенклатуры пород. Но как только съемка выходит за пределы обнаженной части и где очень мало картировочных скважин (например, к западу от р. Синюха), площади развития гранитоидов и гнейсов расширяются до неправдоподобных размеров.

Приведенное выше наблюдение показывает, что вопрос заключается не просто в отсутствии

обнажений и скважин, но и в неоднозначности интерпретации понятий гранит, мигматит, гранит гнейсовидный катаклазированный и т. д. Именно такие обозначения приведены на геологических картах ЦЧГШЗ м-ба 1 : 50 000.

Петрографический фон ЦЧГШЗ, на котором выделяются главные рудные таксоны, составляет чарнокит-эндербитовый комплекс плотностью $\sigma = 2,71 \div 2,74 \text{ г/см}^3$, магнитной восприимчивостью $\chi (4\pi \cdot 10^{-3} \text{ ед. СИ})$ и остаточным намагничиванием $I_r (10^{-3} \text{ А/м}) 0,1—0,3$ единиц (см. табл. 1). Он занимает всю основную площадь ЦЧГШЗ.

Как показывают наблюдения, на тех участках, где чарнокит-эндербиты пересекаются зонами сдвига и скольжения (северо-западными Емиловской и Врэдиевской, северо-северо-западными зонами скальвания Первомайской зоны разломов, системой широтных разломов (на рис. 1 между $48^\circ 30'$ и $48^\circ 40'$ с. ш. — западное продолжение Субботско-Мошоринской зоны разломов)) и многими другими, происходят динамометаморфические изменения пород — динамометаморфическая полосчатость, катаклиз, blastsмилонитизация. Они сопровождаются биотитизацией и калишпатизацией, порода приобретает розовый цвет. Повышенные температуры в зонах сдвига могут вызывать формирование зон плавления — образование аплитовых и пегматитовых жил.

Все подобные породы на картах м-ба 1 : 50 000 отнесены к комплексам аплит-пегматоидных гранитов, грубополосчатых биотитовых мигматитов, гранитов гнейсовидных катаклазированных. Они всегда начинаются там (на картах), где заканчиваются чарнокиты и эндербиты. Однако такие породы не могут занимать крупные изометричные участки. Они вытягиваются вдоль зон сдвига относительно узкими полосами шириной до 2—3 км и выделяются отрицательными магнитными аномалиями и пониженной напряженностью аномального гравитационного поля (σ гранитов $2,61 \text{ г/см}^3$, гнейсов биотитовых $2,69—2,73 \text{ г/см}^3$). Из-за того, что в пределах ЦЧГШЗ развита достаточно густая сеть субпараллельно расположенных зон сдвига и скольжения, может создаваться впечатление, что эти гранитоиды и биотитовые гнейсы образуют крупные массивы. Во время геологосъемочных работ м-ба 1 : 50 000 зонам сдвига не уделялось достаточно внимания. На картах показывались только зоны развития милонитов там, где они были установлены в обнажениях или скважинах. Все остальное место занимали перечисленные выше комплексы гранитов и гнейсов.

Возраст зон сдвига и скольжения. Возраст зон сдвига и скольжения определялся в соответствии с методикой тектонофизических исследований [Гинтов, 2005] по их взаимоотношению между собой (относительный возраст), а также по возрасту породных комплексов, которые они деформируют. Поскольку новых данных о возрасте пород ЦЧГШЗ нет (последние данные приведены в работах [Геохронология ..., 2008; Степанюк и др., 2010]), в статье использована схема периодизации процессов разломобразования [Гинтов, 2014] с уточнениями [Мычак, 2015]. В соответствии с этими данными наиболее древними неоархейскими (не более 2,8 млрд лет) являются емиловский и долгопристаньский этапы, далее идут первомайский (2,45), тальновский (2,30), немировский (1,99) и субботско-мошоринский (1,8—1,73 млрд лет) этапы раннего протерозоя. Возраст зон сдвига и скольжения, относящихся к этим этапам, указан на карте.

Неоархейский возраст емиловского и долгопристаньского этапов основывается на двух определениях изотопного возраста эндербитов Луполовского и чарнокит-эндербитов Первомайского массивов (2838 ± 30 и 2780 млн лет соответственно [Геохронология ..., 2005]), а также кварцитов Кошаро-Александровки, нижняя граница возраста которых [Степанюк и др., 2010] около 2,7 млрд лет. Однако далеко не весь чарнокит-эндербитовый комплекс ЦЧГШЗ может быть неоархейским. Поэтому более точное представление о возрасте становления и деформирования можно будет составить только после изучения чарнокит-эндербитов рр. Ятрань (у сс. Островец, Лащевка), Южный Буг (у сс. Долгая Пристань, Токаревка), Синюха (у сс. Станиславчик, Болеславчик), внутри- и приразломных гнейсогранитов рр. Ятрань (у сс. Коржовое, Орлово), Саница (пгт Ульяновка, сс. Каменный Брод, Сабатиновка), базитов и metabазитов р. Южный Буг (сс. Тарновата, Чаусово) и т. д.

Из-за малого количества изотопных определений было решено пока воздержаться от изображения на СПТО возраста горных пород. Достоверно известно [Геохронология ..., 2005, 2008; Степанюк, 1999; Степанюк и др., 2010], что возраст пород ЦЧГШЗ охватывает период от неоархея до палеопротерозоя-II ($PR_1-II \leq 2$ млрд лет). Но детальных данных о том, где развиты породные комплексы того или иного возраста, нет (на карту вынесены известные к настоящему моменту точки отбора проб циркона и монацита для определения изотопного возраста пород ЦЧГШЗ уран-свинцовым методом и данные о возрасте в млрд лет).

Учитывая сходство эндебито-гнейсов некоторых участков ГШЗ с породами гайворонского комплекса, при более детальном изучении может оказаться, что в изучаемом регионе развиты породы и ката-, и мезоархей. Кроме того, активизационные процессы в районе могут быть и достаточно молодыми (вплоть до фанерозойских). После проведения детальных геохронологических исследований на основе современных методик вопрос о возрасте и горных пород, и зон разломов ЦЧГШЗ будет, как нам представляется, решен более определенно.

Заключение и выводы. Поскольку главной целью создания СПТО для Голованевской шовной зоны является изучение закономерностей распространения полезных ископаемых, важно определиться с задачами, еще не решенными или не до конца решенными ранее выполненными геологосъемочными и поисковыми работами.

Представляется, что СПТО и все последующие результаты научных исследований в будущем станут составной частью геологического доизучения площадей (ГДП-50) и геолого-прогнозного картирования (ГПК-50), поэтому работы должны быть нацелены, прежде всего, на *локальный прогноз*. Сюда относится определение направления и трассирование: а) перспективных рудоносных зон, б) зон интенсивного диафореза, в) зон наложенной графитизации, г) зон скарнирования с более поздними калишпатизацией и окварцеванием, д) зон относительно поздних и низкотемпературных изменений (эпидотизации, мусковитизации, турмалинизации, окварцевания, карбонатизации), е) зон линейных кор выветривания. Для трассирования можно дополнительно задействовать атмогеохимические методы (ртуть, радон).

Крайне важно протрассировать такие зоны в пространстве и оценить вероятность обнаружения находящихся рядом участков с проявлением аналогичных процессов большей интенсивности. Это — важная часть локального прогноза.

Кроме того, геологов, занимающихся изучением ГШЗ и перспективами ее рудоносности, интересует:

- возраст заложения тектонических зон и примерное количество подновлений, ибо масштаб рудопроявления часто зависит от количества этапов активизации тектоногидротермальных процессов;
- где зоны "сухие", а где пропитанные растворами и импрегнированные гидротермальной минерализацией;

- где зоны сжатия, а где растяжения. Например, в районе сс. Троянка и Каменный Брод в обнажениях вскрыты пегматиты с промышленным содержанием монацита. Важно их протрассировать на основании новых методических приемов;
- глубинная причина нахождения около 100 проявлений ультрабазитов на относительно небольшой площади в центре ГШЗ;
- причина окружения площади развития ультрабазитов железистыми образованиями (аргумент в пользу эффузивного происхождения последних?);
- глубина распространения базит-ультрабазитовых массивов и возможность в их донных частях искать медно-никелевые руды;
- глубина распространения железистых кварцитов и железисто-карбонатных образований;
- места размещения вероятных очагов магматизма, в том числе кимберлитового;
- роль зон вторичной графитизации, т. е. зон с протеканием резко восстановительных процессов;
- уточненная глубина эрозионного среза ЦЧГШЗ и ее районов.

Как видим, проблема углубленного изучения ЦЧГШЗ как одного из перспективнейших районов УЩ на черные, цветные, благородные, редкие металлы и алмазы ставит перед исследователями достаточно много важных, но еще нерешенных вопросов. В этом отношении перед будущими научными исследованиями можно сформулировать следующие задачи:

- установить, существует ли в кристаллических горных породах ГШЗ складчатость общего смятия, в каких масштабах и каковы параметры складок. Эту задачу можно решить посредством проведения детальных полевых тектонофизических исследований;
- детально изучить кинематические характеристики зон сдвига и скольжения — направление сдвигания, ориентацию осей тектонических напряжений, их инверсии и т. д. Такая работа в пределах ГШЗ уже проводилась при разработке методов полевой тектонофизики [Гинтов, Исая, 1988], но не с той детальностью, которая необходима для решения спорных вопросов. Результаты тех работ отражены на представляемой в статье карте;
- посредством детального анализа карт геофизических полей с последующим минимальным объемом полевых геолого-геофизических исследований выявить и изучить несистемные локальные геолого-геофизические объекты на территории ГШЗ, которые могут по-

- тенциально нести специфическую рудную нагрузку (алмазонасность, редкие и цветные металлы);
- важное значение имеет установление возможной максимальной глубины распространения железорудных образований Молдовской и других структур ГШЗ методами магнитометрии и гравиметрии, для чего необходимы детальные профильные исследования на таких структурах;
 - то же относится к глубине распространения мафит-ультрамафитовых пород района для выяснения их природы и структурного положения: либо это интрузивные тела, уходящие вглубь земной коры, либо силлы, участвующие в складчатости, либо холодные протрузии архейских офиолитов, выжатых по разломам. В решении этой задачи могут помочь современные методы решения прямых и обратных задач гравиметрии;
 - посредством изучения всего мирового опыта и новейших открытий в области поисков месторождений алмазов определить перспективы ЦЧГШЗ на этот вид полезных ископаемых, учитывая, что многие геологические и геофизические признаки свидетельствуют в пользу таких перспектив;
 - первоочередное значение для составления новой структурно-геологической карты докембрийского фундамента ГШЗ имеет изучение возраста горных пород современными методами изотопной геохронологии. Реперных ("объективно отражающих время проявления конкретных геологических событий ..." [Геохронология ..., 2005, с. 6]) данных о возрасте пород зоны на удивление чрезвычайно мало. Промежуточной целью таких ис-

- следований является разработка детальной геохронологической шкалы пород ЦЧГШЗ;
- в соответствии с аргументацией геологов Правобережной геологической экспедиции, породы днестровско-бугской и бугской серий являются единым комплексом, и различия в их составе отражают лишь особенности характера архейского породообразования. В этом отношении важно провести доизучение стратотипов обеих серий с помощью новейших методик и окончательно определиться с данной проблемой;
 - необходимо, в конце концов, решить задачу сопоставимости железорудных формаций Среднего Побужья и Криворожья (сняв различия в степени метаморфизма) на петрологическом, геохимическом, возрастном и т. д. уровнях;
 - дискуссию между сторонниками осадочно-метаморфического и магматического или метасоматического происхождения железорудных образований ГШЗ желательно проводить с использованием мирового опыта изучения железорудных месторождений.

В заключение необходимо сказать, что по геолого-петрографическому строению и металло-генической нагрузке близким аналогом ГШЗ пределах УЩ является примыкающий к ней на юго-западе (лист М-35-XXXVI (Гайворон)) регион Бандуровской структуры с окружающими ее комплексами. Авторы рассчитывают составить аналогичную СПТО и для этой площади. В результате на всю территорию Среднего Побужья будут аргументировано с позиции современных тектонофизических взглядов выделены первоочередные перспективные площади (участки) поисков железа, урана, золота и некоторых других рудных полезных ископаемых.

Список литературы

- Алехин В. И., Гинтов О. Б. Кинематические особенности, фазы развития и металлогения системы широтных зон разломов УЩ. *Геофиз. журн.* 2004. Т. 26. № 6. С. 83—101.
- Борняков С. А. Моделирование сдвиговых зон на упруго-вязких материалах. *Геология и геофизика.* 1980. № 11. С. 75—84.
- Геологическая карта кристаллического основания масштаба 1 : 200 000. Лист М-36-XXXI (Первомайск). Киев: Фонд ГП "Украинская геологическая компания", 1990.
- Геологический словарь. Москва: Недра, 1973. Т. 2. 456 с.
- Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита. Под ред. А. В. Анциферова. Киев: Наук. думка, 2006. 196 с.
- Геолого-геофизическая модель Голованевской шовной зоны Украинского щита. Под ред. А. В. Анциферова. Киев: Наук. думка, 2008. 308 с.
- Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. Отв. ред. Н. П. Щербак. Киев: Наук. думка, 2005. 244 с.
- Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Отв. ред. Н. П. Щербак. Киев: Наук. думка, 2008. 240 с.

- Гинтов О.Б. Докембрий Украинского щита и тектоника плит. *Геофиз. журн.* 2012. Т. 34. № 6. С. 3—21.
- Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 2005. 572 с.
- Гинтов О.Б. Проблемы геодинамики украинского докембрия. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 5. С. 3—21.
- Гинтов О.Б. Схема периодизации этапов разломообразования в земной коре Украинского щита — новые данные и следствия. *Геофиз. журн.* 2014. Т. 36. № 1. С. 3—18.
- Гинтов О.Б., Гончар В.В. Моделирование внутри- и приразломных складок в докембрийских комплексах с позиций несоосной прогрессивной деформации. *Геофиз. журн.* 2004. № 26. № 2. С. 62—72.
- Гинтов О.Б., Ентин В.А., Исай В.М. Новые данные об особенностях формирования складчатой структуры магнетитовых месторождений Среднего Побужья. *Докл. АН УССР. Сер. Б.* 1985. № 4. С. 15—17.
- Гинтов О.Б., Ентин В.А., Исай В.М. О кинематике Ядлов-Трактемировского разлома. *Геофиз. журн.* 1984. Т. 6. № 6. С. 43—48.
- Гинтов О.Б., Исай В.М. Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. Киев: Наук. думка, 1988. 228 с.
- Гинтов О.Б., Исай В.М., Коваленко В.Н. Тектонофизические данные о механизме формирования складок первого порядка Криворожского бассейна на примере Лихмановской структуры. *Геолог. журн.* 1990. № 5. С. 115—123.
- Гинтов О.Б., Мычак С.В. Геодинамическое развитие Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. I. *Геофиз. журн.* 2011а. Т. 33. № 3. С. 102—118.
- Гинтов О.Б., Мычак С.В. Напряженные состояния и деформации земной коры центральной части Ингульского мегаблока по материалам тектонофизического изучения Новоукраинского массива. *Геофиз. журн.* 2011б. Т. 33. № 2. С. 28—45.
- Гинтов О.Б., Пашкевич И.К. Тектонофизический анализ и геодинамическая интерпретация трехмерной геофизической модели Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2010. Т. 32. № 2. С. 3—27.
- Глевасский Е.Б. Решение некоторых проблем петрологии и стратиграфии Украинского щита с позиций плитотектоники. *Минерал. журн.* 2005. Т. 27. № 3. С. 57—66.
- Глевасский Е.Б., Каляев Г.И. Докембрий и тектоника плит (проблема плитотектонических реконструкций юго-западного сегмента Восточно-Европейской платформы). В кн.: *Геологія і стратиграфія докембрію Українського щита*. Київ, 1998. С. 38—40.
- Глевасский Е.Б., Каляев Г.И. Тектоника докембрия Украинского щита. *Минерал. журн.* 2000. № 2. С. 77—91.
- Гончар В.В. Прогрессивная несоосная деформация и вопросы диагностики структур. *Доп. НАН України.* 2001. № 9. С. 108—114.
- Державна геологічна карта України. Масштаб 1 : 200 000. Геологічна карта і карта корисних копалин кристалічного фундаменту. Центральноукраїнська серія. Лист М-36-XXXI (Первомайськ). Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, Держ. геологічна служба, 2004.
- Доброхотов М.Н., Гинтов О.Б., Ентин В.А., Солонина И.Н. Отчет по теме: "Обобщение и переинтерпретация геолого-геофизических материалов по Украинскому щиту для определения участков, перспективных на железо". Киев: Геолфонд, 1971. 412 с.
- Ентин В.А. Геофизическая основа тектонической карты Украины масштаба 1 : 1 000 000. *Геофиз. журн.* 2005. Т. 27. № 1. С. 74—84.
- Ентин В.А. Природные геофизические феномены Украины. Киев: Изд. УкрГГРИ, 2012. 76 с.
- Ентин В.А. Геолого-структурные особенности и прогнозная оценка ресурсов железорудных месторождений среднего Побужья по геолого-геофизическим данным. *Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук.* Киев, 1987. 32 с.
- Ентин В.А., Гинтов О.Б., Мычак С.В., Юшин А.А. Структура Молдовского железорудного месторождения (Украинский щит) по геолого-геофизическим данным и его возможная эндогенная природа. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 4. С. 3—18.
- Завойский В.И. Использование тензора магнитной восприимчивости для решения задач структурной геологии. *Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли.* 1982. № 3. С. 76—84.
- Заика-Новацкий В.С. Структурный анализ и разработка стратиграфической схемы Украинского щита. *Геол. журн.* 1986. Т. 46. № 3. С. 6—10.
- Каневский А.Я., Гинтов О.Б. Находка новой разновидности железных руд на Украинском щите

- те в районе Побужья. *Геолог. журн.* 1972. Т. 32. Вып. 5. С. 140—141.
- Кропоткин П. Н. Тектонические напряжения в земной коре по данным непосредственных измерений. В кн.: *Напряженное состояние земной коры*. Москва: Наука, 1973. С. 21—31.
- Крутиховская З. А., Пашкевич И. К., Силина И. М. Карта аномального магнитного поля Украинского щита м-ба 1 : 50 000. Киев, 1977. 100 с.
- Куприенко П. Я., Макаренко И. Б., Старостенко В. И., Легостаева О. В. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2007. Т. 29. № 5. С. 3—27.
- Лебедев Т. С., Корчин В. А., Савенко Б. Я., Шаповал В. И., Шепель С. И. Физические свойства минерального вещества в термобарических условиях литосферы. Киев: Наук. думка, 1986. 200 с.
- Лукієнко О. І. Морфологічна тектоніка (на тектонофаціальній основі). Навчальний посібник. Київ: Вид-во Київ. ун-ту, 2001. 66 с.
- Лукієнко О. І. Структурна геологія з основами структурно-парагенетичного аналізу. Підручник. Київ: Вид-во "Київський університет", 2002. 366 с.
- Лукієнко О. І., Кравченко Д. В., Сухорага А. В. Дислокаційна тектоніка та тектонофації докембрію Українського щита. Київ: ВПЦ "Київський університет", 2008. 279 с.
- Методические рекомендации и требования к результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов в пределах УЩ. Киев: Изд-во НМЦ Геолкома Украины, 1999. 45 с.
- Мычак С. В. Кинематика формирования западной и центральной частей Украинского щита в период 2,05—2,02 млрд лет назад. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 1. С. 83—99.
- Павлюк В. М., Бобров О. Б., Висоцький Б. Л., Довгань Р. М., Жовинський Е. Я., Костенко М. М., Ликов А. І., Цимбал С. М. Звіт за темою "Геологія, петрологія, геохімія, вік та рудоносність мафіт-ультрамафітових асоціацій західної частини УЩ". Киев: Фонд ГП "Украинская геологическая компания", 2008. 683 с.
- Паталаха Е. И., Лукиенко А. И., Гончар В. В. Тектонические потоки как основа понимания геологических структур. Киев: Феникс, 1995. 151 с.
- Петрографический словарь. Под ред. Г. Д. Афанасьева. Москва: Госгеолтехиздат, 1963. 447 с.
- Степанюк Л. М. Последовательность проявления геологических процессов в породах бугской серии. *Минерал. журн.* 1999. №5/6. С. 86—92.
- Степанюк Л. М., Бибикина Е. В., Клаэссен С., Пономаренко А. Н., Довбуш Т. И., Федотова А. А. К вопросу о возрастных рубежах формирования кошаро-александровской свиты бугской серии Побужья: Тез. докл. Междунар. научн.-практ. конф. "Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы. Киев: УкрНИГРИ, 2010. 252 с.
- Теркот Д., Шуберт Дж. Геофизика. Ч. II. Москва: Мир, 1985. 730 с.
- Усенко О. В. Условия формирования железистых пород Среднего Побужья. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 4. С. 32—50.
- Шакіна К. А., Скакун Л. З. Мінеральний склад і процеси формування графітовмісних порід Завалівського родовища графіту: Тез. докл. Междунар. научн.-практ. конф. "Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы. Киев: УкрНИГРИ, 2010. 252 с.
- Шерман С. И., Борняков С. А., Бугдо В. Ю. Области динамического влияния разломов (результаты моделирования). Новосибирск: Наука, 1983. 112 с.
- Шульгинер В. И. Докембрийский фундамент Тихоокеанского пояса и обрамляющих платформ. Москва: Недра, 1982. 226 с.
- Юшин А. А. О перспективах выявления магматогенно-гидротермальных железорудных образований на Украинском щите. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 4. С. 19—31.
- Bogdanova S. V., Gintov O. B., Dzmityr M., Kurlovich C., Lubnina L. V., Mimmi K., Nilsson M., Orlyuk M. I., Pashkevich I. K., Shumlyansky L. V., Starostenko V. I., 2012. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotations during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna). *Lithos* 174, 196—216.
- Chardon D., Gapais D., Cagnard F., 2009. Flow of ultra-hot orogens: a view from the Precambrian, clues for the Phanerozoic. *Tectonophysics* 477, 105—118.

Structural-petrophysical and tectonophysical base of geological map of crystalline basement of the central part of Golovanevsk suture zone of the Ukrainian Shield

© O.B. Gintov, V.A. Yentyn, S.V. Mychak, V.N. Pavlyuk,
V.V. Zyultsle, 2016

One of the most important areas of geological and geophysical studies of the Ukrainian Shield (Ush) — estimation of the prospects of the Golovanevsk suture zone (GSZ) for the ferrous, non-ferrous, precious and rare metals and diamonds has been considered here. The central part of GSZ (CPGSZ) is an essential part of the Pobuzhya mining area. The Earth's crust of the CPGSZ (Pervomaisk-Golovanevskiy-region) is transpierced with mafic-ultramafic intrusions and extrusions, in paragenesis with which there are iron-carbonate ore series and ferruginous quartzites, chromite-bearing peridotites. The CPGSZ is currently the most promising and uniform throughout the central and western parts of the Ukrainian Shield region with wide occurrences of gold mineralization. In addition, manifestations of platinoids, rare earths, yttrium, uranium, manganese, titanium, tungsten, copper, molybdenum, apatite, sillimanite, vermiculite, serpentine refractories, dinas quartzites, primary kaolin, mineral waters are found within this area. Pyrope and diamonds are also met in schlich samples collected in the basins of the Southern Bug, Sinyukha, Yatran rivers.

It is shown that the reasons of weakly efficient search operations conducted in the region are not only in an extremely weak state of their financial support, but also in the absence of an updated concept of the geological structure of the GSZ. Geological maps of scale 1 : 50 000, built on the results of the survey made here in the 1960—1970th, were based on outdated petrological data. Maps in the scale 1 : 200 000, built later on the structural-formational basis, do not reflect in enough details the real composition of geologic complexes, as they insufficiently use the possibility of detailed geophysical surveys. The area of CPGSZ is poorly lit by the data of the present isotopic-geochronological studies.

It is proposed to begin evaluating CPGSZ prospects for building an up-to-date geological map of its crystalline basement on the basis of the present petrographic, petrological, geochemical and geophysical data, as well as current isotopic age of rocks. The article presents the structural and petrophysical, and tectonophysical basis of such a map that reflects the geological and petrophysical taxa and structural and kinematic data for the surface of the Precambrian basement in the region. The principles of the construction of the foundation and a brief analysis of its content have been developed here.

Key words: Ukrainian Shield, Medium Pobuzhye, geological map, petrophysics, tectonophysics, ultrabasites, iron ore, diamonds.

References

- Alekhin V.I., Gintov O.B., 2004. Kinematic features, phases of the development and metallogeny of the systems of latitudinal zones of the USh faults. *Geofizicheskiy zhurnal* 26(6), 83—101 (in Russian).
- Bornyakov S.A., 1980. Modeling of shear zones in viscoelastic materials. *Geologiya i geofizika* (11), 75—84 (in Russian).
- Geological map of the crystalline base of the scale of 1 : 200 000. Sheet M-36-XXXI (Pervomaisk), 1990. Kiev: Foundation of GP "Ukrainian Geological Company" (in Russian).
- Geological Dictionary, 1973. Moscow: Nedra, Vol. 2, 456 p. (in Russian).
- Geological and geophysical model of Krivoy Rog-Kremenchug suture zones of the Ukrainian Shield, 2006. Ed. A.V. Antsiferov. Kiev: Naukova Dumka, 196 p. (in Russian).
- Geological and geophysical model of Golovanevsky suture zones of the Ukrainian Shield, 2008. Ed. A.V. Antsiferov. Kiev: Naukova Dumka, 308 p. (in Russian).
- Geochronology of Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Archean, 2005. Ed. N.P. Shcherbak. Kiev: Naukova Dumka, 244 p. (in Russian).
- Geochronology of Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Proterozoic, 2008. Ed. N.P. Shcherbak.

- bak. Kiev: Naukova Dumka, 240 p. (in Russian).
- Gintov O.B., 2012. Ukrainian Precambrian Shield and plate tectonics. *Geofizicheskiy zhurnal* 34(6), 3—21 (in Russian).
- Gintov O.B., 2005. Field Tectonophysics and its application in the study of the deformation of the Earth's crust of Ukraine. Kiev: Feniks, 572 p. (in Russian).
- Gintov O.B., 2015. Problems of Ukrainian Precambrian geodynamics. *Geofizicheskiy zhurnal* 37(5), 3—21 (in Russian).
- Gintov O.B., 2014. Scheme of stage periodizations of faulting in the Earth's crust of the Ukrainian Shield — new data and investigations. *Geofizicheskiy zhurnal* 36(1), 3—18 (in Russian).
- Gintov O.B., Gonchar V.V., 2004. Modeling of intra- and near-fault folds in Precambrian complexes from the position of misalignment progressive deformation. *Geofizicheskiy zhurnal* 26(2), 62—72 (in Russian).
- Gintov O.B., Yentyn V.A., Isay V.M., 1985. New data about the features of the formation of the folded structure of magnetite deposits of the Middle Bug. *Doklady AN USSR. Ser. B* (4), 15—17 (in Russian).
- Gintov O.B., Yentyn V.A., Isay V.M., 1984. About kinematics of Yadlov-Traktemirovsky fault. *Geofizicheskiy zhurnal* 6(6), 43—48 (in Russian).
- Gintov O.B., Isay V.M., 1988. Tectonophysical studies of consolidated crust faults. Kiev: Naukova Dumka, 228 p. (in Russian).
- Gintov O.B., Isay V.M., Kovalenko V.N., 1990. Tectonophysical data on the mechanism of formation of folds of the first order of the Kryvyi Rig basin on the example of Lihmanovska structure. *Geologicheskii zhurnal* (5), 115—123 (in Russian).
- Gintov O.B., Mychak S.V., 2011a. Geodynamic development of Ingul megablock of the Ukrainian Shield on geological and geophysical and tectonic data. I. *Geofizicheskiy zhurnal* 33(3), 102—118 (in Russian).
- Gintov O.B., Mychak S.V., 2011b. Strained state and deformation of the Earth's crust of the central part of the Ingul megablock according to Materials of tectonophysical study of Novoukrainsky massif. *Geofizicheskiy zhurnal* 33(2), 28—45 (in Russian).
- Gintov O.B., Pashkevich I.K., 2010. Tectonophysical analysis and geodynamic interpretation of three-dimensional geophysical model of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal* 32(2), 3—27 (in Russian).
- Glevasskiy E.B., 2005. The solution of some problems of petrology and stratigraphy of the Ukrainian Shield from the standpoint of plate tectonics. *Mineralogicheskii zhurnal* 27(3), 57—66 (in Russian).
- Glevasskiy E.B., Kalyaev G.I., 1998. Precambrian and plate tectonics (the problem of plate tectonic reconstructions of the south-western segment of the East European Platform). In: *Geology and stratigraphy of Precambrian Ukrainian Shield*. Kiev, 38—40 (in Russian).
- Glevasskiy E.B., Kalyaev G.I., 2000. Tectonics of the Precambrian Ukrainian Shield. *Mineralogicheskii zhurnal* (2), 77—91 (in Russian).
- Gonchar V.V., 2001. Progressive deformation and misalignment issues of diagnosis structures. *Dopovidi NAN Ukrainy* (9), 108—114 (in Russian).
- State geological map of Ukraine. Scale 1 : 200 000. Geological map and a map of minerals of the crystalline basement. Central Ukrainian series. Letter M-36 XXXI (Pervomaysk), 2004. Kiev: Ministry of ecology and mineral resources of Ukraine, State Geological Service (in Ukrainian).
- Dobrohotov M.N., Gintov O.B., Yentyn V.A., Solonina I.N., 1971. The report on the theme: "The synthesis and reinterpretation of geological and geophysical data on the Ukrainian Shield to determine areas perspective on iron". Kiev: Geolfond, 412 p. (in Russian).
- Yentyn V.A., 2005. Geophysical base of tectonic map of Ukraine in scale 1 : 1 000 000. *Geofizicheskiy zhurnal* 27(1), 74—84 (in Russian).
- Yentyn V.A., 2012. Natural geophysical phenomena in Ukraine. Kiev: Publ. House of UkrGGRI, 76 p. (in Russian).
- Entin V.A., 1987. Geologist-structural features and prognosis estimation of resources of iron-ore deposit of Middle Bug area from geology-geophysical data. *Abstract of thesis for the degree of candidate of geol.-min. sci.* Kiev, 32 p. (in Russian).
- Yentyn V.A., Gintov O.B., Mychak S.V., Yushin A.A., 2015. The structure of the Moldovian iron ore deposits (Ukrainian Shield) on geological and geophysical data and its possible endogenous nature. *Geofizicheskiy zhurnal* 37(4), 3—18 (in Russian).
- Zavoyskiy V.I., 1982. Using of tensor of magnetic susceptibility for the solutions of structural geology problems. *Izvestiya AN SSSR. Ser. Fizika Zemli* (3), 76—84 (in Russian).
- Zaika-Novatskiy V.S., 1986. Structural analysis and development of the Ukrainian Shield stratigraphic scheme. *Geologicheskii zhurnal* 46(3), 6—10 (in Russian).
- Kanevskiy A.Ya., Gintov O.B., 1972. Finding of a new species of iron ore in the Bug area of the

- Ukrainian Shield. *Geologicheskij zhurnal* 32(is. 5), 140—141 (in Russian).
- Kropotkin P. N., 1973. The tectonic stresses in the Earth's crust according to direct measurements. Stress state of the Earth's crust. Moscow: Nauka, 21—31 (in Russian).
- Krutikhovskaya Z. A., Pashkevich I. K., Silina I. M., 1977. Map of the anomalous magnetic field of the Ukrainian Shield at a scale of 1 : 50 000. Kiev, 100 p. (in Russian).
- Kuprienko P. Ya., Makarenko I. B., Starostenko V. I., Legostaeva O. V., 2007. 3D density model of the Earth's crust and upper mantle of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal* 29(5), 3—27 (in Russian).
- Lebedev T. S., Korchin V. A., Savenko B. Ya., Shapoval V. I., Shepel S. I., 1986. Physical properties of mineral substance in the lithospheric thermobaric conditions. Kiev: Naukova Dumka, 200 p. (in Russian).
- Lukiyenko O. I., 2001. Morphological tectonics (on tektonofacial basis). Tutorial. Kyiv: Publ. House of the Kiev University, 66 p. (in Ukrainian).
- Lukiyenko O. I., 2002. Structural Geology with bases of paragenetic structural analysis. Textbook. Kyiv: Publ. House "Kyiv University", 366 p. (in Ukrainian).
- Lukiyenko O. I., Kravchenko D. V., Sukhorada A. V., 2008. Dislocation tectonics and tektonofaces of Precambrian Ukrainian Shield. Kyiv: Publ. House "Kyiv University", 279 p. (in Ukrainian).
- Guidelines and requirements for the results of the integrated interpretation of geological and geophysical data within the Ukrainian Shield. 1999. Kiev: Publ. House of the Scientific Methodical Center of Geolkom of Ukraine, 45 p. (in Russian).
- Mychak S. V., 2015. Kinematics of the formation of the western and central parts of Ukrainian Shield from 2.05 to 2.02 Ga. *Geofizicheskiy zhurnal* 37(1), 83—99 (in Russian).
- Pavlyuk V. M., Bobrov O. B., Visots'kyy B. L., Dovhan' R. M., Zhovyns'kyy E. Ya., Kostenko M. M., Lykov L. I., Tymbal S. M., 2008. Report "Geology, petrology, geochemistry, age and ore-bearing of mafit-ultramafit associations of the Western part of the Ukrainian Shield". Kiev: Foundation of State Enterprise "Ukrainian Geological Company", 683 p. (in Ukrainian).
- Patalakha E. I., Lukiyenko A. I., Gonchar V. V., 1995. Tectonic flows as a basis for understanding of the geological structures. Kiev: Feniks, 151 p. (in Russian).
- Petrographic dictionary, 1963. Ed. G. D. Afanasyev. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 447 p. (in Russian).
- Stepanyuk L. M., 1999. Sequence of manifestations of geological processes in rocks of the Bug series. *Mineralogicheskij zhurnal* (5/6), 86—92 (in Russian).
- Stepanyuk L. M., Bibikova E. V., Klaessen S., Ponomarenko A. N., Dovbush T. I., Fedotova A. A., 2010. On the question of age lines of forming Kosharo-Alexandrov suite of the Bug series of Pobujya. *Abstracts of the International scientific-practical conference "The stratigraphy, geochronology and correlation of lower Precambrian rock complexes of the foundation of the East-European platform"*. Kiev: UkrNIGRI, 252 p. (in Russian).
- Terkot D., Schubert J., 1985. Geophysics. Part II. Moscow: Mir, 730 p. (in Russian).
- Usenko O. V., 2015. Conditions of formation of ferruginous rocks of the Middle Pobuzh'ya. *Geofizicheskiy zhurnal* 37(4), 32—50 (in Russian).
- Shakina K. A., Skakun L. Z., 2010. Mineral composition and processes of formation of graphite containing rocks of Zavallya graphite deposits. *Abstracts of the International scientific-practical conference "The stratigraphy, geochronology and correlation of Lower Precambrian rock complexes of the basement of the East European platform"*. Kiev: UkrNIGRI, 252 p. (in Ukrainian).
- Sherman S. I., Borneyakov S. A., Buddo V. Yu., 1983. Areas of dynamic influence of faults (simulation results). Novosibirsk: Nauka, 112 p. (in Russian).
- Schuldiner V. I., 1982. Precambrian basement of the Pacific belt and flanking platforms. Moscow: Nedra, 226 p. (in Russian).
- Yushin A. A., 2015. On the prospects of identifying magmatogenic hydrothermal iron ore formations in the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal* 37(4), 19—31 (in Russian).
- Bogdanova S. V., Gintov O. B., Dzmitry M., Kurlovich C., Lubnina L. V., Mimmi K., Nilsson M., Orlyuk M. I., Pashkevich I. K., Shumlyansky L. V., Starostenko V. I., 2012. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotations during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna). *Lithos* 174, 196—216.
- Chardon D., Gapais D., Cagnard F., 2009. Flow of ultrahot orogens: a view from the Precambrian, clues for the Phanerozoic. *Tectonophysics* 477, 105—118.