

К вопросу о возможной дегазационной природе некоторых локальных структур концентрично-зонального строения на территории Волыно-Подольской плиты и западной части Украинского щита и пути их последующего изучения

**В.А. Ентин¹, С.И. Гуськов¹, Б.М. Дзюба¹, О.Б. Гинтов², М.И. Орлюк²,
С.В. Мычак², 2020**

¹ГП «Украинская геологическая компания», Киев, Украина

²Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина

Поступила 15 июля 2020 г.

В связи с широким развертыванием как в мире, так и в Украине исследований по глубинной водородной дегазации Земли и поисков геологических структур, в которых она может быть обнаружена, рассмотрены некоторые специфические особенности разломно-блокового строения Подольского и Волинского мегаблоков Украинского щита, а также Волыно-Полесского вулcano-плутонического пояса (в рамках листа М-35-IX («Костополь»)). Особое внимание обращено на Горыньскую, Ровенскую, Немировскую, Звиздаль-Залесскую и некоторые другие зоны разломов, в пределах которых с новой точки зрения рассмотрены уже известные и выделены другие локальные структуры концентрически-зонального строения, которые можно с определенной вероятностью связывать с процессами трубной дегазации мантии.

К локальным признакам трубных структур дегазации отнесено наличие аномалий магнитного и гравитационного полей изометрической формы, в том числе специфического внутреннего концентрически-зонального строения, аномалий интегральной повышенной электропроводности, небольшой амплитуды впадин на современной поверхности рельефа, наличие минерализации самородной меди и других металлов в контурах предполагаемых структур, углеродных проявлений, гидрохимических аномалий урана и эманаций радона. Этим признакам в пределах домезозойского фундамента листа «Костополь» наиболее соответствуют Тельчинская, Головинская, а на уровне кристаллического фундамента — Городецкая зонально-кольцевые структуры. Ранее их относили к палеовулcano-плутоническим структурам, связанным с зонами тектонической активизации, хотя при этом игнорировалось отсутствие в них прямых признаков глубинного магматизма. Важный признак процессов холодной трубной дегазации с сопутствующими фазами импульсной эксплозии в этих структурах — крутое и даже субвертикальное залегание пород кольцевого обрамления, которые обычно в пределах района слагают горизонтальный чехол.

К Немировской и Звиздаль-Залесской зонам разломов, ограничивающим Подольский мегаблок с юго-востока и востока, относятся соответственно Ильинецкая и Белиловская локальные кольцевые структуры, которые некоторые исследователи относят к астроблемам. При этом игнорируется тот факт, что Ильинецкая структура формировалась на протяжении 50 млн лет, а в Белиловской структуре установлены углеродные проявления в виде россыпи мелких алмазов и самородная золоторудная минерализация в брекчии габбро. Наличие признаков как астроблемного, так и эндогенного происхождения обеих структур позволяет предложить комбинацию обоих механизмов их формирования, при которых падение метеорита инициирует включение эндогенного процесса, в частности трубной глубинной дегазации. На указанных структурах с целью изучения особенностей их глубинного строения предложено проведение определенного дополнительного комплекса геолого-геофизических исследований.

Ключевые слова: трубная дегазация, концентрически-зональные структуры, зоны разломов, Украинский щит, Костополь, Тельча, Ильинцы.

В последнее время разработке теории дегазации Земли, ее возможному влиянию на геолого-экологическое состояние окружающей среды и связи с процессами рудогенеза некоторых месторождений металлов и углеводородного сырья уделяется преимущественно научное внимание, что нашло отражение в многочисленных публикациях на эту тему. В них отмечается, что процессы площадной дегазации Земли наиболее активно проявляются в районах интенсивной тектонической проработки (разуплотнения, повышенной трещиноватости) пород верхней части земной коры, которая инициируется мантийными процессами импульсного характера. При этом основными каналами дегазации являются разломные зоны глубинного коромантийного заложения большой протяженности. Помимо этих линейных разломных структур, процессы дегазации могут также осуществляться через локальные, так называемые трубного типа структуры, приуроченные к зонам пересечения разломов различного простирания, времени заложения и активизации. При этом в термин «трубы дегазации» вкладывается «... не только морфологический, но и функциональный смысл, обозначающий субвертикальную столбовобразную зону повышенной проницаемости земной коры с признаками неоднократного разновозрастного (вплоть до современного) внедрения глубинных флюидов ...» [Шестопалов и др., 2018, с. 71]. Само же понятие (гео) флюид здесь употребляется не в узком понимании газообразного, парогазового или газовой-жидкого состояния вещества, а в качестве общего термина, обозначающего любую субстанцию, способную двигаться сквозь земную кору. Естественно, что именно подобного типа каналы дегазации как локализованные области концентрированного выделения флюидов представляют наибольший научный и практический интерес. Но если общие геолого-геофизические критерии площадного картирования полей дегазации как территорий с контрастно проявленной многоэтапной структурно-тектонической проработкой в целом достаточно обоснованы и

понятны, то признаки ее морфоструктурной локализации, несмотря на некоторые разработки в этом отношении, остаются во многом неоднозначными.

Приводимые в публикациях [Шестопалов и др., 2018, 2019] геолого-геофизические и орографические признаки процессов современной дегазации больше относятся к признаковому полю процессов дегазации площадного характера. К локальным признакам трубных структур дегазации Земли отнесено наличие аномалий магнитного и гравитационного полей изометричной формы, в том числе специфического внутреннего концентрически-зонального строения, аномалий интегральной повышенной электропроводимости, небольшой амплитуды «западины» на современной поверхности рельефа. К этому ряду достаточно простых и доступных к получению на современном этапе геолого-геофизических исследований признакам дегазации отнесено также наличие в контурах предполагаемых структур минерализации самородной меди, железа, золота, радиоактивных и других металлов, углеродистых проявлений, гидрохимических аномалий урана и эманаций радона, водорода и других газов. Их полное совмещение в плане не является, по-видимому, обязательным, но некоторая площадная совместимость весьма ожидаема.

Многие из структур с подобными геолого-геофизическими характеристиками уже были известны по результатам ранее проведенных геолого-геофизических съемок среднего масштаба. Связывались они с так называемыми палеовулканическими кольцевыми структурами, приуроченными к зонам тектонической активизации, хотя при этом часто игнорировалось полное отсутствие у них прямых признаков глубинного магматизма.

Особенно показательна в этом отношении территория Волыно-Подоллии, которая характеризуется густой сетью разломов различной глубины заложения и простирания, проявлением периодической активизации этих структур. Остановимся несколько подробнее на особенностях гео-

логического строения и геофизических характеристиках структур подобного рода, расположенных в пределах Вольно-Подольской плиты (лист М-35-IX, «Костополь»), частично уже рассмотренных в работе [Гинтов та ін., 2017].

В структурно-тектоническом отношении почти вся указанная территория, ограниченная на западе Горынской, а на востоке Суцано-Пержанской зонами разломов мантийного заложения, относится к Вольно-Полесскому вулканоплутоническому поясу УЩ. Здесь широко проявлена система широтных Владимир-Волынских нарушений и разломов других направлений (рис. 1), сопровождаемая процессами многофазного траппового (вендские траппы, палеозойские эффузивы) и дайкового магматизма.

По некоторым представлениям площадь листа характеризуется приуроченностью к центральной зоне коллизии Фенноскандинавской и Сарматской плит [Гинтов та ін., 2017], которая подчеркивается характерным расположением глубинных магнитных источников, связанных с отдельными фрагментами долгоживущей субдукционной зоны между этими плитами [Орлюк, 2000; Orlyuk et al., 2017]. Эти структурные особенности предопределили для рассматриваемого региона высокую степень площадного разуплотнения и повышенной проницаемости пород на всю мощность земной коры. Следует также принять во внимание, что по данным сейсмотомографии [Цветкова и др., 2017] эта площадь находится вблизи контуров действия сверхглубинного флюидного потока, связанного с импульсным функционированием Вольно-Оршанского горячего плюма и сверхглубинного мантийного флюида № 1 (рис. 2). И наконец, следует отметить приуроченность этого региона к области сочленения современных геоблоков земной коры с разными типами скоростной деформации земной поверхности [Орлюк, Ищенко, 2019].

Все это в совокупности с широким развитием здесь самородной медной минерализации, наличием многочисленных радиоактивных аномалий и радоновых эманаций

позволяет существенно усилить аргументацию в пользу рассмотрения территории как наиболее благоприятной для широкого проявления процессов дегазации Земли площадного и трубного характера.

Если потенциальными каналами процессов площадной дегазации в данном районе может служить густая сеть долгоживущих разломов коромантийного заложения различного простирания, то в качестве локализованных объектов трубной дегазации могут выступать структуры, картируемые на уровне поверхностей докембрийского фундамента или протерозой-палеозойского платформенного чехла по приведенным геолого-геофизическим признакам. В качестве подобных объектов могут служить структуры изометричной формы, отмеченные на структурно-вулканологической схеме Вольно-Подоллии [Шестопалов и др., 2018].

Среди последних наибольшее внимание привлекает самая известная, необычная по особенностям своего строения структура Вольно-Подоллии — Тельчинская, названная по ближайшему одноименному с. Тельчи Маневичского р-на Волынской обл.

Этот геологический объект, приуроченный к зоне шарнирного сочленения Горынской, Ровенской и Куликовецкой разломных зон, был выделен по данным аэромагнитной съемки [Тесленко и др., 1976], зафиксировавших здесь аномалию диаметром 7 км с ярко выраженным зонально-концентрическим строением (рис. 3). Позже этот геофизический объект был детально изучен методами наземной магниторазведки по сети 50 × 50 м, гравиразведки по сети 250 × 250 м (рис. 4), профильных вибросейсморазведки МОВ—ОГТ и электроразведки ЗСБ [Матасова, Середа, 1983; Гарбуз, 1988].

По этим данным отмечена хорошая корреляция в плане основных элементов потенциальных полей и параметров электропроводимости верхней части геологического разреза. В толще пород центрального ядра структуры были установлены встречные крутопадающие (до 55°) сейсмические площадки, что совершенно не свойственно для обычно горизонтально залегающих в

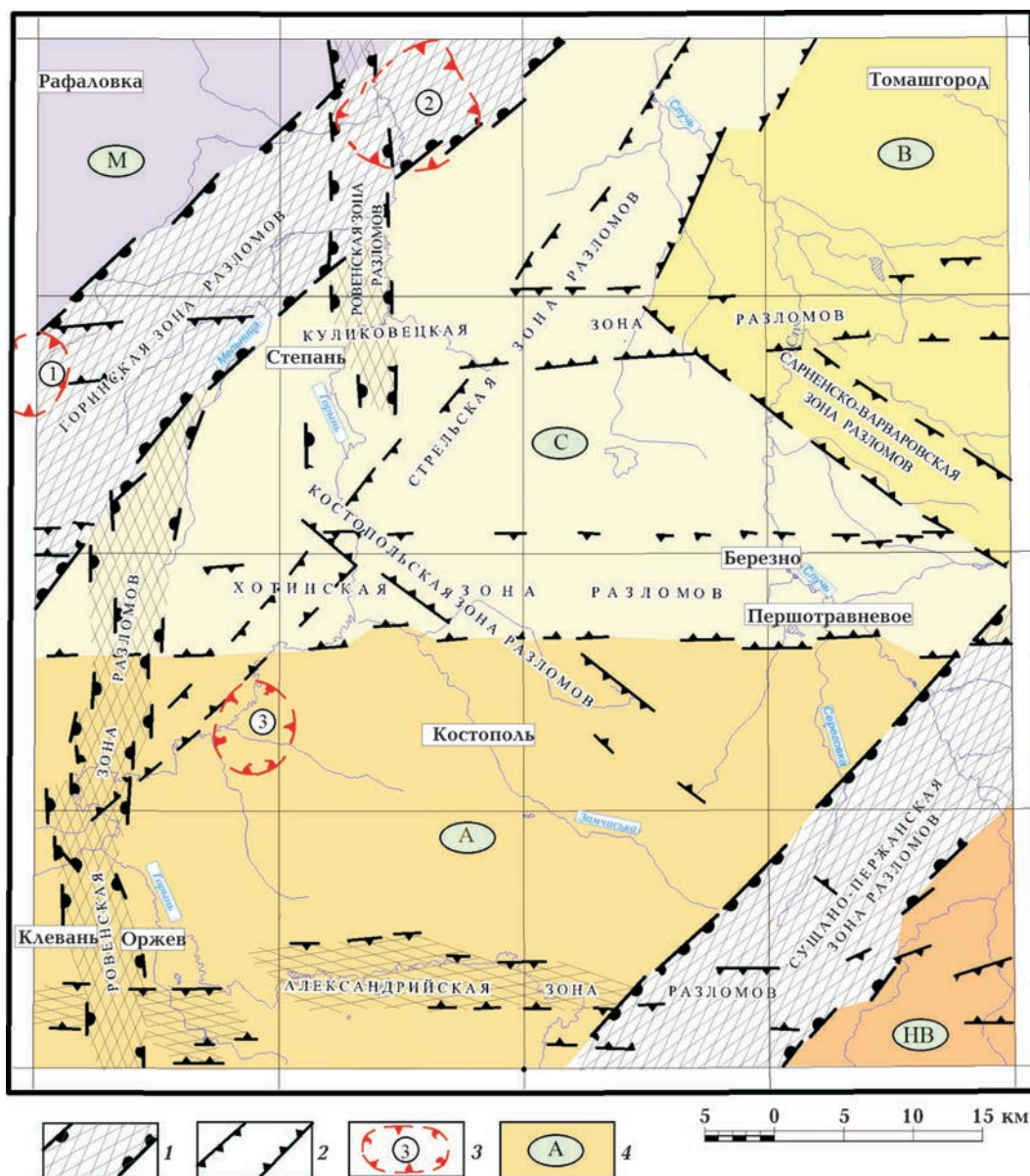


Рис. 1. Обобщенная структурно-тектоническая карта листа М-36-IX («Костопопь»): 1, 2 — структурно-тектонические линейменты, определенные по характерным элементам потенциальных полей и рельефа поверхности кристаллического фундамента — зоны скальвания, эшелонированные и элементарные сколы зон разломов (1 — мантийного заложения межмегаблоковых — Горынской, Сушано-Пержанской, трансмегаблоковой Ровенской; 2 — коровых межблоковых и трансмегаблоковых — Куликовецкой, Хотинской, Александрийской, Костопольской, Сарненско-Варваровской, Стрельской (штриховкой отмечены поля сплошного развития горных пород с проявлением трещиноватости, катаклаза, бластомилонитизации, аплит-пегматоидных гранитных жил и др.); 3 — кольцевые структуры зонально-концентрического строения (1 — Тельчинская, 2 — Городецкая, 3 — Головинская); 4 — блоки (А — Александрийский, В — Вировский, Н-В — Новоград-Волинский, М — Маневичский, С — Степанский).

Fig. 1. Generalized structural and tectonic map of the M-36-IX sheet («Kostopol»): 1, 2 — structural-tectonic lineaments determined by the characteristic elements of the potential fields and relief of the crystal foundation surface — shear zones, echelon and elementary shears of fault zones (1 — mantle layering of intermegablock — Goryn, Suschany-Perga, transmegablock Rovno; 2 — crust interblock and transmegablock — Kulikovets, Khotyn, Alexandriya, Kostopol, Sarny-Varvarovka, Strelsk (areas of continuous rock development with the manifestation of cracking, cataclase, blastomilonitization, aplite-pegmatoid granite veins, etc.); 3 — ring structures of zonal-concentric construction (1 — Telcha, 2 — Horodets, 3 — Holovino); 4 — blocks (A — Alexandriya, B — Virovo, H-B — Novograd-Volyn, M — Manevichi, C — Stepan).

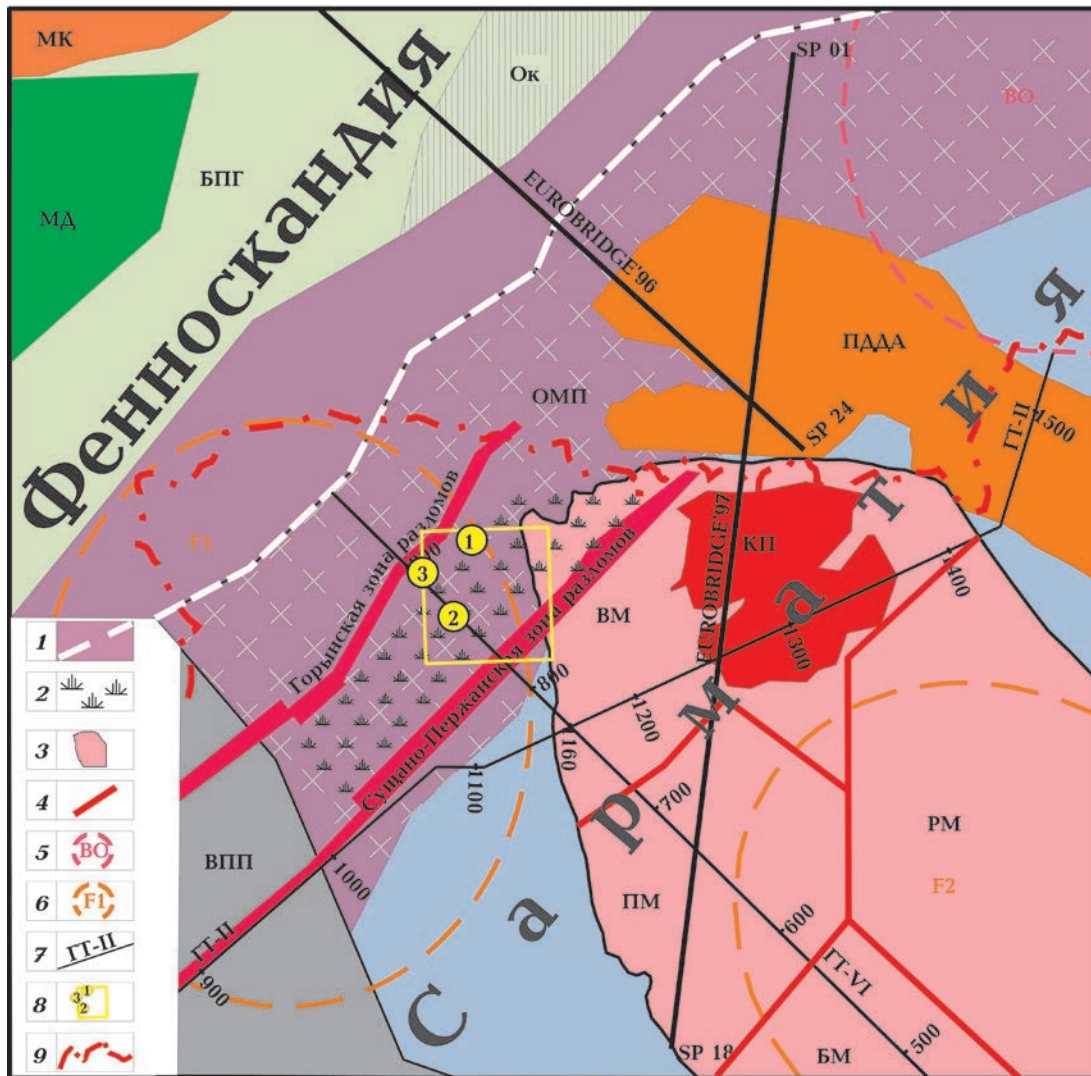


Рис. 2. Положение территории листа М-35-IX («Костополь») в пределах зоны сочленения микроконтинентов Фенноскандии и Сарматии (по данным [Bogdanova et al., 2006] с добавлениями авторов): 1 — шов и зона коллизии Фенноскандии и Сарматии, по [Bogdanova et al., 2006]; 2 — осевой участок зоны коллизии, по [Ентин и др., 2020]; 3 — Украинский щит (УЩ); 4 — границы мегаблоков УЩ; 5 — область влияния Вольно-Оршанского плюма; 6 — участки развития сверхглубинных мантийных флюидов, по [Цветкова и др., 2017]; 7 — геотранверсы; 8 — контур листа М-35-IX («Костополь») с тремя структурами зонально-концентрического строения (1 — Городецкая, 2 — Головинская, 3 — Тельчинская); 9 — контур территории Украины. Обозначения: БМ — Бугский мегаблок, БПГ — Белорусско-Подляский гранулитовый пояс, ВМ — Вольнский мегаблок, ВПП — Вольно-Подольская плита, КП — Коростенский плутон, МД — блок Мазовше, МК — Мазурский комплекс, ОК — Околовский террейн, ОМП — Осницко-Микашевичский пояс, ПДДА — Припятско-Днепровско-Донецкий авлаген, РМ — Росинский мегаблок; SP 18 — номера пикетов на геотранверсах.

Fig. 2. Position of the territory of M-35-IX («Kostopol») sheet within the joint zone of microcontinents of Fennoscandia and Sarmatia (according to data [Bogdanova et al., 2006] with additions of authors): 1 — joint and collision zone of Fennoscandia and Sarmatia according to [Bogdanova et al., 2006]; 2 — axial section of the collision zone, according to [Yentyn et al., 2020]; 3 — Ukrainian Shield (USH); 4 — megablock borders; 5 — area of influence of the Volyn-Orsha plume; 6 — areas of development of superdeep mantle fluids according to [Tsvetkova et al., 2017]; 7 — geotransverses; 8 — outline of M-35-IX sheet («Kostopol») with three structures of zonal-concentric construction (1 — Gorodets, 2 — Holovino, 3 — Telcha); 9 — outline of the Ukrainian territory. Designations: БМ — Bug megablock, БПГ — Byelorrussia-Podlyasye granulitic belt, ВМ — Volyn megablock, ВПП — Volyn-Podoliya plate, КП — Korosten pluton, МД — Mazovshe block, МК — Mazur complex, ОК — Okolovo terrain, ОМП — Osnitsk-Mikashevichi belt, ПДДА — Prypyat-Dnieper-Donetsk avlakovgen, РМ — Ros megablock, SP 18 — numbers of pickets on geotransverses.

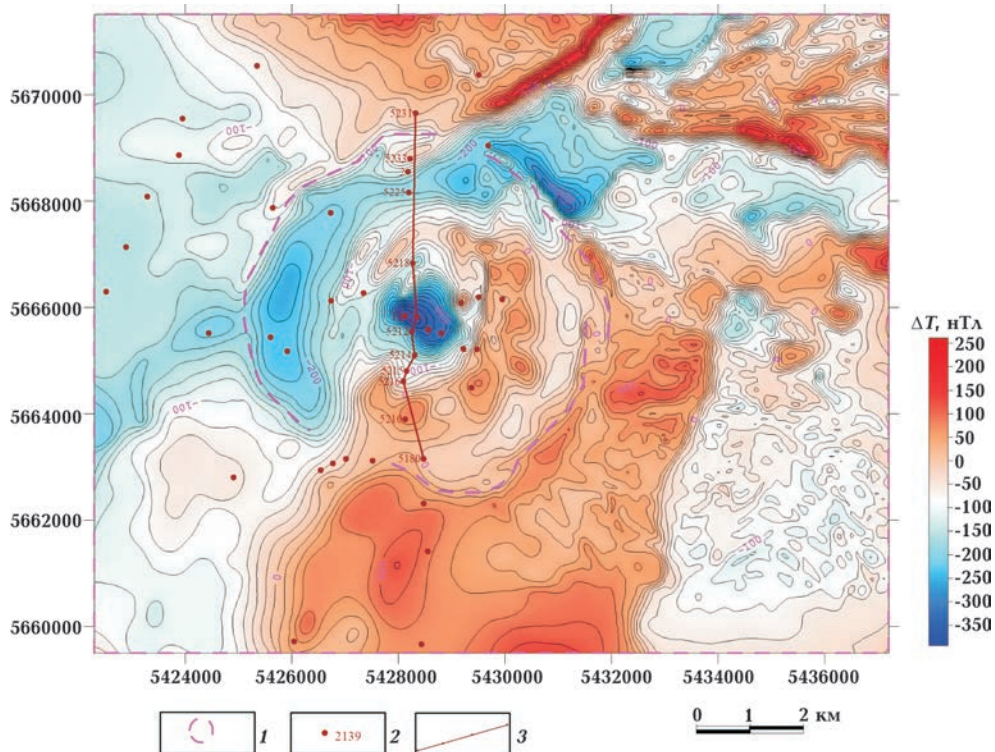


Рис. 3. Тельчинская структура. Карта изодинам ΔT_a : 1 — внешний контур структуры; 2 — скважины и их номера; 3 — линия разреза.

Fig. 3. Telcha structure. Map of isodinam ΔT_a : 1 — outer contour of the structure, 2 — wells and their numbers, 3 — section line.

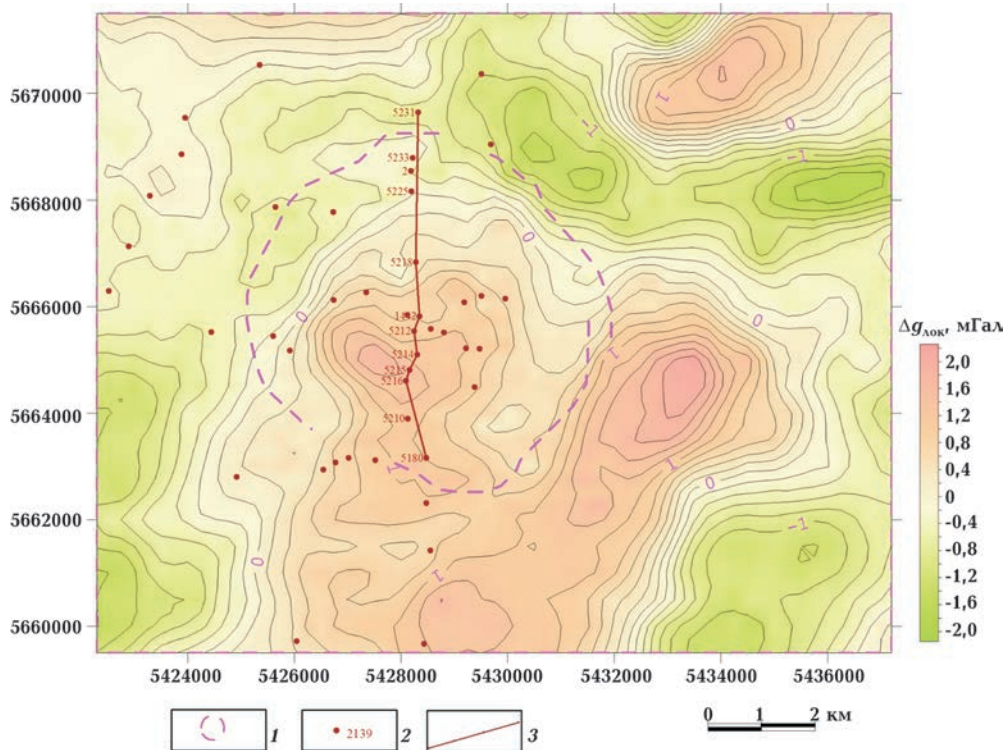


Рис. 4. Тельчинская структура. Карта локальных аномалий силы тяжести (радиус осреднения 5 км): 1 — внешний контур структуры; 2 — скважины и их номера; 3 — линия разреза.

Fig. 4. Telcha structure. Map of local gravity anomalies (averaging radius 5 km): 1 — outer contour of the structure, 2 — wells and their numbers, 3 — the section line.

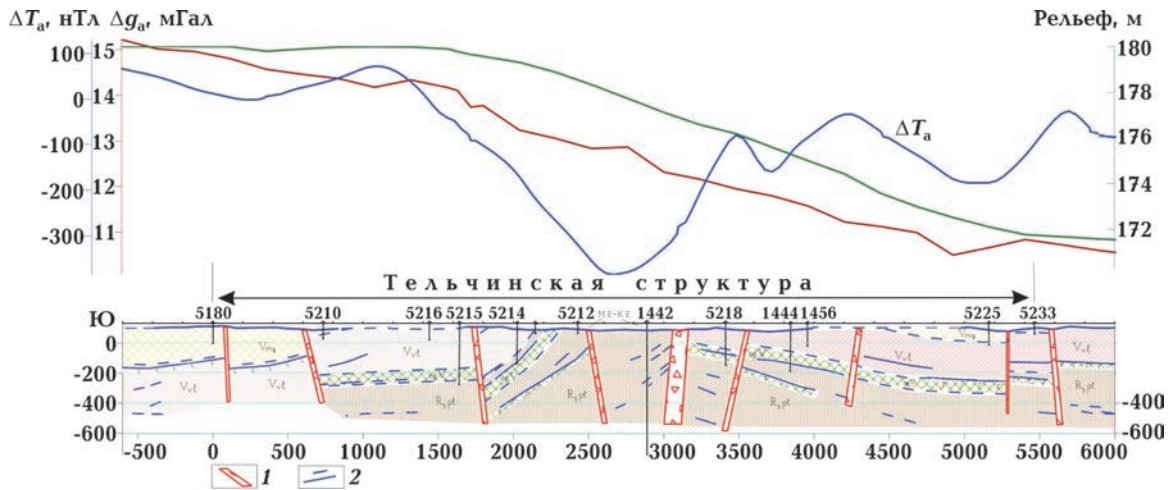


Рис. 5. Тельчинская структура. Сейсмогеологический разрез по субмеридиональной линии, показанной на рис. 3 и 4: 1 — разломы, 2 — отражающие площадки. Образования: R_{3pl} — полесской серии рифея, vβV — траппов волынской серии нижнего венда, Vv1 — осадков волынской серии верхнего венда, Vmг — осадков могилев-подольской серии верхнего венда.

Fig. 5. Telcha structure. Seismological section along submeridional line shown in Fig. 3 и 4: 1 — faults, 2 — reflecting sites. Designations-formations: R_{3pl} — Riphean Polesye series, vβV — traps of the Volyn series of the Lower Vend, Vv1 — sediments of the Volyn series of the Upper Vend, Vmг — sediments of the Mogilev-Podolye series of the Upper Vend.

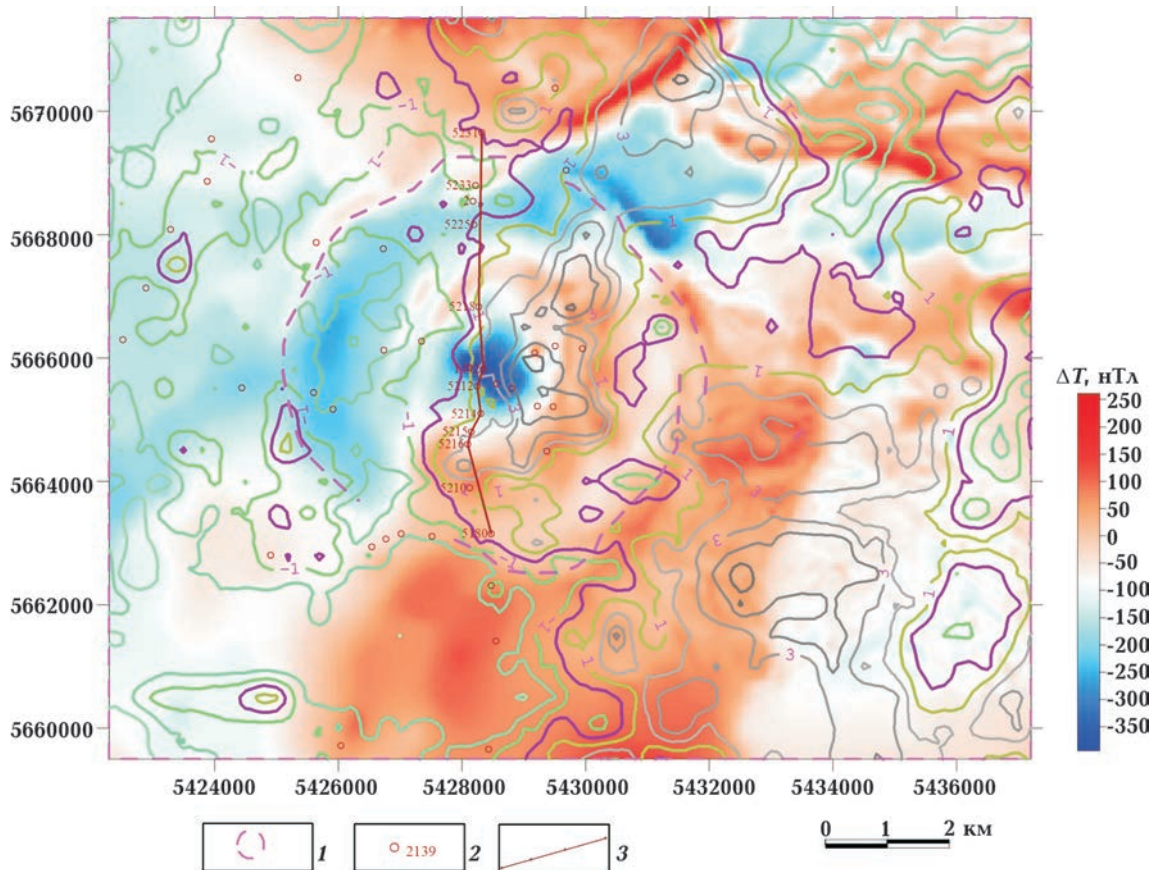


Рис. 6. Тельчинская структура. Карта локальных форм земного рельефа (радиус осреднения 1 км): 1 — внешний контур структуры, 2 — скважины и их номера, 3 — линия разреза.

Fig. 6. Telcha structure. Map of the local forms of the day relief (averaging radius 1 km): 1 — outer contour of the structure, 2 — wells and their numbers, 3 — section line.

этом районе образований платформенно-го чехла (рис. 5). Обособленность Тельчинской структуры проявлена и в ландшафте земного рельефа, где ее внешний контур сопровождается локализованной депрессией амплитудой 2—3 м (рис. 6). На первоначальном этапе изучения природы этой структуры было выдвинуто обычное для объектов подобных геолого-геофизических характеристик предположение о возможной ее генетической связи с процессами локальной плутоно-магматической активности (возможного взрывного характера). Однако результаты выполненного в пределах Тельчинской структуры и в области ее ближайшего обрамления бурения многочисленных скважин (глубина проходки некоторых достигала сотен метров) не показали здесь каких-либо признаков магматизма. Зонально-концентрический внутренний план-рисунок геофизических полей оказался обусловленным кольцевым чередованием выведенных из первичного субгоризонтального положения образований могилев-подольской (алевролитов, аргилитов, песчаников), волинской (долеритов, габбро-долеритов, базальтовых потоков, туфобрекчий) серий и рифейских песчаников полесской серии. В результате более древние немагнитные образования полесской серии в центре Тельчинской структуры оказались на домезозойском срезе в кольцевом обрамлении разломов и образований волинской и могилев-подольской серий различного состава и физических свойств. Для объяснения полученных результатов бурения было предложено несколько новых гипотез о характере и механизме становления Тельчинской структуры.

Так, было высказано мнение, что эта структура представляет горст-грабенное (?) куполообразное сооружение, образованное в результате сложного взаимодействия подвижек сбросо-сдвигового характера герцинского периода активизации Горынского и Ровенского разломов [Гарбуз, 1988]. Относят Тельчинскую структуру и к элементам пликативной куполообразной складчатости, возникшую не только благодаря тангенциальным напряжениям, но

также, возможно, за счет «... плавного *авективного* воздымания разуплотненных в результате *диафтореза* и *гидратации* пород кристаллического фундамента» [Зелінський та ін., 2011].

Как видно, несмотря на хорошую геолого-геофизическую изученность Тельчинской структуры, факторы и механизм ее образования до сих пор остаются неясными. Из-за неординарных особенностей строения и характера проявления в геофизических полях она была отнесена к числу природных геофизических феноменов Украины, механизм формирования которой может быть сходен с процессами соляного диапиризма с последующим эрозионным срезом ее свода [Ентин, 2012].

По нашим современным представлениям, вся совокупность известных данных о геолого-геофизических особенностях строения Тельчинской структуры, формирование которых протекало на фоне плитных коллизионных процессов и влияния сверхглубинных флюидов № 1, № 2 и Волино-Оршанского плюма (см. рис. 2), в наибольшей мере соответствует представлениям об ее импульсной дегазационно-канальной природе. Учитывая ее обособленность в ландшафте земной поверхности, есть все основания ожидать здесь проявления и современных процессов глубинной дегазации Земли.

Тельчинская структура в целом достаточно полно изучена геофизическими методами относительно небольшой глубинности. Рекомендуется дополнить их, в сопровождении с газовой и термометрической съемками, сейсморазведкой МОВ—ОГТ и МТЗ с возможностью изучения скоростных и электрических параметров всего геологического разреза, включая верхнюю часть кристаллического фундамента.

Еще один участок геофизических полей специфического зонально-кольцевого строения, который по ближайшему населенному пункту получил название Головинского, установлен по данным аэромагниторазведки масштаба 1 : 10 000 [Тесленко и др., 1976] и гравиразведки масштаба 1 : 50 000 [Ентин и др., 2020] в юго-западной части

листа М-35-IX. Его структурно-тектоническое положение определяется приуроченностью к восточному крылу Ровенской зоны разломов. Зонально-концентрический план-рисунок магнитного и гравитационного полей этого объекта во многом сходен с Тельчинской структурой. Здесь на фоне преимущественно отрицательного спокойного магнитного поля наблюдается кольцевой пояс локальных максимумов амплитудой до 300 нТл, который почти полностью (в плане и по знаку) коррелируется с такой же кольцевой формой полосой локальных аномалий силы тяжести (рис. 7). Отмеченные цепочки локальных максимумов магнитного и гравитационного полей с большой вероятностью обусловлены межпластовыми силами габбро-долеритов повышенной намагниченности общей мощностью до 15 м при глубине залегания 25—30 м.

Проведенными на Головинской структуре профильными работами методом ЗСБ установлено, что здесь на некоторых точках зондирования отмечаются нетипичные для верхней части геологического разреза, представленного субгоризонтально залегающими осадочными и вулканогенными образованиями, субвертикальные и крутого падения электрические границы (рис. 8), предположительно обусловленные дайками габбро-диабазов либо теми же силами габбро-долеритов, выведенными из первичного субгоризонтального положения. В пользу последнего предположения свидетельствуют и особенности геологического разреза, вскрытого скв. 163, где в интервале глубин 37,5—40 м отмечено тело базальтоидов субвертикального падения. Более понятным в таком случае становится и достаточно контрастный, как для субгоризонтальных петрофизических контактов, характер проявления базальтоидов в потенциальных полях.

На современном этапе изучения Головинской структуры, которое не сопровождалось бурением глубоких скважин, существуют определенные основания связывать ее природу с сохранившимися на уровне домезозойской поверхности фрагментами вулкано-магматической структуры цент-

рального типа с типичными для нее системами кольцевых и радиальных тектонических нарушений.

Однако есть основание рассматривать генезис Головинской (как и Тельчинской) структуры, проявленной на уровне домезозойского среза в виде объекта зонально-концентрического строения, в контексте процессов трубной холодной дегазации Земли с сопутствующими фазами импульсной эксплозии. В отличие от Тельчинской структуры, Головинская, помимо постановки глубинной сейсморазведки и электро-разведки, требует доизучения методами детальной гравиразведки и наземной магниторазведки масштаба 1 : 10 000.

В северо-западной части листа М-36-IX, между с. Городец на западе и Ивановка на востоке привлекает внимание комплексная гравимагнитная аномалия изометричной формы диаметром около 7 км, обрамленная с востока полукольцевой, разомкнутой на западе, цепочкой локальных максимумов Δg_a и ΔT_a , что придает этой структуре зонально-кольцевой вид. В структурно-тектоническом отношении она приурочена к узлу пересечения Горыкого и Ровенского разломов (см. рис. 1). Бурением в центре структуры на уровне кристаллического фундамента установлены лейкократовые и лептитоподобные граниты с реликтами кварцевых диоритов, а в кольцевой зоне отмечена перемежаемость диоритов, гранодиоритов с реликтами габброидов. На южном фланге структуры также установлены габбро-диабазы. Отмечается общая приуроченность центрального минимума Δg_a к локальной депрессии на поверхности кристаллического фундамента амплитудой в десятки метров, которая по данным бурения заполнена песчаниками полеской серии. Геологическая природа этой Городецкой морфоструктуры традиционно связывается с тектоновулканическим аппаратом доплатформенного этапа развития [Турчинов, Матасова, 1977]. Однако существует определенное несоответствие между геофизическими параметрами этой структуры и вскрытыми при бурении породами. Так, интрузивные габброиды, ко-

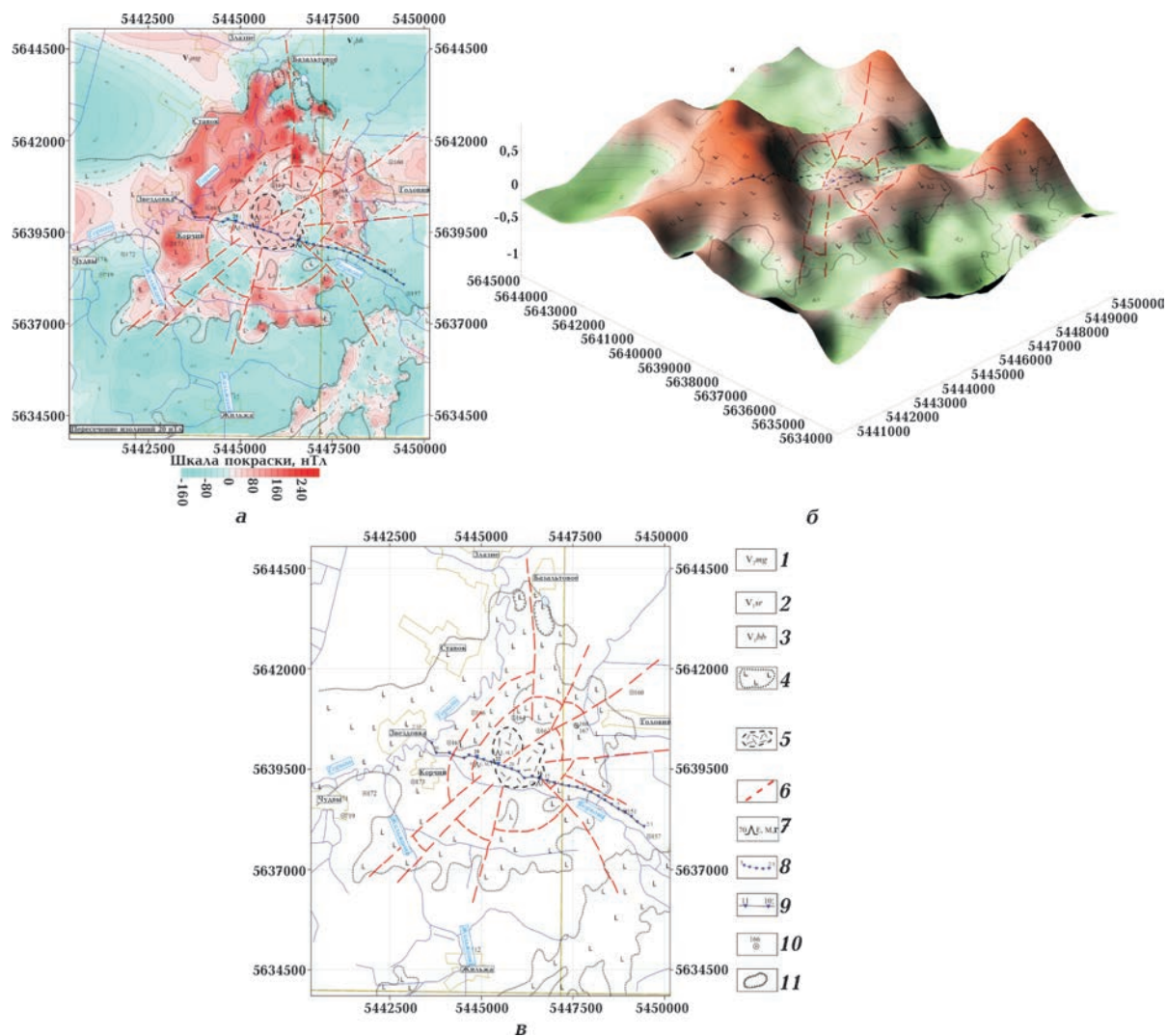


Рис. 7. Головинская структура. Карты масштаба 1 : 50 000: *а* — карта аномального магнитного поля ΔT_a с элементами геолого-геофизической интерпретации (см. рис. 7, *в*), *б* — карта аномалий Буге в изображении 3D, *в* — схематическая петрофизическая карта: 1 — верхний венд; 2, 3 — нижний венд, волынская серия (2 — сергеевская свита, 3 — бабинская свита); 4 — потоки базальтов вблизи поверхности; 5 — эпицентр Головинской структуры; 6 — тектонические нарушения; 7 — комплексные геофизические аномалии; 8 — профиль наземных геофизических исследований; 9 — центры совмещенных петель ЗСБ размером 100 × 100 м; 10 — скважины, достигшие поверхности докембрийского среза; 11 — карьеры добычи базальтов.

Fig. 7. Golovino structure. Maps of 1 : 50 000 scale: *a* — a map of the anomal magnetic field ΔT_a with elements of geological and geophysical interpretation (see Fig. 7, *в*); *б* — a map of Bouguer anomalies in image 3D; *в* — a schematic petrophysical map: 1 — upper Vend; 2, 3 — lower Vend, Volyn series (2 — Sergeevka suite, 3 — Babinty suite); 4 — flows of basalts near the surface; 5 — epicenter of Golovino structure; 6 — tectonic disturbances; 7 — complex Geophysical anomalies; 8 — profile of ground geophysical surveys; 9 — centers of combined loops of ZSB by size of 100 × 100 m; 10 — wells, which reached the surface of the PreCambrian shear; 11 — pits of basalt mining.

торые обычно залегают в виде тел (массивов) изометричной формы, не соответствуют по этому признаку наблюдаемой тут гравимагнитной аномалии почти завер-

шенной кольцевой формы. Нельзя объяснить ее природу и дайками габбро-диабазов, которые из-за своей обычно незначительной мощности практически вообще не

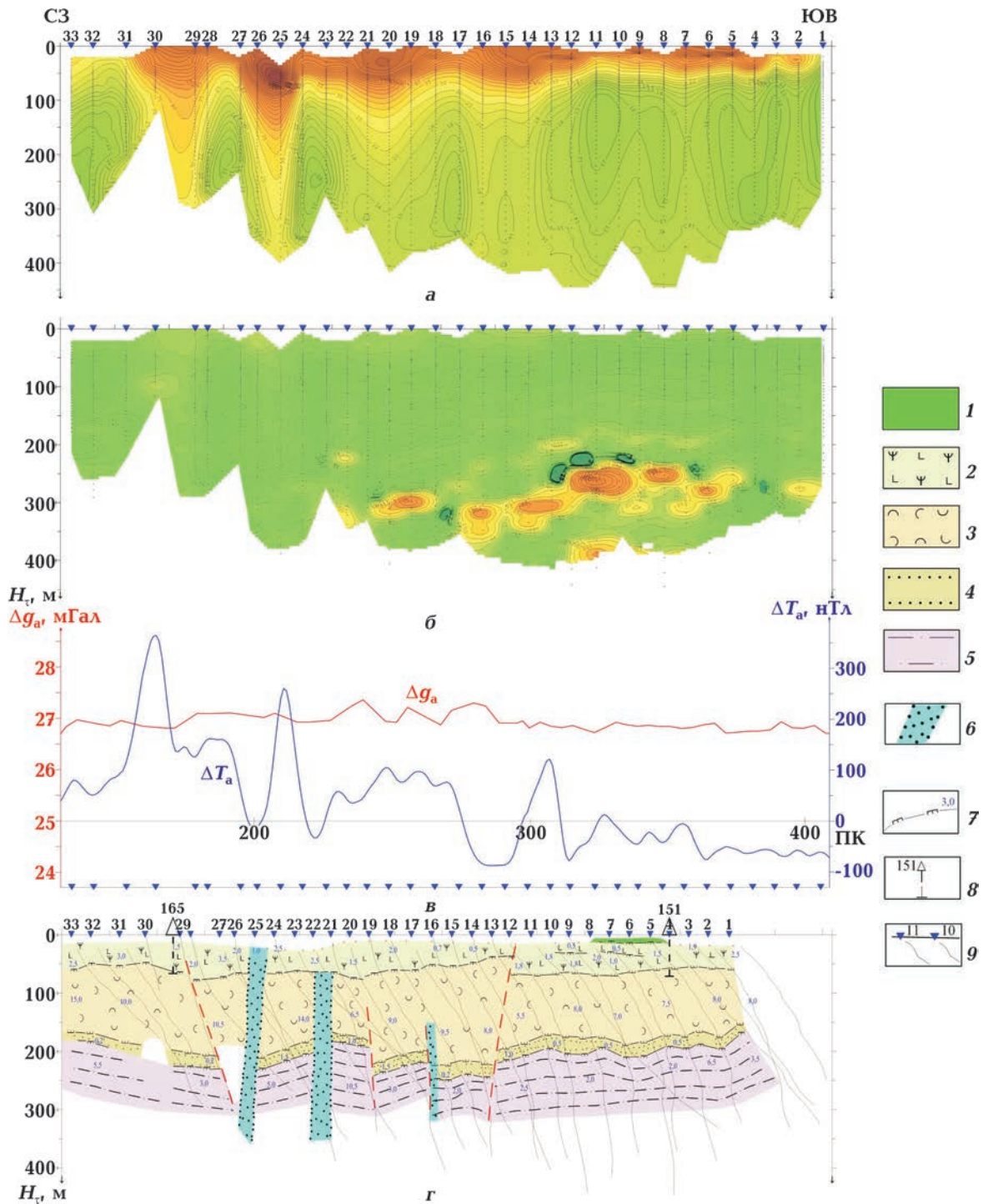


Рис. 8. Головинская структура. Геофизические и геолого-геофизические разрезы по линии зондирования 33-1: а — геоэлектрический разрез изоом ρ_k по данным ЗСБ (алгоритм Р. Сейфуллина); б — геоэлектрический разрез дифференциального сопротивления $\rho_{\text{диф}}$ (алгоритм Р. Сейфуллина); в — графики гравитационного Δg_a и магнитного ΔT_a полей; г — геолого-геофизический разрез по данным ЗСБ (алгоритм Р. Сейфуллина). Условные обозначения: 1 — осадочные образования мезо-кайнозоя; нижний венг: 2 — туфиты, туфо-аргилиты, туфо-алевролиты, базальты, в том числе отдельные потоки базальтов, 3 — туфы базальтового состава, 4 — гравелиты, песчаники; средний—верхний рифей: 5 — песчаники, алевролиты, аргиллиты; 6 — секущие крутопадающие зоны повышенного сопротивления $\rho_{\text{тан}} \gg 15 \div 25 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ — субвертикальные тела базальтоидов или эруптивные брекчии, другие породы, соответствующие жерловой фации; 7 — «площадки» продольной электропроводности, линии их корреляции и значения послойной продольной электропроводности, См; 8 — проекции расположения скважин на разрезе и их номера; 9 — центры совмещенных петель ЗСБ размером $100 \times 100 \text{ м}$ и их номера, внизу кривые $S_t (H_t)$.

проявляются в поле локальных аномалий силы тяжести. Отмеченные особенности строения Городецкой структуры, ее геолого-геофизические характеристики и структурно-тектоническая приуроченность дают возможность предположить ее связь с локальным каналом дегазации Земли. Следует также отметить, что к западному экзо-, эндоконтакту Городецкой структуры тяготеет гидрохимическая аномалия урана.

Имеется положительный опыт сибирских геофизиков [Семинский и др., 2020], проводивших исследования методами электротомографии, радоновой съемки и микросейсмопрофилирования для поиска геологических тел трубчатого типа, контролируемых разломными зонами.

Исследования проводились в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля Якутской алмазоносной провинции. Указанные методы были применены на выделенной предварительными поисковыми работами территории размером $\approx 1000 \times 500$ м в площадном и профильном вариантах. Обработка полученных материалов позволила авторам установить наличие в осадочном чехле трубчатого тела, которое приурочено к узлу пересечения разломных зон и выделяется среди вмещающих пород низкими значениями удельного электрического сопротивления, повышенными концентрациями почвенного радона и высокими соотношениями спектров горизонтальной и вертикальной компонент микросейсм.

У поверхности тело имеет сложную конфигурацию, а на глубине около 40 м приобретает дайкоподобную форму. По материалам микросейсмозондирования тело продолжается на глубину более 2 км. Ав-

торы считают, что одной из причин различия физических свойств выделенного тела и вмещающих осадочных пород является повышенная дислоцированность его субстрата. Поэтому оно, скорее всего, является *криптовулканической трубкой*, сформированной в результате интенсивного подъема флюидов и газов по ослабленной зоне.

Приведенные данные показывают, что при изучении структур трубчатого типа украинские геофизики и раньше, и в предлагаемом сейчас комплексировании геофизических методов стоят на правильном пути. Возможно, комплекс методов необходимо усилить повсеместным выполнением радоновой съемки. Однако, в отличие от условий Якутской алмазоносной провинции, в наших условиях необходимо проникновение исследований на гораздо большую глубину, так как основной поисковый интерес связан с изучением структур домезозойского среза. Этому должны быть подчинены и геоэлектрические (метод МТЗ—МВП) и сейсморазведочные (МОВ—ОГТ) работы.

Иной подход к проблемам дальнейшей идентификации и изучения структур возможной трубчатой дегазации Земли требуется в условиях открытой западной части УЩ, в основном уже обеспеченной материалами геофизических съемок крупного и среднего масштабов. Малая мощность или полное отсутствие платформенного осадочного чехла, неизвестный, возможно весьма глубокий, уровень эрозионного среза кристаллического фундамента затрудняют обнаружение признаков импульсной дегазации в постпротерозойское время. В та-

←
Fig. 8. Golovino structure. Geophysical and geological-geophysical sections along the sounding line 33-1: *a* — geoelectric section of isom ρ_k according to ZSB data (R. Seifullin's algorithm); *b* — geoelectric section of differential resistance ρ_{diff} (R. Seifullin's algorithm); *v* — graphics of the gravitational Δg_a and magnetic ΔT_a fields; *r* — geologic-geophysical section according to ZSB data (R. Seifullin's algorithm). *Symbols*: 1 — sedimentary formations of Meso-Cenozoic; *Lower Vend*: 2 — tuffites, tuffo-argillites, tuffo-alevrolites, basalts, including individual streams of basalts, 3 — tuffs of basalt composition, 4 — gravelites, sandstones; *Middle—Upper Riphean*: 5 — sandstones, aleurolites, argillites; 6 — intersecting steeply dipping zones of high resistance $\rho_{tan} \gg 15 \div 25 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ — subvertical bodies of basaltoids or eruptive breccias, other rocks corresponding to the vent facies; 7 — «sites» of longitudinal electrical conductivity, their correlation lines and values of layer-by-layer longitudinal electrical conductivity, Sm; 8 — projections of well location in the section and their numbers; 9 — centers of combined loops of ZSB of 100×100 m size and their numbers, curves of $S_t(H_t)$ are at the foot.

ких условиях, кроме уже упомянутых выше общих геолого-геофизических признаков канальной дегазации Земли, таковым может стать отсутствие приемлемого, в рамках существующих традиционных представлений, объяснения геологической природы некоторых неординарного вида комплексных геофизических аномалий.

Наиболее привлекательным регионом для обнаружения обозначенных признаков возможного развития площадных процессов холодной и горячей дегазации Земли, по нашим представлениям, может стать тектонически обособленная северная часть (субблок) Подольского мегаблока УЩ. Согласно схемам [Ентин, 2005; Гинтов, 2005], она ограничена на северо-западе зоной Тетеревского глубинного разлома, на юго-востоке зонами — Немировского и Звиздаль-Залесского разломов северо-восточного и меридионального простирания соответственно; на юго-западе и северо-востоке границами субблока являются, соответственно, Хмельникская и Сарненско-Варваровская зоны разломов. По геолого-геофизическим данным установлена и внутриблоковая сеть разломов более высокого порядка, сопровождаемая на отдельных участках дайками габбро-диабазов протерозойского возраста (рис. 9).

Помимо благоприятной для процессов площадной дегазации Земли структурно-тектонической позиции этого субблока, здесь отмечены и другие важные геологические явления. К ним относятся известные природные радоновые источники в районе г. Хмельник, расположение которых приурочено к региональному и локальному минимумам геомагнитного поля и узлу пересечения разломов северо-западного, субширотного и меридионального простирания [Орлюк та ін., 2018], а также многочисленные рудопоявления урана. Только здесь в западной части УЩ по геолого-геофизическим данным установлена локальная концентрация мелких интрузий ультраосновного состава неясной геологической природы (Ждановская, Малоострожская и Малокутыщенская), которым сопутствует минерализация самородного

золота и других благородных металлов (сперрилит), меди, минералов урановой группы. К узлу пересечения Хмельникской и Белокоровичской зон разломов приурочен глубокий изометричной формы минимум силы тяжести, обусловленный штоком лейкократовых хмельникских гранитов. По-видимому, не случайным является присутствие в восточной части этого субблока Ильинецкой и Белиловской структур, обладающих специфическими, эксклюзивными для УЩ геолого-геофизическими характеристиками, отнесенных по этим критериям к числу природных геофизических феноменов Украины [Ентин, 2012]. Именно они, по нашим современным представлениям, представляют первоочередной интерес с позиции их возможной связи с локальными процессами глубинной трубной дегазации Земли.

Ильинецкая аномалия представляет тот редкий случай, когда ее установлению в геофизических полях уже предшествовали геологические исследования, засвидетельствовавшие необычность геологического строения этого локального участка УЩ. Здесь в районе сел Иванько, Лугова, Улановка Ильинецкого (ранее Липовецкого) р-на Винницкой обл. еще с конца 19 ст. были известны эффузивные породы. Современный этап их изучения начался с проведения на территории листа М-35-XXX («Гайсин») площадной гравимагниторазведки [Ушакова, Цымбал, 1957] и геологической съемки масштаба 1 : 200 000. Результатом этих работ стало издание Государственной геологической карты масштаба 1 : 200 000 [Рябенко, Жолдак, 1960]. В объяснительной записке отмеченные эффузивные образования отнесены к туфолавам и туфобрекчиям нижнекембрийского возраста, залегающим в виде покрова северо-западного простирания на породах докембрийского фундамента и перекрытыми алевритами, относимыми к тому же кембрийскому возрасту. Было отмечено сходство этих пород с алевритами района Вольно-Подоллии, описанными при геологической съемке масштаба 1 : 200 000 листа М-35-IX [Стрелкова, 1958].

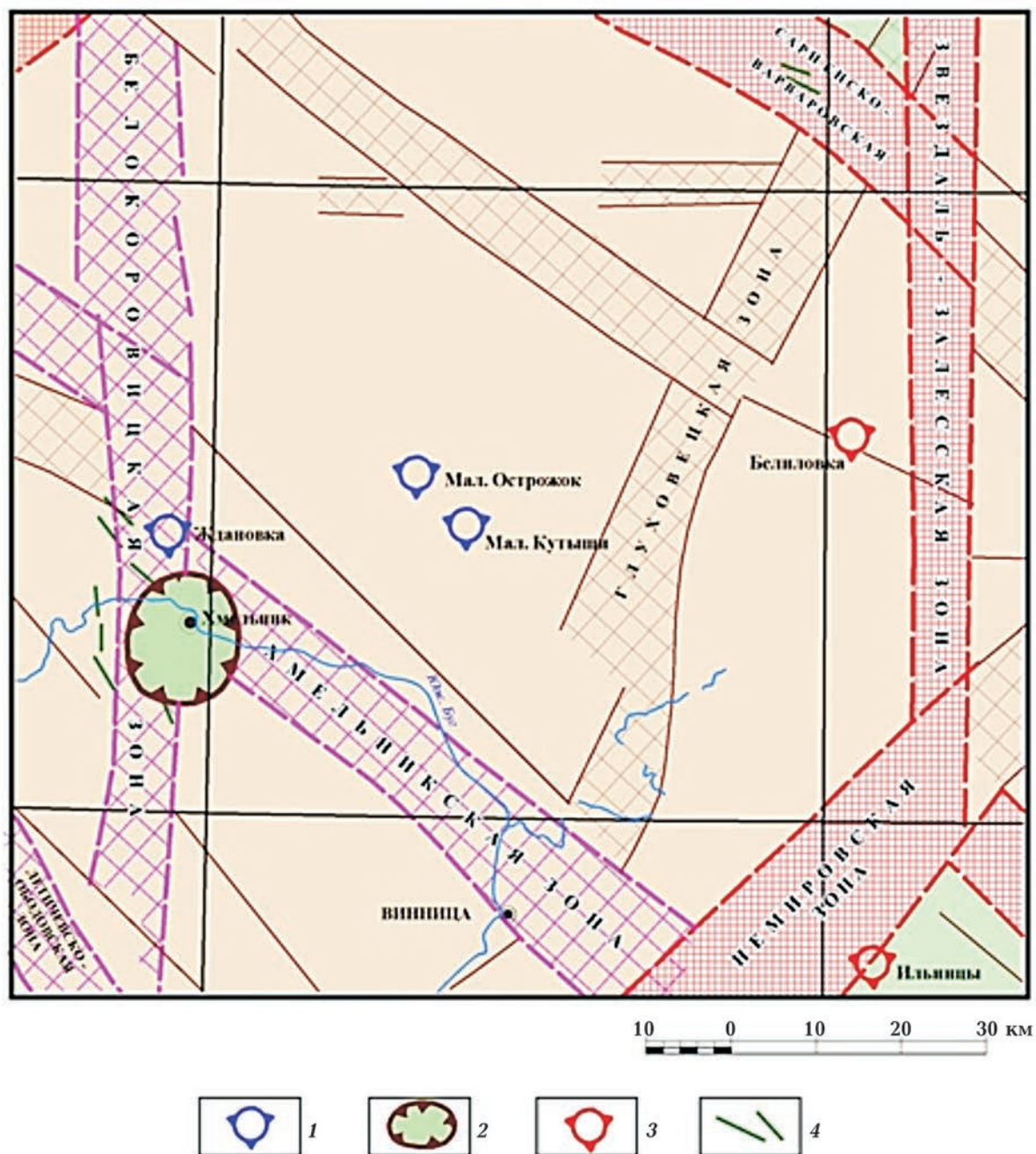


Рис. 9. Схема структурно-тектонического районирования северной части Подольского мегаблока УЩ (по [Ентин, 2005]): 1 — малые структуры пород ультраосновного состава; 2 — Хмельникский гравитационный минимум; 3 — структуры астроблемной (?) природы; 4 — дайки основного состава.

Fig. 9. Scheme of structural and tectonic zoning of the northern part of the Podoliya megablock of the Ush (by [Yentin, 2005]): 1 — small structures of rocks of ultrabasic composition; 2 — Khmelnyk gravitational minimum; 3 — structures of astroblematic (?) nature; 4 — dykes of the basic composition.

Но лишь после проведения здесь крупномасштабных геолого-геофизических съемок [Плохотниченко и др., 1968; Виноградов, Палий, 1973], сопровождаемых бурением

структурных скважин, было установлено, что «эффузивные» образования этого района связаны с обособленной автохтонной тектонической Ильинецкой структурой.

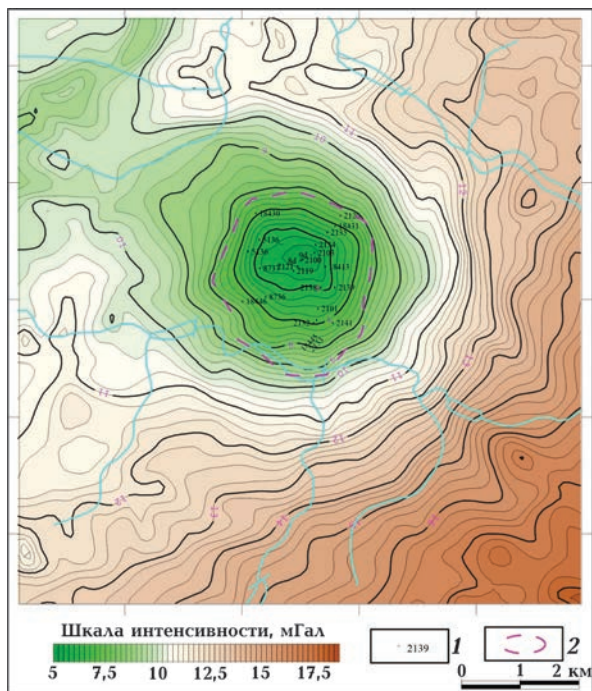


Рис. 10. Ильинецкая структура. Карта гравитационных аномалий в редукции Буге ($\sigma = 2,3 \text{ г/см}^3$): 1 — скважины и их номера; 2 — контур Ильинецкой структуры.

Fig. 10. Ilyintsy structure. The map of gravitational anomalies in Bouguer reduction ($\sigma = 2,3 \text{ g/cm}^3$): 1 — wells and their numbers; 2 — contour of Ilyinets structure.

рой необычного строения, приуроченной к зоне восточного экзоконтакта Немировского разлома (см. рис. 9). В этот период появились две основные гипотезы природы эксклюзивной для всей территории УЩ Ильинецкой структуры. Первая по времени связывает ее генезис с палеовулканическим аппаратом девонского времени [Плохотниченко, Прытков, 1968; Виноградов, Палий, 1973; Гинтов и др., 1975], а вторая, более поздняя, объясняет ее природу результатом космического ударно-взрывного (импактного) события [Вальтер, Рябенко, 1973; Гуров, Гожик, 2006].

В последний раз дополнительные работы по изучению геолого-геофизических особенностей строения Ильинецкой структуры были проведены в процессе проведения на территории листа М-35-XXX («Гайсин») работ по ГДП-200 [Деркач и др., 2015],

в результате чего вся ее площадь оказалась заснята крупномасштабной магниторазведкой и гравиразведкой. Здесь пробурены десятки скважин глубиной несколько более 300 м (рис. 10, 11).

Полученный комплекс современных фактических данных о геолого-геофизических особенностях строения Ильинецкой структуры был обобщен и проанализирован в работе [Ентин и др., 2013], что позволило посмотреть на природу Ильинецкой структуры несколько с других позиций. Остановимся лишь на тех моментах, которые касаются темы данного исследования.

По этим во многом верифицированным материалам Ильинецкая структура, которая на уровне верхней части кристаллического фундамента проявлена в виде воронкообразной депрессии неустановленной глубины (свыше 300 м), действительно приуро-

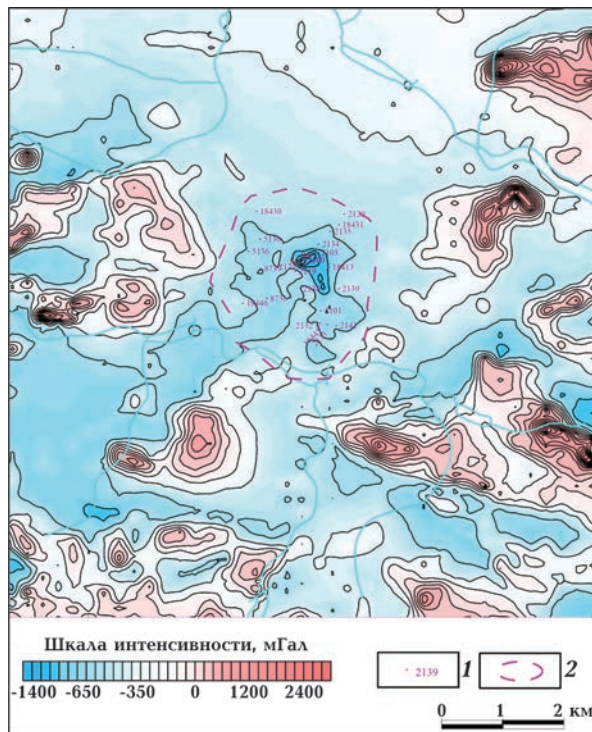


Рис. 11. Ильинецкая структура. Карта изодинам ΔT_a : 1 — скважины и их номера, 2 — контур Ильинецкой структуры.

Fig. 11. Ilyintsy structure. The map of isodinam ΔT_a : 1 — wells and their numbers, 2 — contour of Ilyinets structure.

чена к юго-восточному экзоконтакту зоны мантийного Немировского разлома. В гравитационном поле ей соответствует минимум силы тяжести зонально-кольцевого строения амплитудой $\sim 6,5$ мГал, состоящий из 5 кольцевых цепочек модуля горизонтального градиента W_{xs} . В аномальном магнитном поле ΔT_a к центральной части структуры приурочен глубокий сложного строения минимум амплитудой в несколько сотен нТл (см. рис. 11).

Установлено, что в периферийном обрамлении структуры принимают участие брекчированные, трещиноватые, разрушенные гранитоиды и аргиллиты, а в ее центральной части концентрически-зонального строения — эффузивы и туфобрекчии. Их образование не является синхронным, а растянуто во времени примерно на 50 млн лет, с позднего ордовика до раннего девона. По данным минералогических исследований по всему разрезу структуры установлены неравномерные содержания магнетита, маггемита, тонкодисперсного титаномагнетита, а по данным спектрального анализа отмечены аномальные содержания металлов платиноидной группы. Здесь неоднократно отмечались находки мелких алмазов, относимых, по мнению некоторых исследователей, к категории импактного или синтетического происхождения. Подтверждается отсутствие синхронности как в образовании минералов, так и в приобретении ими магнитных свойств, по крайней мере, на протяжении эпохи не менее смены полярности магнитного поля Земли. Как видно, ни одно из приведенных выше представлений о природе Ильинецкой структуры не объясняют полностью все известные геолого-геофизические характеристики этой структуры. В результате была предложена компромиссная двухстадийная модель ее возникновения. На первом этапе предполагалось ударно-метеоритное событие, которое привело к появлению кольцевых разломов в земной коре. Последующим этапом ее становления стало время тектоно-магматической активизации зоны Немировского мантийного разлома, в процессе которой в верхнюю часть раз-

реза начали поступать минерализованные потоки гидротерм и флюидов, накопление которых прошло в уже подготовленной Ильинецкой импактной структуре и сопровождалось повторным брекчированием пород ее центральной части.

Тем не менее, по нашему мнению, на современном этапе развития геологической науки именно концепция существования канално-трубных очагов длительной импульсной дегазации Земли наилучшим образом соответствует всему накопленному комплексу геолого-геофизических данных по Ильинецкой структуре. При этом общие процессы холодной дегазации могли сопровождаться ее эксплозивными фазами, которые сопровождались брекчированием и выносом вмещающих образований.

Ильинецкая структура как возможный канал дегазации Земли заслуживает самого первостепенного внимания и дальнейшего изучения, в первую очередь, ее глубинных электрических и сейсмическостных характеристик, а также термометрических и газово-эманационных исследований.

Еще одна менее известная структура, также относимая предположительно к объектам ударно-метеоритного события, произошедшего 165 млн лет тому назад (поздняя юра), была установлена по данным гравиразведки масштаба 1 : 50 000 [Германов и др., 1976] на юге Житомирской области, к западу от райцентра Ружин, между с. Белиловка и с. Вольнополье, чем и объясняется ее название — Белиловская (Ружинская) астроблема. Как и Ильинецкая, Белиловская структура находится в пределах восточной части рассматриваемого субблока Подольского мегаблока, приурочиваясь к западному экзоконтакту Звиздаль-Залесской зоны разломов. В настоящее время здесь на площади 16 км² дополнительно выполнены гравиразведка масштаба 1 : 5000 (50 × 50 м), электроразведка МПП, пробурено более 150 скважин [Бондаренко и др., 1978; Голубев, Родченко, 1981]. По этим данным Белиловская структура проявляется в поле аномалий силы тяжести в виде округлой формы локального минимума диаметром ~ 4 км и ам-

плитудой 5,5 мГал. Структура хорошо изучена бурением. Установлено, что природа минимума силы тяжести обусловлена депрессией глубиной 130—160 м в верхней части кристаллического фундамента. В заполняющих впадину породах (зювиты, аллогенная брекчия) постоянно присутствует графит. Как и в Ильинецкой структуре, здесь установлены мелкие алмазы (импактного генезиса?), а также золоторудная минерализация. Несмотря на отсутствие многих геолого-геофизических признаков ударного воздействия, Белиловская структура как объект импактного генезиса была признана на основе кристаллографической специфичности участвующих в ее строении пород. Трудно также объяснить территориальную близость двух импактных событий — образования Ильинецкой и Белиловской структур, разнесенных во времени на 300 млн лет. Как объект возможной канальной дегазации Земли Белиловская структура со своей специфической самородной минерализацией безусловно заслуживает дальнейшего изучения, включающего выполнение здесь глубоинной сейсморазведки и электроразведки методом ЗСБ и МТЗ.

Необходимо отметить, что при подготовке геофизических основ для геологического картирования масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000, а также глубоинного доизучения площадей масштаба 1 : 200 000 (ГДП-200) проблема канальной дегазации Земли и поиска соответствующих геологических структур ранее в Украине не рассматривалась (в силу новизны проблемы). Единственный район, при доизучении которого структуры зонально-концентрического строения связываются с трубной дегазацией недр, это обсуждаемая в данной статье территория листа М-35-IX («Костополь») и восточно-юго-восточного разломного ограничения Подольского мегаблока УЩ.

На самом деле территория распространения таких структур гораздо шире, о чем свидетельствуют результаты геофизических съемок соседних участков, а также сейсмотомографические данные [Цветкова и др., 2017], в соответствии с

которыми вся область Волыно-Полесского вулканоплутонического пояса (ВПВП) и западной части УЩ находится в области сверхглубинного мантийного флюида Волыно-Подольской плиты и в зоне влияния Волыно-Оршанского плюма.

В связи с этим предлагаем возвратиться к анализу геофизических основ ГДП-200 рассматриваемой территории с позиции выявления и изучения структур, связанных с канальной дегазацией Земли.

Выводы. Описанные в статье структуры зонально-концентрического строения являются наиболее яркими среди известных объектов западной части УЩ и ВПВП. Их геологическая природа ранее рассматривалась, с нашей точки зрения, с не совсем верных позиций купольно-складчатого или вулканоплутонического генезиса, так как еще до недавнего времени о процессах трубной дегазации Земли было мало что известно. Анализ геолого-геофизических данных по этим структурам с привлечением представлений именно о таких процессах позволяет сделать вывод об их трубной дегазационной природе.

1. Все рассмотренные структуры прямо связаны с крупными глубинными зонами разломов и нередко с узлами их пересечения.

2. Внутреннее строение таких структур характеризуется густой сетью кольцевых и радиальных разрывов и сильной раздробленностью.

3. Размещение во внутренних частях структур ВПВП более древних пород полесской серии, окруженных кольцевыми разрывами, свидетельствует о структуре типа «поршень», т. е. нижележащие горизонты были выжаты в вышележащие скорее всего под давлением газов.

4. Крутое или субвертикальное падение обычно горизонтально залегающих пород кольцевого обрамления структур ВПВП свидетельствует скорее о процессах импульсной эксплозии, чем о складчатости купольного типа.

5. Локализация во внутренних частях рассмотренных структур различного типа оруденения (углеродистого, золотого) сви-

детельствует о глубинности процессов, сопровождавших их образование.

6. Значительная растянутость во времени формирования структур, которая проявляется в разновозрастности минеральных образований на разных геологических срезах, свидетельствует не об одномоментном, а, скорее всего, импульсном характере их становления.

Причиной и механизмом формирования локальных зонально-концентрических структур изученного района являлся процесс дегазации земных недр, а путями выхода газов и флюидов на поверхность, конечно же, были глубинные разломы. Даже если признать астроблемную природу некоторых структур, случайно оказавшихся в приразломных зонах, это не исключает их перспектив на трубную дегазацию, поскольку возникновение астроблем могло стимулировать эндогенные процессы в коре и мантии Земли.

Рассмотренные материалы показывают, что описанные в статье структуры требуют дальнейшего углубленного изучения

комплексом предложенных методов. Кроме того, если действительно необходимо получить положительные результаты в изучении процессов водородной дегазации литосферы исследуемого региона, необходимо проведение на всей территории ВПВП и западной части УЦ комплексных геолого-геофизических исследований, аналогичных тем, которые были выполнены на площади листа М-35-IX («Костополь»). Таких структур, как Тельчинская, Головинская, Городецкая, здесь может быть гораздо больше. И хотя они могут оказаться не такими яркими, как описанные, но и не менее перспективными. Мировой опыт поисков алмазоносных трубок свидетельствует именно об этом.

В заключение следует отметить, что уже сейчас передовые в технологическом отношении страны рассматривают проблему поисков природного водорода как национальную задачу встраивания в новый технологический уклад [Полеванов, Глазьев, 2020] и Украина в этом отношении не должна упустить свой исторический шанс.

Список литературы

- Бондаренко В.М., Гребнев Г.Г., Дорковская З.Н. Отчет о результатах геологической съемки масштаба 1 : 50 000 территории листов М-35-83-А; -95-А, В. Киев, Геол. фонды ГП «УГК», 1978.
- Вальтер А.А., Рябенко В.А. Петрографические признаки ударно-метеоритного происхождения Ильинецкой структуры (Винницкая область). *Геол. журн.* 1973. № 6. С. 142—146.
- Виноградов Г.Г., Палий Д.П. Геологическая карта масштаба 1 : 50 000 территории листов М-35-107-В и М-35-107-Г. Отчет ГСП № 30 Побужской ГЭ за 1971—1973 гг. Киев, фонды УТГФ, 1973.
- Гарбуз И.С. Групповая геологическая съемка масштаба 1 : 50 000 территории листов М-35-15-Г; М-35-16-В; М-35-28-А, В, Г; М-35-29-В (Чарторийский район) за 1984—1988 гг. Киев, фонды «Севургеология», 1988.
- Германов Б.С., Столяренко К.Д., Мацнева Л.Н. Результаты комплексных геофизических исследований масштаба 1 : 50 000 на площади планшетов М-35-107-А, Б, В, Г. Киев, Геол. фонды ГП «УГК», 1976.
- Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 2005. 572 с.
- Гинтов О.Б., Єнтін В.А., Мичак С.В. До побудови Схеми розломно-мегаблокової тектоніки Українського щита масштабу 1 : 500 000. *Геофиз. журн.* 2017. Т. 39. № 5. С. 63—80. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i5.2017.112340>.
- Гинтов О.Б., Шевченко Т.П., Голуб В.Н. Об эндогенной природе Ильинецкой структуры. *Геол. журн.* 1975. Т. 35. Вып. 1. С. 52—59.
- Голубев В.А., Родченко С.Ф. Отчет о детальных поисках алмазов в пределах Белиловской структуры. Киев, Геол. фонды. ГП «УГК», 1981.
- Гуров Е.П., Гожик П.Ф. Импактное кратерообразование в истории Земли. Киев: Изд. ИГН НАН Украины, 2006. 216 с.

- Деркач С.С., Зюльде В.В., Федоров А.В. Отчет о результатах работ по проведению геологического доизучения масштаба 1 : 200 000 территории листа М-35-XXX («Гайсин»). Киев, Геол. фонды ГП «УГК», 2015.
- 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. УкрДГРИ, 2012. 74 с.
- Ентин В.А., Дзюба Б.М., Лепилин О.М. Результаты работ по подготовке геофизической основы для ГДП-200 территории листа М-35-1X («Костополь»). Киев, Геол. фонды ГП «УГК», 2020.
- Ентин В.А., Орлюк М.И., Павлюк В.Н. Геофизические аспекты строения и генезиса Ильинецкой структуры: импакт или вулкан? *Геофиз. журн.* 2013. Т. 35. № 1. С. 100—112. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i1.2013.116336>.
- Зелінський В.Г., Харчишин Ю.Д., Мельничук В.Г. Державна геологічна карта України. М-б 1 : 200 000. М-35-VIII (Луцьк). Київ, 2011.
- Матасова М.И., Середа Б.Н. Отчет о результатах комплексных геофизических работ по подготовке геофизической основы для групповой геологической съемки масштаба 1 : 50 000 на площади листов М-35-15-Г; 16-В; 28-А, В, Г; 29-В. Киев, КГЭ, 1983.
- Орлюк М.И. Пространственные и пространственно-временные магнитные модели разноранговых структур литосферы континентального типа. *Геофиз. журн.* 2000. Т. 22. № 6. С. 148—165.
- Орлюк М.И., Марченко А.В., Яцевський П.І. Зв'язок радонових і магнітних аномалій на території Українського щита та міста Києва. *Геодинаміка.* 2018. № 1 (24). С. 80—90. <https://doi.org/10.23939/jgd2018.01.080>.
- Орлюк М.И., Ищенко М.В. Сравнительный анализ современной деформации и новейших движений земной поверхности на территории Украины. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 4. С. 161—181. <https://doi.org/10.15407/dopovid2019.08.059>.
- Полеванов В.П., Глазьев С.Ю. Поиски месторождений природного водорода как основа встраивания в новый технологический уклад. *Недропользование.* № 4(8). С. 12—23.
- Плохотниченко Д.И., Прытков Ф.Я. Отчет Коростышевской партии № 49 Кировской экспедиции за 1968 год о специализированной подготовке площадей к глубинным поискам месторождений урана. Киев, фонды УТГФ, 1968.
- Рябенко В.А., Жолдак А.И. Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Лист М-35-XXX. Москва: Госгеолтехиздат, 1960.
- Семинский К.Ж., Борняков С.А., Бобров А.А., Шагун А.Н. Опыт применения электротомографии, радоновой съемки и микросейсмического зондирования для поиска геологических тел трубчатого типа, контролируемых разломными зонами. *Геодинамика и тектонофизика.* 2020. № 11 (2). С. 431—446. <https://doi.org/10.5800/GT-2020-11-2-0484>.
- Стрелкова Н.И. Отчет о геологической съемке масштаба 1 : 200 000 листа М-35-IX. Киев, фонды «Киевгеология», 1958.
- Тесленко А.В., Ищенко В.Ю., Нечаева Т.С. Результаты аэрогеофизической съемки по изучению геолого-структурных особенностей зоны сочленения УЩ с ВПП с целью выявления аномалий и участков перспективных на поиски проявлений кимберлитового магматизма. Киев, фонды КГЭ, 1976.
- Турчинов И.А., Матасова М.И. Отчет о результатах работ по глубинному геологическому картированию масштаба 1 : 200 000 и сопутствующим геофизическим исследованиям, проведенным на территории листа М-35-IX («Костополь») в 1975—1977 гг. Киев, фонды КГЭ, 1977.
- Ушакова Н.И., Цымбал П.Н. Отчет о работах Винницкой геофизической партии за 1957 год. Киев, фонды УТГФ, 1957.
- Цветкова Т.А., Заяц Л.Н., Бугаенко И.В. Сейсмическая визуализация плюмов и сверхглубинных флюидов в мантии под Украиной. *Геофиз. журн.* 2017. Т. 39. № 4. С. 42—54. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i4.2017.107506>.
- Шестопалов В.М., Лукин А.Е., Згонник В.А. Очерки дегазации Земли. Киев, 2018. 631 с.
- Шестопалов В.М., Лукин А.Е., Старостенко, В.И., Пономаренко А.Н., Гинтов О.Б., Рудь А.Д. О перспективах добычи ресурсов водорода из недр Земли: *Тез. докл. на XVI Международной конференции «Водородное материаловедение и химия углеродных наноматериалов», Одесса, 9—13 сентября 2019.* С. 50—51.

- Bogdanova, S., Gorbatshev, R., Grad, M., Janik, T., Guterch, A., Koslovskaya, E., Motusa, G., Skridlaite, G., Starostenko, V., & Taran, L. (2006). EUROBRIDGE and POLONAISE Working Groups. EUROBRIDGE: new insight into the geodynamic evolution of the East European Craton. In D.G. Gee, R.A. Stephenson (Eds.), *European Lithosphere Dynamics* (pp. 599—627). Geological Society, London, Memoirs, 32. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.36>.
- Orlyuk, M., Marchenko, A., & Bakarjieva, M. (2017). 3D magnetic model of the Earth's crust of the Eastern European craton with the account of the Earth's sphericity and its tectonic interpretation. *Visnyk Kyivivs'koho natsional'noho universytetu. Heolohiya*, (76), 55—60. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.79.03>.

The possible degassing nature of some local structures of concentric and zonal structure on the territory of the Volyn-Podolye plate and the Western part of the Ukrainian Shield and the way of their subsequent study

V.A. Entin¹, S.I. Guskov¹, B.M. Dziuba¹, O.B. Gintov², M.I. Orlyuk²,
S.V. Mychak², 2020

¹State Enterprise «Ukrainian Geological Company», Kiev, Ukraine

²S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The article considers some specific features of the fracture-block structure of the Podolye and Volyn megablocks of the Ukrainian Shield, as well as the Volyn-Polesye volcano-plutonic belt (within the sheet of M-35-IX — «Kostopol») in connection with the wide deployment of studies on deep hydrogen degassing of the Earth and the search for geological structures in which it can be detected both in the world and in Ukraine. Particular attention is paid to the Goryn, Rovno, Nemirov, Zvizdal-Zalesye and some other fault zones, within which from a new point of view already known and highlighted other local structures of zone-concentric construction have been distinguished, which can be associated with a certain probability with the processes of tubular degassing of the mantle.

Local signs of pipe degassing structures include the presence of anomalies of magnetic and gravitational fields of isometric form and as well as a specific internal concentric-zonal structure; integral high electrical conductivity anomalies; small amplitudes of troughs on the present day surface, the presence of native copper and other metals mineralization in the contours of the supposed structures; carbonic manifestations, hydrochemical anomalies of uranium and emanations of radon. These signs within the Premesozoic foundation of the «Kostopol» sheet mostly corresponding to Telcha, Golovino and Gorodets zone-ring structures, have been described in detail in the article. Previously, they were classified as paleovolcanic plutonic structures associated with tectonic activation zones, although the absence of direct signs of deep magmatism was ignored in them. An important sign of cold tubular degassing processes with the accompanying phases of pulse explosion in these structures is the steep and even subvertical fall of the rocks of the ring frame, which usually make up a horizontal cover within the area.

The Nemirov and Zvizdal-Zalesye fault zones, which limit the Podolye megablock from the southeast and east, include, respectively, the Ilyinets and Belilovo local ring structures, which are considered as astroblemes by some researchers. This ignores the fact that the Ilyinets structure was being formed over 50 million years, and Carbonaceous manifestations as small diamonds and native gold mineralization in gabbro breccia have been installed in the Belilov structure. The presence of signs of both astroblem and endogenous origin of both structures, allows us to give a combination of both mechanisms of their formation, in which the fall of a meteorite initiates the inclusion of endogenous process, in particular tubular deep degassing. In order to study the features of the deep structure of these patterns, it is proposed to conduct a certain additional complex of geological and geophysical research.

Key words: tubular degassing, concentric-zonal structure, fault zones, the Ukrainian Shield, Kostopol, Ilyinets.

References

- Bondarenko, V.M., Grebnev, G.G., & Dorkovska, Z.N. (1978). *Report on the results of geological survey of 1 : 50 000 scale of M-35-83-A sheet territory; -95-A, B*. Kiev, Geological funds of the State Enterprise «UGC» (in Russian).
- Valter, A.A., & Ryabenko, V.A. (1973). Petrographic Indications of Shock Meteoritic Origin of Ilyinets Structure (Vinnitsa Region). *Heolohichnyy zhurnal*, (6), 142—146 (in Russian).
- Vinogradov, G.G., & Paliy, D.P. (1973). *Geological map of 1 : 50 000 scale of M-35-107-V and M-35-107-G of sheets territory. Report of GSP No. 30 of Pobuzhya GE for 1971—1973*. Kiev, UTGF Funds (in Russian).
- Garbuz, I.S. (1988). *Group geological survey of 1 : 50 000 scale of M-35-15-G; 35-16-V; M-35-28-A, V, G; M-35-29-V (Chartory district) for 1984—1988*. Kiev, Funds «Sevukrgeologia» (in Russian).
- Germanov, B.S., Stolyarenko, K.D., & Matsneva, L.N. (1976). *Results of complex geophysical investigations of 1 : 50 000 scale on the area of M-35-107-A, B, B, Г*. Kiev, Geological funds of the State Enterprise «UGC» (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., Entin, V.A., & Mychak, S.V. (2017). On plotting the scheme of fracture-mega-block tectonics of the Ukrainian Shield in a scale 1 : 500 000. *Geofizicheskiy zhurnal*, 39(5), 63—80. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i5.2017.112340> (in Ukrainian).
- Gintov, O.B., Shevchenko, T.P., & Golub, V.N. (1975). About the Endogenous Nature of Ilyinets Structure. *Heolohichnyy zhurnal*, 35(1), 52—59 (in Russian).
- Golubev, V.A., & Rodchenko, S.F. (1981). *Report on detailed search of diamonds within Belilov structure*. Kiev, Geological funds of the State Enterprise «UGC» (in Russian).
- Gurov, E.P., & Gozhik, P.F. (2006). *Impact crater formation in the Earth history*. Kiev: Publ. by the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, 216 p. (in Russian).
- Derkach, S.S., Zultsle, V.V., & Fedorov, A.V. (2015). *Report on the results of geological pre-mining of 1 : 200 000 scale of M-35-XXX sheet territory (Gaissin)*. Geological funds of the State Enterprise «UGC» (in Russian).
- Entin, V.A. (2005). Geophysical basis of the tectonic map of Ukraine at 1 : 1 000 000 scale. *Geofizicheskiy zhurnal*, 27(1), 74—84 (in Russian).
- Entin, V.A. (2012). *Natural geophysical phenomena in Ukraine*. Kiev: Publ. of the Ukrainian State Geological Prospecting Institute, 74 p. (in Russian).
- Entin, V.A., Dzyuba, B.M., & Lepilin, O.M. (2020). *Results of work on preparation of geophysical basis for GDP-200 of M-35-1X sheet territory («Kostopol»)*. Kiev, Geological funds of the State Enterprise «UGC» (in Russian).
- Entin, V.A., Orlyuk, M.I., & Pavlyuk, V.N. (2013). Geophysical aspects of the structure and genesis of the Ilyinets structure: impact or volcano? *Geofizicheskiy zhurnal*, 35(1), 100—112. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i1.2013.116336> (in Russian).
- Zelinskiy, V.G., Kharchishin, Yu.D., & Melnik, V.G. (2011). *State geological map of Ukraine. The scale is 1 : 200 000. M-35-VIII (Lutsk)*. Kyiv (in Ukrainian).
- Matasova, M.I., & Sereda, B.N. (1983). *The report on results of complex geophysical works on preparation of geophysical basis for group geological survey of scale 1 : 50 000 on the area of sheets M-35-15-F; 16-B; 28-A, B, Г; 29-B*. Kiev geological expedition (in Russian).
- Orlyuk, M.I. (2000). Spatial and spatial-temporal magnetic models of different-rank structures of the lithosphere of the continental type. *Geofizicheskiy zhurnal*, 22(6), 148—165 (in Russian).

- Orlyuk, M.I., Marchenko, A.V., & Yatsevsky, P.I. (2018). Connection of radon and magnetic anomalies on the territory of the Ukrainian Shield and the city of Kyiv. *Geodynamika*, (1), 80—90. <https://doi.org/10.23939/jgd2018.01.080> (in Ukrainian).
- Orlyuk, M.I., & Ishchenko, M.V. (2019). Comparative analysis of modern deformation and the latest movements of the Earth's surface on the territory of Ukraine. *Geofizicheskiy zhurnal*, 41(4), 161—181. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2019.08.059> (in Russian).
- Polevanov, V.P., & Glazyev, S.Yu. (2020). Searches for natural hydrogen deposits as a basis for integration into a new technological order. *Nedropol'zovaniye*, (4), 12—23 (in Russian).
- Plohotnichenko, D.I., & Prytkov, F.Ya. (1968). *Report of the Korostyshev Party № 49 of the Kirov Expedition for 1968 on Specialized Preparation of Areas for Deep Prospecting of Uranium Deposits*. Kiev, Funds of UTGF (in Russian).
- Ryabenko, V.A., Zholdak, A.I. (1960). *Geological map of the USSR at 1 : 200 000 scale. Sheet of M-35-XXX*. Moscow: Gosgeoltekhizdat (in Russian).
- Seminski, K.Zh., Bornyakov, S.A., Bobrov, A.A., & Shagun, A.N. (2020). An experience in application of electrotomography, Radon Survey and Microseismic Sounding for Search of Tubular-type Geological Bodies Controlled by Fracture Zones. *Geodinamika i Tektonofizika*, (11), 431—446. <https://doi.org/10.5800/GT-2020-11-2-0484> (in Russian).
- Strelkova, N.I. (1958). *Report on geological survey of 1 : 200 000 scale of sheet M-35-IX*. Kiev, Funds of «Kievgeologiya» (in Russian).
- Teslenko, A.V., Ishchenko, V.Yu. & Nechayeva, T.S. (1976). *Aerogeophysical Survey Results on Geological and Structural Features of Joint Zone of Ukrainian Shield with the VPP with the aim of Detecting Anomalies and Areas Prospective for Searching of Display of Kimberlite Magmatism*. Kiev geological expedition (in Russian).
- Turchinov, I.A., & Matasova, M.I. (1977). *Report on the results of work on deep geological mapping at a scale of 1 : 200,000 and related geophysical studies conducted on the territory of sheet M-35-IX («Kostopol») in 1975—1977*. Kiev geological expedition (in Russian).
- Ushakova, N.I., & Tsymbal, P.N. (1957). *Report on Works of Vinnitsa Geophysical Party for 1957*. Kiev, Funds of UTGF (in Russian).
- Tsvetkova, T.A., Zayats, L.N., & Bugaenko, I.V. (2017). Seismic visualization of plumes and super-deep fluids in mantle under Ukraine. *Geofizicheskiy zhurnal*, 39(4), 42—54. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i4.2017.107506> (in Russian).
- Shestopalov, V.M., Lukin, A.E., & Zgonnik, V.A. (2018). *Essays on Degasification of the Earth*. Kiev, 631 p. (in Russian).
- Shestopalov, V.M., Lukin, A.E., Starostenko, V.I., Ponomarenko, A.N., Gintov, O.B., & Rud, A.D. (2019). About Prospects of Hydrogen Resources Recovery from the Interiors: *Abstracts of the XVI International Conference «Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials», Odessa, September 9—13, 2019* (pp. 50—51) (in Russian).
- Bogdanova, S., Gorbatshev, R., Grad, M., Janik, T., Guterch, A., Koslovskaya, E., Motusa, G., Skridlaite, G., Starostenko, V., & Taran, L. (2006). EUROBRIDGE and POLONAISE Working Groups. EUROBRIDGE: new insight into the geodynamic evolution of the East European Craton. In D.G. Gee, R.A. Stephenson (Eds.), *European Lithosphere Dynamics* (pp. 599—627). Geological Society, London, *Memoirs*, 32. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.36>.
- Orlyuk, M., Marchenko, A., & Bakarjieva, M. (2017). 3D magnetic model of the Earth's crust of the Eastern European craton with the account of the Earth's sphericity and its tectonic interpretation. *Visnyk Kyyivs'koho natsional'noho universytetu. Heolohiya*, (76), 55—60. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.79.03>.

До питання про можливу дегазаційну природу деяких локальних структур концентрично-зональної будови на території Волино-Подільської плити і західної частини Українського щита та шляхи їх подальшого вивчення

В.А. Єнтин¹, С.І. Гуськов¹, Б.М. Дзюба¹, О.Б. Гінтов², М.І. Орлюк²,
С.В. Мичак², 2020

¹ДП «Українська геологічна компанія», Київ, Україна

²Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України, Київ, Україна

У зв'язку з широким розгортанням як у світі, так і в Україні досліджень з глибинної водневої дегазації Землі та пошуків геологічних структур, в яких вона може бути виявлена, розглянуто деякі специфічні особливості розломно-блокової будови Подільського і Волинського мегаблоків Українського щита, а також Волино-Поліського вулканоплутонічного поясу (в рамках аркуша М-35-ІХ («Костопіль»). Особливу увагу звернуто на Горинську, Рівненську, Немирівську, Звіздаль-Заліську та деякі інші зони розломів, у межах яких з нової позиції розглянуто вже відомі та виділено інші локальні структури концентрично-зональної будови, які можна з певною ймовірністю пов'язувати з процесами трубної дегазації мантії.

До локальних ознак трубних структур дегазації віднесено наявність аномалій магнітного та гравітаційного полів ізометричної форми, зокрема специфічної внутрішньої концентрично-зональної будови, аномалій інтегральної підвищеної електропровідності, невеликої амплітуди западин на сучасній поверхні рельєфу, наявність у контурах передбачуваних структур мінералізації самородної міді та інших металів, вуглецевих проявів, гідрохімічних аномалій урану та еманцій радону. Цим ознакам у межах домезозойського фундаменту аркуша «Костопіль» найбільше відповідають Тельчинська, Головинська, а на рівні кристалічного фундаменту — Городецька зонально-кільцеві структури, детально описані в статті. Раніше їх відносили до палеовулканоплутонічних структур, пов'язаних із зонами тектонічної активізації, хоча при цьому ігнорувалася відсутність у них прямих ознак глибинного магматизму. Важливою ознакою процесів холодної трубної дегазації із супутніми фазами імпульсної експлозії в цих структурах є круте і навіть субвертикальне залягання порід кільцевого обрамлення, які зазвичай у межах району складають горизонтальний чохол.

До Немирівської і Звіздаль-Заліської зон розломів, що обмежують Подільський мегаблок з південного сходу і сходу, належать відповідно Іллінецька та Білилівська локальні кільцеві структури, які деякі дослідники вважають астроблемами. При цьому ігнорується той факт, що Іллінецька структура формувалася протягом 50 млн років, а в Білилівській структурі встановлені вуглецеві прояви у вигляді розсипу дрібних алмазів і самородна золоторудна мінералізація в брекчії габро. Наявність ознак як астроблемного, так й ендегенного походження обох структур дає змогу запропонувати комбінацію обидвох механізмів їх формування, за яких падіння метеорита ініціює включення ендегенного процесу, зокрема трубної глибинної дегазації. На зазначених структурах з метою вивчення особливостей їхньої глибинної будови запропоновано проведення певного додаткового комплексу геолого-геофізичних досліджень.

Ключові слова: трубна дегазація, концентрично-зональні структури, зони розломів, Український щит, Костопіль, Тельча, Іллінці.