

УДК 550.83: 553.81

АЛМАЗОПЕРСПЕКТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ ИНГУЛЬСКОГО МЕГАБЛОКА УКРАИНСКОГО ЩИТА

Калашник А. А., Кирьянов Н. Н.

(ГРЭ № 37, г. Кировоград, Украина)

Палкина Е. Ю.

(Крымское отделение УкрГГРИ, г. Симферополь, Украина)

Наведено результати алмазопошукових робіт, які були виконані КП "Кіровгеологія" на території Ингульського мегаблока Українського щита (УЩ). Накопичений досвід роботи й отримані результати дозволяють очікувати на успішне рішення алмазопошукових завдань в цьому регіоні.

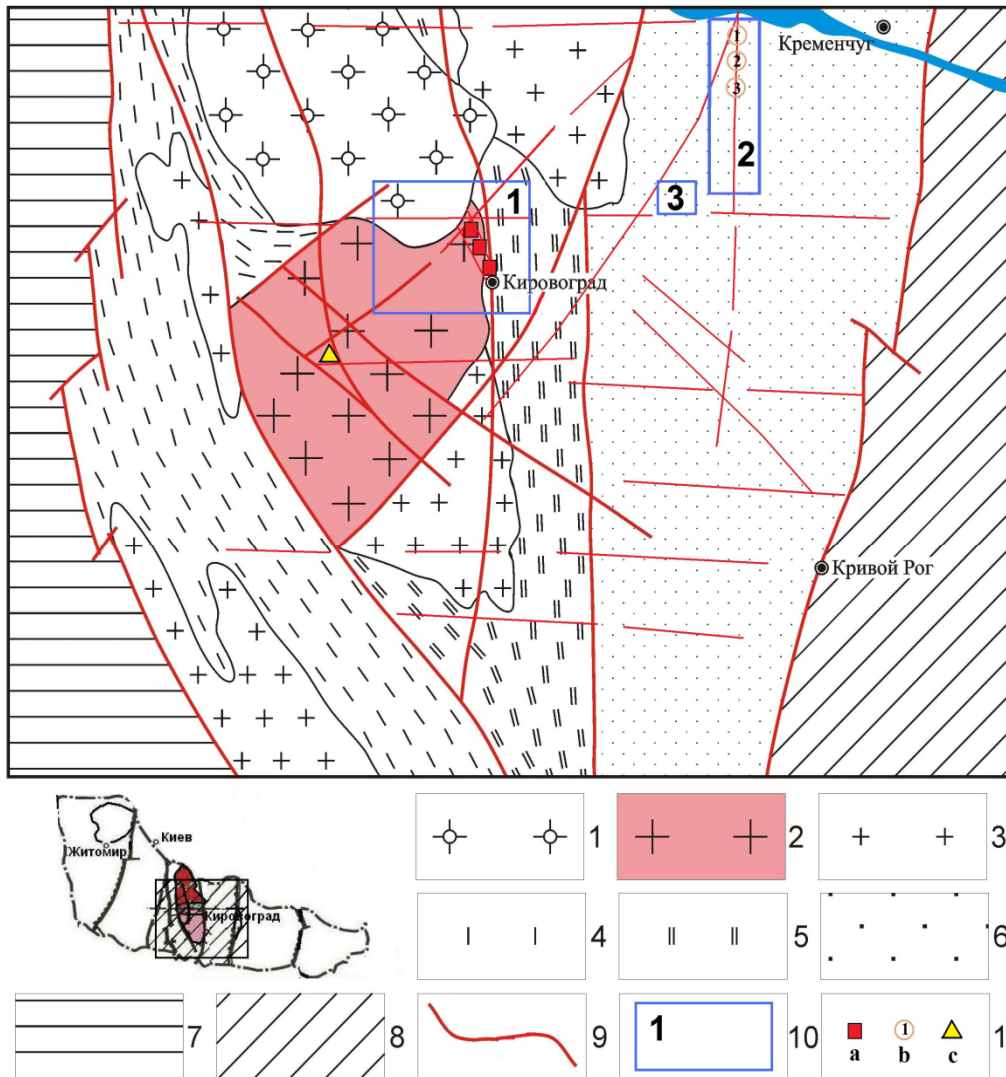
The results of diamond-prospecting work performed by the state-run enterprise Kirovgeologia at the territory of Inhul megablock of the Ukrainian Shield (USh) are described. Gathered experience and obtained results enable looking to successful challenges of diamond-prospecting in this region.

Районом постановки алмазопоисковых работ, проводимых КП «Кировгеология» является северо-восточная часть Ингульского мегаблока Украинского щита (УЩ). В пределы района работ входят: центральные и восточные части Новоукраинского гранитного массива, юго-восточная часть Корсунь-Новомиргородского плутона комплекса габбро-анортозит-рапакиви и северо-западная часть Приингульской синклинали. В результате проведенных ГРЭ-37 КП «Кировгеология» геолого-прогнозных работ на алмазы масштаба 1:200000 на территории северо-восточной части Ингульского мегаблока УЩ площадью 8300 км² были выделены как перспективные Кировоградский, Зеленогайский и Субботский участки (рис. 1) общей площадью

175 км², в пределах которых проводились алмазоперспективные исследования.

Проведенные в северо-восточной части Ингульского мегаблока УЩ исследования и полученные результаты свидетельствуют о перспективах алмазоносности региона и необходимости продолжения исследований. Здесь проявлен кимберлитовый магматизм трех эпох тектоно-магматической активизации: раннепротерозойской, девонской и нижнепалеогеновой. Все продукты кимберлитового магматизма в Ингульском мегаблоке Украинского щита группируются в двух основных структурных позициях. Первая группа структур расположена в приконтактных частях пород Корсунь-Новоукраинского двухфазного плутона (участок Кировоградский) (рис. 1). Вторая группа геологических структур проявлена уже на значительном удалении от плутона и приурочена к северо-западной части Приингульской синклинали, где породы представлены главным образом гранитизированными гнейсами чечелевской свиты (рис. 1).

Для решения задач локального прогнозирования алмазоперспективных объектов, был выбран оптимальный комплекс геофизических исследований, включающий гравиразведку, электроразведку методами вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), вызванной поляризации (ВП) и магниторазведку в профильном и площадном вариантах. Глубокие скважины бурились в пределах выделенных эксплозивных структур с целью локализации кимберлитов в коренном залегании. Основной объем полевых работ был направлен на минералогическое и технологическое опробование пород, являющихся первичными коллекторами минералов-спутников алмазов и алмазов. Наиболее интересными в отношении находок кимберлитовых минералов являются райгородские слои раннего палеогена. Анализ геофизических полей позволил выделить в пределах ореола райгородской толщи цепочки эксплозивных структур, выполненных стратиформными отложениями (Яценко Г. М., ЛНУ), которые в первую очередь отчетливо фиксируются по контрастным (перепад также до 0,5–0,8 мГл) отрицательным гравиметрическим аномалиям размером 0,6–1,0 км. Указанные отложения характеризуется присутствием мантийных производных.



1 – гранити рапакиви і основні породи Корсунь-Новомиргородського плутона (корсунь-новомиргородський комплекс PR₂); 2 – гранитоїди Новоукраїнського масива (новоукраїнський комплекс PR₁); 3 – граніти і мигматити кировоградського комплексу (PR₁); 4 – Братський синклінорій; 5 – Ингулецький синклінорій; 6 – Західно-Ингулецька поло-са; 7 – Дністровсько-Бугський мегаблок (архейський гранулітовий ком-плекс); 8 – Срединеприднепровський мегаблок (архейський граніт-зеленокаменний пояс); 9 – глибинні і регіональні розломи; 10 – участки алмазопи-скових робіт: 1 – Кіровоградський, 2 – Зеленогайський, 3 – Субботський; 11 – а – кимберлітопроявлення Лелековського розлому; б – структури Зеленогайського участка (с півночі на південь): Степцівська, Берестівська, Зеленогайська; с – Рівенська субщелочна мінетта

Рис. 1. Схема розміщення участків алмазопи-скових робіт в межах Ингульського мегаблоку УЩ

Для изучения вещественного состава пород и ИМК применялись химический, петрографический, минералогический, рентгеноспектральный, микронзондовый анализы. Для выделения алмазов применялись технологические методы обогащения алмазо-содержащих пород, разработанные в Крымском отделении (КО) УкрГГРИ. При идентификации алмазов проведены следующие исследования: изучена морфология и составлено их физиографическое описание, исследованы поверхности кристаллов, частично в иммерсионных препаратах. Было проведено исследование спектров фотолюминесценции (ФЛ). Запись спектров в области 400-850 нм выполнялась при охлаждении образцов до температуры жидкого азота, что позволяет однозначно идентифицировать центры ФЛ, устанавливая не только основную спектральную линию центра, но и полную структуру спектра свечения центра.

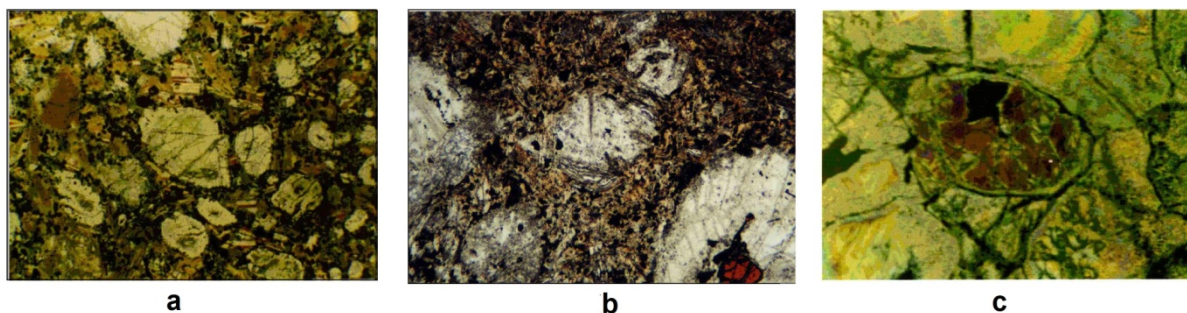
На площади исследований было проведено изучение структурной приуроченности различных типов проявлений ультраосновного щелочного магматизма, особенностей их вещественного состава в каждой эпохе активизации, выработан системный подход к прогнозированию рудных полей на базе создания рабочей модели кимберлитового магматизма в районе работ. Эта модель характеризует конкретную геологическую обстановку, основана на прогнозно-поисковых критериях, учитывает прямые признаки алмазоносности, а так же степень проявления в физических полях алмазоперспективных структур различного иерархического уровня [2, 3]. Это позволяет решить задачу локализации алмазоперспективных объектов.

Большинство кимберлитовых трубок взрыва различных алмазоносных провинций мира располагается в массе осадочных пород с мощностью до 3-х километров, залегающих на древних платформах. Для Ингульского мегаблока вмещающие породы это - метаморфический гранито-гнейсовый комплекс кристаллического щита. Наиболее ярким примером близкой геологической ситуации является положение кимберлитовой трубки Мвадуи на Танзанийском щите, которая и была принята за эталон, что отражено в работе [2]. По аналогии с Танзанийским щитом, центральные части УЩ более перспективны на обнаружение кимберлитов, чем бортовые части УЩ вблизи ограничивающих их

крупных рифтовых разломов (зона перехода – “плечевая” зона). Это подтверждается и особенностями глубинного строения Ингульского мегаблока.

К наиболее ранней раннепротерозойской эпохе относятся проявления кимберлитов дайковой фации в коренном залегании на участке Лелековского разлома в тектонических узлах, образованных нарушениями северо-западного, широтного и северо-восточного простирания (Лелековский, Щорсовский и Оситняжский участки). Кимберлитовые дайки вскрыты в 14 скважинах. Возраст кимберлитов 1810 и 1900 млн лет по флогопиту. Для изучения этих пород и отбора технологической пробы на Лелековском участке был пробурен куст буровых скважин из 31 скважинного пересечения (скв.4095-31). Всего было получено 41 пересечение кимберлитов. Средняя стволовая мощность по всем пересечениям составляет 3,1 м и колеблется от 0,1 м до 7,8 м. Вертикальный размах тел кимберлитов 91,6 м. Дайки встречены в пределах абсолютных отметок -159,5 м – -251,1 м (абсолютная отметка устья скважины 4095 составляет +147,4 м). По простиранию кимберлитопоявление прослежено на 29 м и не оконтурено. Простирание кимберлитовых даек 315° и 45° . Падение тел субвертикальное. Вмещающими породами являются лелековские мелко-среднезернистые биотитовые граниты. Дайки кимберлитов расположены по периферии локальной гравитационной аномалии трубчатого типа интенсивностью 0,5 мГал размером 600×500-400 м. Порода даек представлена брекчированными слюдистыми и интенсивно измененными кимберлитами с порфириковой структурой, которая обусловлена фенокристами оливина и флогопита. Зерна оливина полностью серпентинизированы, флогопита также часто полностью замещены хлорит-рудным агрегатом с тонкой оторочкой карбонатных выделений по периферии. Вещество, цементирующее порфириковые выделения оливина и флогопита, представлено смесью серпентина, хлорита, рудного минерала и карбоната. В кимберлитах встречены глубинные ксенолиты размером 2–8 мм до нескольких сантиметров, сложенные, в основном, вторичными продуктами – смесью пластинчато-волокнистого серпентина, бастита, рудного минерала. Ксенолиты

глубинных пород по петрографическим особенностям соответствуют гранатовым дунитам (рис. 2) и гарцбургитам.



а – кимберлит слюдистый Щорсовского участка (скв. 4097–5, гл. 266,7). Сериально-порфировая структура. В основной массе – оливин, флогопит (тетраферрифлогопит), маложелезистый биотит, карбонат, серпентин, рудный минерал. Николи II. Ув.40, б – шпинель-флогопитовый кимберлит Лелековского участка (скв. 2685, гл. 346,5 м) – измененные оливковые макрокристы (один включает шпинель) и набор фенокристов шпинели и флогопит-обогащенной матрицы. Ширина поля обзора – 7,9 мм; с – кимберлит Лелековского участка (скв. 4095-2, гл. 348,2). Серпентинизированный ксенолит гранатового дунита. Реликт зерна оливина, окруженный серпентин-тальковым агрегатом. В оливине включения келифитизованного ксенокристалла граната. Николи +. Ув. 100. (Исследования Бекеши С. Н., Федоришина Ю. И., ЛНУ)

Рис. 2. Микрофотографии образцов кимберлита Лелековского и Щорсовского участков

В таблице 1 представлены отдельные петрохимические анализы, которые дают представление о химическом составе кимберлитов Лелековского и Щорсовского участков.

Из керна куста буровых скважин 4095 были сформированы технологическая проба Т-96-1 весом 280 кг и две лабораторные минералогические пробы весом 22 кг и 6,6 кг, которые изучались в Крымском отделении УкрГГРИ, Львовском Национальном университете (ЛНУ) и компании «Де Бирс». В пробе Т-96-1 в Крымском отделении УкрГГРИ было установлено два кристалла алмаза (таблица 2). Кроме кристаллов алмаза, в пробе были выявлены зерна хромдиопсидов, (содержание Cr_2O_3 в трех из них колеблется от 0,98 до 1,29 %) и хромшпинелиды. В последних, по данным

электронно-зондового анализа шести зерен, содержание Cr_2O_3 колеблется в пределах 12,35- 33,57 % и MgO 16,61-18,64 %. Также выделены гранаты, соответствующие гроссуляр-пиропальмандинам, что позволяет предполагать эклогитовую ассоциацию.

Таблица 1

Химический состав кимберлитовых пород Лелековского и Щорсовского участков Ингульского мегаблока (%)

Окис- лы	Скв.40 95, гл. 333,8	Скв.409 5, гл. 348,2	Скв.40 95, гл. 356,4	Скв.40 95, гл. 358,5	Скв.409 7-10 гл.354,5	Скв.409 7-2 гл. 246,0
SiO_2	31,43	34,21	33,49	35,99	21,08	38,06
TiO_2	1,64	0,45	1,67	1,25	0,93	2,46
Al_2O_3	4,12	1,97	4,67	3,69	1,97	3,59
Cr_2O_3	0,27	0,46	0,32	0,30	0,08	0,09
Fe_2O_3	10,78	4,46	7,87	7,56	1,78	5,67
FeO	1,95	1,67	2,03	1,86	2,00	3,90
MnO	0,16	0,09	0,29	0,41	0,31	0,20
MgO	19,54	14,45	22,05	15,84	10,68	20,97
CaO	12,18	22,31	9,98	17,72	30,49	10,50
NiO	0,10	0,30	0,22	0,27		
K_2O	1,65	0,07	1,15	0,62	0,22	0,20
Na_2O	0,35	0,18	0,24	0,14	0,20	0,70
P_2O_5	0,27	0,10	0,35	0,32	2,28	0,79
H_2O^-	2,18	0,48	0,17	0,16	0,69	8,10
CO_2	6,80	14,01	11,35	9,87	21,34	0,06
$\text{S}_{\text{общ.}}$	0,24	0,22	0,12	0,10	0,08	0,04
П.п.п	6,03	4,24	4,33	4,17	5,44	4,21
Σ	99,99	99,67	100,30	100,27	99,57	99,54

Анализы выполнены в ИГМР НАН Украины (аналитик Крижевич В. Л.): образцы 1–4 участок Лелековский, 5,6 –участок Щорсовский.

В одном образце Т-96-1/5 установлено преобладание пиропового минала над гроссуляровым и альмандиновым компонентами. Более полные данные о концентрации Cr_2O_3 и MgO в хромшпинелидах получены по пробе весом 6,6 кг, исследованной

лабораторией компании «Де Бирс». Выполнено 377 электронно-зондовых анализов. По полученным данным содержание Cr₂O₃ в хромшпинелидах из этой пробы изменяется от 10 до 47 % (в 26 случаях оно превышает 40 %), а содержание MgO варьирует в пределах 14–20 %.

Таблица 2

Характеристика алмазов, найденных в кимберлитах и ксенотуфобрекчиях в пределах северо-восточной части Ингульского мегаблока УЩ

Участки	Параметры алмазов				
	Размеры (мм)	Морфология	Цвет, включения	Сохранность	Цвет ФЛ, центры ФЛ
Лелековский	0,19x0,18x0,14	октаэдр	зеленовато-серое, черные включения	расколотое, трещиноватое	Не люминесцирует
Лелековский	0,07x0,07x0,05	октаэдр	-«-	обломок	-«-
Лесной	0,3x0,18	октаэдр	-«-	обломок	-«-
Северная Оситняжка	0,25x0,21x0,18	сросток двух октаэдров	зеленовато-серое, черные включения	расколотое,	светло-голубая
Грузской	1,4x 1,2x0,9	шпинелевого двойника кристалла переходной формы октаэдр-ромбододекаэдр	серый, черные включения	поврежден, скол протогенический	желто-оранжевая, 578 нм, S1, N3
Грузской	6 осколков одного кристалла размерами от 0,1 до 0,25	октаэдр-ромбододекаэдр с полосами пластической деформации	дымчатый, желтый, черные включения	осколки, сколы механические свежие	голубая, лиловая. N3, 490,7 нм, 715 нм, H4, H3
Грузской	0,2	октаэдр	дымчатый, желтый, черные включения	осколок, сколы механические свежие	голубая, лиловая, N3, 490,7 нм, 715 нм, H4, H3

Характеристика химического состава хромшпинелей из кимберлитов и эруптивных брекчий различных участков Ингуль-

ского мегаблока представлена в таблице 3 и на рисунке 3, 4, гранатов - в таблице 4.

На участке Щорсовском была пробурена многоствольная (11 стволов) глубокая скважина 4097. Скважинами вскрыты дайки кимберлитов, ксенолиты из которых по петрографическому составу относятся к гарцбургит-дунитам (исследования Бекеши С. Н. Федоришина Ю. И., ЛНУ).

Таблица 3
 Химический состав хромшпинелей из кимберлитов и эруптивных брекчий Ингульского мегаблока и из кимберлитов Якутии [1]

Компонент	Ингульский мегаблок					Якутия	
	Щорсовский участок (кимберлит)	Лелековский участок (кимберлит)	Грузской участок (кимберлит)	Зеленогайская структура (кимберлит)	Ровенский участок (эруптивные брекчии)	Трубка Айхал (гарцбургит-дуниты)	Трубка Удачная (лерцолиты)
Сг-компонент	35,3-41,1	17,4-39,3	35,3-84,0	76,4-83,9	65,0-78,1	83,4	41,0
Al-компонент	52,9-63,2	81,2-61,8	14,1-45,6	11,9-20,2	7,2-13,3	12,4	42,1
Ульвошпинель	0,1-0,6	0,2-0,5	0,5-5,2	0,1-0,6	1,3-1,8	0,4	2,8
f, %	29,2-41,9	28,0-23,5	58,9-64,3	40,9-51,9	46,8-73,0	45,1	41,0
K ₀	43,8-75,7	9,4-20,7	3,4-50,5	27,3-28,6	38,2-45,0	11,3	0

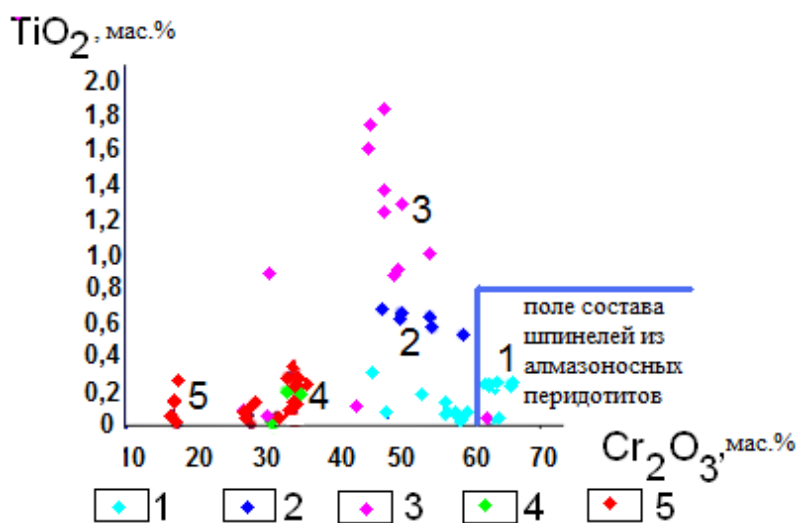
Таблица 4
 Химический состав гранатов из кимберлитов Ингульского мегаблока и Якутии [1]

Компоненты	Ингульский мегаблок		Якутия	
	Щорсовский участок	Грузской участок	Трубки Айхал, Удачная (гарцбургит-дуниты)	Трубка Удачная (лерцолиты)
Ca-компонент	12,9 - 17,5	10,9 - 11,4	1,8 - 11,2	13,3 - 16,5
Mg- компонент	28,3 - 66,6	71,3 - 73,7	76,0 - 87,7	61,6 - 75,2
Cr- компонент	0,1 - 0,6	18,5 - 20,9	11,2 - 40,2	4,5 - 16,7
f, %	36,3 - 76,8	17,9 - 18,4	11,7 - 16,2	14,1 - 27,8

По текстурно-структурным особенностям и вещественному составу эти породы близки к кимберлитам Лелековского участка. На Щорсовском участке получено 23 пересечения по телам кимберлитов. Стволовая мощность кимберлитовых даек изменяется от 0,5 до 18,2 м. Падение тел вертикальное, простирание 305°.

Дайки встречены в пределах абсолютных отметок +28 м – -218 м (абсолютная отметка устья скважины 4097 составляет +155,0 м).

По простираню дайки кимберлитов вскрыты на протяжении 80 м. Из кимберлитов слюдистого типа была отобрана технологическая проба весом 229 кг. Кроме того, отобраны минералогические пробы весом 21,3 кг и 4,5 кг. В пробах кристаллы алмаза не установлены. Во всех пробах был обнаружен полный комплекс ИМК: пиропы, пикроильмениты, хромшпинелиды, хромдиопсиды, высокомагнезиальный оливин.



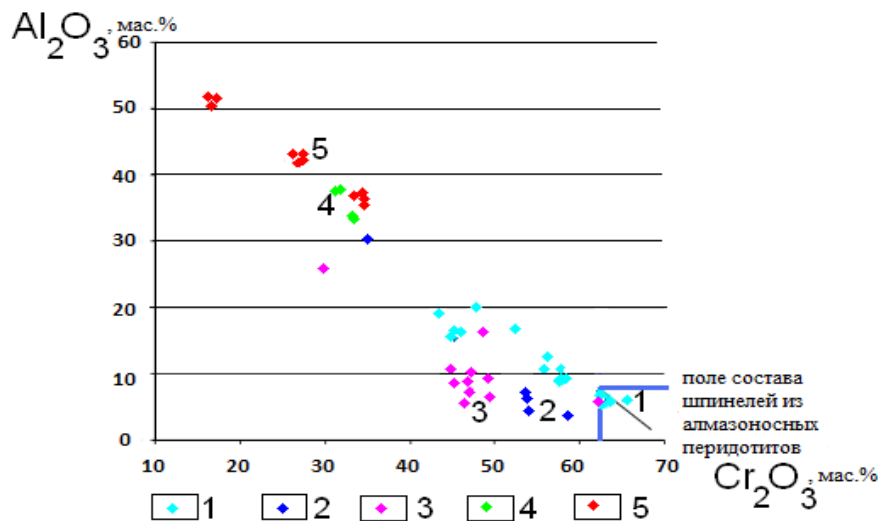
1 – Зеленогайская структура (анализы выполнены в ИГМР НАНУ, г. Киев), 2 – Ровенские эруптивные брекчии (анализы выполнены в КО УкрГГРИ, г. Симферополь), 3 – Грузской участок (анализы выполнены в ИГМР НАНУ, г. Киев), 4 – Щорсовский участок, 5 – Лелековский участок (анализы выполнены в лаборатории рентгеноспектрального анализа Польской академии наук, г. Варшава)

Рис. 3. Диаграмма состава хромшпинелидов (соотношение хром-титан)

Однако по химическому составу минералов-индикаторов эти кимберлиты не могут быть отнесены к алмазоносной фации (содержание Cr₂O₃ в хромшпинелидах изменяется в пределах 31–50 %, содержание MgO – в пределах 10–17 %).

В коре выветривания над кимберлитовыми дайками Щорсовского и Лелековского участков выявлены признаки экспло-

зивного процесса (тефровый материал в виде лапилей и пизолитов), что позволяет предполагать наличие каналов взрывного выброса, не установленных на данный момент бурением.



Условные обозначения см. рис.3

Рис. 4. Диаграмма состава хромшпинелидов (соотношение хром-алюминий)

К девонской эпохе активизации на площади исследований относятся тела щелочных лампрофиров, выявленные геологами-съемщиками (Нудельман Г. А., 1971 г., Бабынин А. К., 1985 г.). Абсолютный возраст ровенских минетт по микроклину 350–275 млн лет. Минетты – породы пятнисто-серого цвета, с преобладающей полевошпатовой составляющей, с мелкозернистой основной массой. В основной массе выделяется ориентированный железистый флогопит черно-бурого цвета, черная роговая обманка, зеленый диопсид. Отмечен псевдолейцит, вторичные слюдистые минералы, в пустотах выщелачивания - цеолиты, карбонаты. Среди акцессорных минералов встречены: гранаты, апатит, циркон, ильменит, монацит, рутил. По поводу генезиса ровенских минетт до сих пор нет однозначного мнения, поскольку по содержанию кремнезема состав пород варьирует от основного до среднего и кислого. Главными их геохимическими особенностями является устойчивое высокое $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ отношение до 10 и

более. В этом аспекте они имеют сходство с лампроитами, но в отличие от них более обогащены SiO_2 и Al_2O_3 , более бедны на MgO (табл. 5). Факт присутствия этих пород в районе работ очень важен, поскольку образование палеозойских магматитов, с геохимическими чертами лампроитов микроклинового ряда в центре щита, предполагает возможность выявления и оливиновых лампроитов, которые могут быть алмазоносными, как в Западной Австралии (Аргайл, Эллендейл). Однако наибольший интерес представляет не сама минетта, а более поздние жилообразные и штокверкоподобные эруптивные брекчии по ней. В 1971 году, а затем позднее (1973 г.) при детализации лампрофирового штока была вскрыта эруптивная брекчия мощностью до 77м (скв. 1833, Нудельман Г. А.), отнесенная к приконтактной.

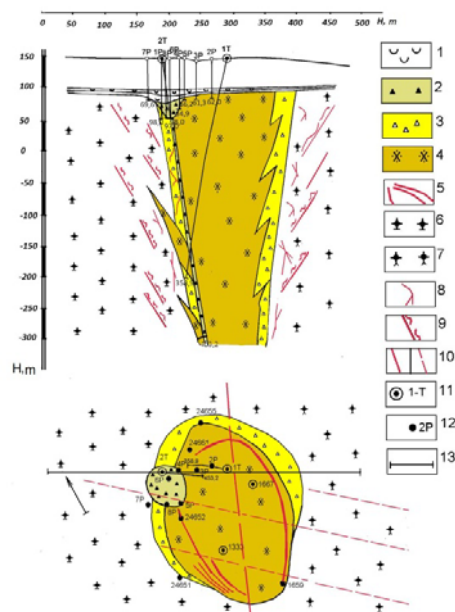
Таблица 5

Химический состав минетт с. Ровное Ингульского мегаблока

Окислы	1	2	3
SiO_2	65,95	60,46	69,87
TiO_2	0,68	0,77	0,58
Al_2O_3	12,60	12,42	12,37
Cr_2O_3	0,023	0,020	0,025
Fe_2O_3	2,37	4,18	1,51
FeO	1,77	2,43	1,06
MnO	0,027	0,045	0,016
MgO	2,47	3,83	2,67
CaO	0,95	2,42	-
Na_2O	1,85	1,68	1,20
K_2O	4,78	6,40	3,61
P_2O_5	0,41	0,55	0,10
H_2O^-	1,09	0,85	2,90
H_2O^+	2,73	2,40	1,66
CO_2	0,51	1,10	1,61
SO_3	0,66	0,32	0,33
Σ	99,12	99,86	99,49

Анализы сделаны в КО УкрГГРИ из материала пробы Р-1: 1 - среднее по пробе; 2 - порфировая разница минетты; 3 - афировая разница минетты, обогащенная ксеногенным материалом; аналитик Т. А.Клименчук.

Поскольку в массе брекчий отмечено много обломков лампрофиров, часто окатанной формы совместно с угловатыми обломками вмещающих пироксеновых гранитов, у специалистов ГРЭ-37 возникло предположение, что эруптивные брекчии не являются приконтактовыми, а образовались позднее вследствие мощного газового прорыва. Предполагается, что формирование кимберлитовых диатрем начинается с мощного газового взрыва, что обусловлено быстрым подъемом мантийных флюидов, внутреннее давление в которых на определенных глубинах могло значительно превысить литостатическое. Эти соображения обусловили бурение ГРЭ-37 двух глубоких скважин 1-Т и 2-Т (рис. 5), в результате которого было установлено столбообразное тело эруптивной брекчии, которое прорывает контакт лампрофира массивной текстуры.



1 – каолиновая кора выветривания, 2 – столбообразное тело эруптивной брекчии, 3 – эруптивная брекчия, 4 – слюдистый лампрофир, 5 – дайки кварцевого порфира, 6 – граниты новоукраинские, биотитовые крупнопорфиробластовые, 7 – граниты новоукраинские, биотитовые, гиперстенсодержащие крупнопорфиробластические, 8 – зоны интенсивной трещиноватости пород фундамента, 9 – зеркала скольжения, 10 – дизъюнктивы: а – крупные, б – мелкие, 11 – положение устьев глубоких скважин, 12 – положение устьев картировочных скважин, 13 – линия профиля

Рис. 5. Геологический разрез по профилю 6 и план Ровенской структуры

Цементирующая масса брекчии микрозернистая с большим количеством мелких (3–5 мм) обломков кварца, реже полевого шпата. Ксенолиты вмещающих пород (0,3–3 см) имеют сглаженную форму обломков – угловатоокатанную. Это характерный тип формы обломков из кимберлитовых и лампроитовых брекчий (форма обломков из вулканогенных брекчий средних и кислых пород – остроугольная и “рогульчатая”). Среди обломков встречены: гранитоиды, лампрофиры двух типов (массивной и трахитоидной текстуры). В обломках гранитоидов темноцветные минералы хлоритизированы и замещаются апатитом. Все включения и обломки характеризуются сильным внутренним дроблением. Этот факт также является характерным для включений из лампроитовых (кимберлитовых) брекчий.

Вся геологическая ситуация указывает, что эруптивная брекчия является результатом самостоятельного магматического очага. По всей вероятности, данная рубка взрыва лишь использовала магматические каналы, проработанные лампрофирами.

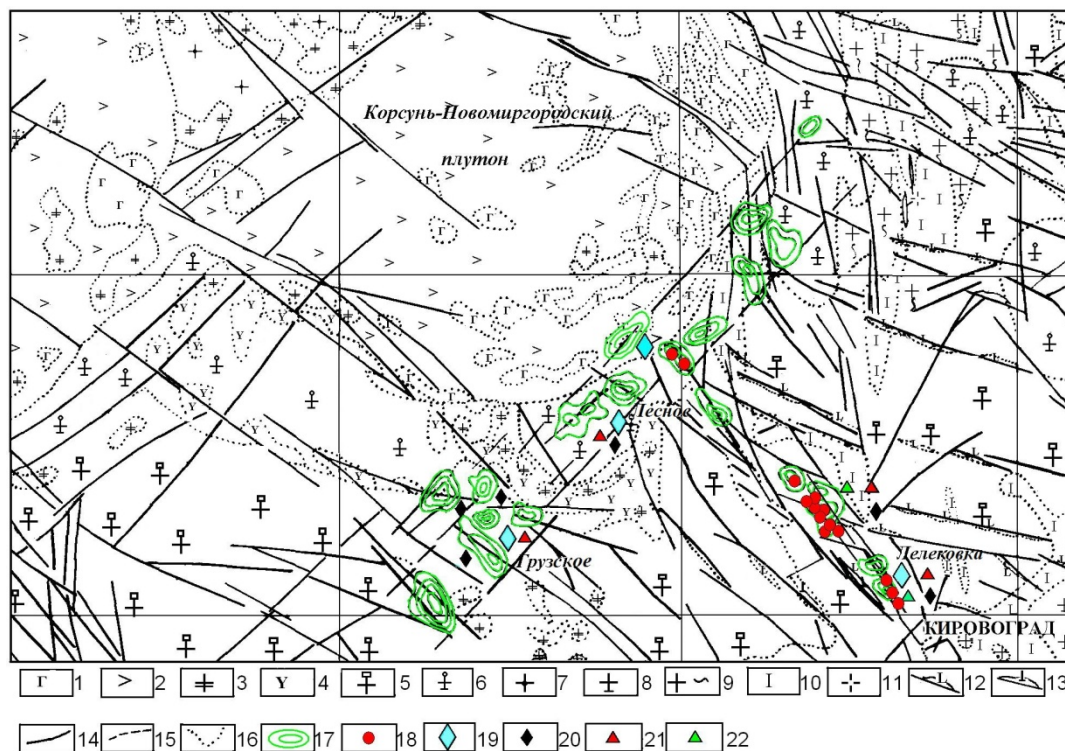
Минералогическое опробование эруптивных брекчий (проба 4-1 весом 2060 кг (скв. 2-Т), пробы Р-1 весом 578 кг, Р-2 весом 73 кг, Р-3 весом 283 кг, Р-4 весом 129 кг, Р-5 весом 68 кг) позволило установить следующие ИМК: хромсодержащие маложелезистые диопсиды лерцолитового парагенезиса графит-пироповой фации глубинности типичные для лерцолитовых нодулей из кимберлитов, высокохромистые шпинели ($Cr_2O_3=46,60-58,58\%$) (рис. 3, 4), а также зерно высокохромистого магнезиального ильменита ($Cr_2O_3=3,27\%$, $MgO=3,03\%$) [2]. Также в тяжелой фракции шлиха из ровенской эруптивной брекчии были найдены пироп-альмандины, корунд и дистен. Учитывая низкое содержание ИМК в технологической пробе, вероятнее всего, что на Ровенском участке сформировались продувные трубки взрыва, где магматизм проявился преимущественно посредством газового прорыва с выбросом небольшого количества кимберлитового материала.

В Ингульском мегаблоке широко проявлены взрывные процессы. Взрывы в районе работ повторялись неоднократно. Наиболее продуктивным в проявлении взрывных процессов в Ингульском мегаблоке является мел-палеогеновый этап тектони-

ческой активизации, который чрезвычайно плодотворен и в других регионах мира. Эксплозивные продукты этого этапа принадлежат большей частью к формации брекчиевых и exploзивно-осадочных образований, которые в северо-восточной части Ингульского мегаблока УЩ ассоциируются в основном с райгородской толщей. Основная часть ореола указанной толщи тяготеет к приконтактовым частям Корсунь-Новомиргородского массива габбро-анортозит-рапакиви. Ореол образован вдоль серии тектонических узлов которые являются следствием пересечения Захаровской зоны разломов северо-восточного простирания, идущей по экзоконтакту плутона рапакиви в его юго-западной части с субпараллельными разломами северо-западного простирания, которые упираются в плутон. Райгородские слои образованы из обломков вмещающих пород кристаллического фундамента на фоне мощных автономных тектонических подвижек с эффектами маарового вулканизма. На многих участках в пределах райгородской толщи выявлены прямые признаки кимберлитового магматизма. К ним отнесены проявления автолитовых брекчий кимберлита, алмазы и ИМК в породах, образующих кольца выброса exploзивных диатрем. Поскольку выполнение exploзивных структур характеризуется присутствием мантийных производных, это свидетельствует о мощной exploзивной активности эндогенного характера в эпохи их формирования.

Алмазопоисковые исследования позволили установить цепочку exploзивных структур по юго-восточному обрамлению Корсунь-Новомиргородского плутона, которая контролируется Захаровским разломом северо-восточного простирания, имеющего протяженность в первые десятки километров (рис. 6). В ряде структур (Грузская-Южная, Грузская-Центральная, Лесная-Восточная, Северо-Оситняжская, Оситняжская) проведенными работами установлены обломки автолитовых ксенотуфобрекчий кимберлитов, кристаллы кимберлитовых алмазов и индикаторных минералов кимберлитов. Это подтвердило эффективность предложенного геофизического критерия для локализации структур exploзивной природы в пределах Захаровского разлома, который можно считать тектонической зоной, вдоль которой интенсивно проходил процесс мантийной дегазации. Захаровская разломная зона северо-восточного простирания контролирует мощ-

ный ореол распространения брекчированной райгородской толщи, залегающей непосредственно на породах фундамента. Размер эксплозивных структур в диаметре – первые сотни метров. Они выделены в пределах тектонических узлов, расположенных вдоль глубинных разломов через дискретный шаг (рис. 6).



1 – габбро, габбро-нориты; 2 – анортозиты; 3 – монцониты; 4 – сиениты; 5 – граниты биотитовые, порфиروبластические; 6 – граниты рапакиви; 7 – граниты контаминированные пироксен-рогово-обманковые; 8 – граниты равномернoзернистые биотитовые; 9 – мигматиты; 10 – гнейсы биотитовые; 11 – граниты пегматоидные; 12 – внемасштабные дайки диабазов; 13 – внемасштабные дайки пикритовых порфиритов; 14 – тектонические нарушения; 15 – границы разновозрастных геологических отделов; 16 – границы одновозрастных литологических и фациальных отделов; 17 – контуры отрицательных гравияномалий, контролирующих эксплозивные структуры; 18 – проявления кимберлитов дайковой фации раннепротерозойского возраста; 19 – находки кимберлитовых алмазов; находки минералов-спутников алмаза; 20 – хромшпинелидов; 21 – пироба; 22 – хромдиопсидов

Рис. 6. Структурно-тектоническая схема расположения эксплозивных структур Кировоградского участка Ингульского мегаблока УЩ

В скважинах 4074, 4076 (структура Грузская-Южная) установлено присутствие автолитовых ксенотуфобрекчий кимберлита. В материале технологической пробы весом 237 кг были выявлены 10 зерен хромшпинелидов размером от 0,08 до 0,15 мм (октаэдры и их сростки). Микронзондовыми исследованиями этих зерен определено содержание в них Cr_2O_3 от 30 до 62,17 % и MgO от 7,3 до 12,5 %. В большей части исследованных шлиховых проб установлен флогопит в единичных зернах, в скважине 4086 (пробы 86,88,89) его содержание достигает сотых долей процента. Все скважины, пробуренные в пределах гравияномалии Грузская-Южная вскрыли на контакте валунного горизонта и выветрелых гранитов прослой весьма специфической глины, мощность которого колеблется от первых десятков см до 5,6 м. Рентгеноструктурный анализ указанных отложений, проведенный сотрудниками Львовского отделения УкрГГРИ позволил констатировать, что основным ее компонентом является магнезиальный монтмориллонит (содержание $\text{MgO} = 0,14-0,20$ % при полном отсутствии каолинита в ее составе), что подтверждает наличие проявления ультраосновного магматизма в пределах структуры.

В скважинах 4061,4067, 4052, 4053, 4055 (участок Лесной) установлено присутствие автолитовых ксенотуфобрекчий кимберлитов (рис. 7, 8, 9).



Рис. 7. Автолит-пизолит-лапиллиевая ксенотуфобрекчия. Общий вид (скв. 4055, глубина отбора 85,1-85,3 м). Участок Лесной

Пробы содержат обломочный материал субщелочного, основного и ультраосновного состава и присущие им минералы. Глинистая фракция в основном сложена монтмориллонитом со смешанным составом катионов, монтмориллонит-гидро-слюдистой смешанослойной фазой, вермикулитом, хлоритом и серпентином (?) (исследования Федоришина Ю. И., ЛНУ).



Рис. 8. Автолитовая ксенотуфобрекчия кимберлита, ожелезненная. Общий вид (скв. 4067, гл. 103,8-104,15 м). Участок Лесной

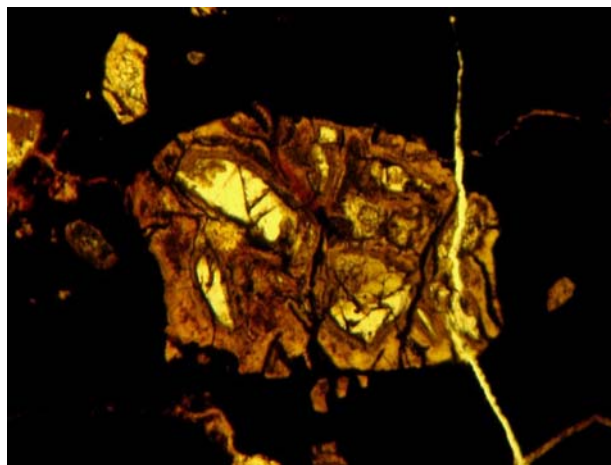


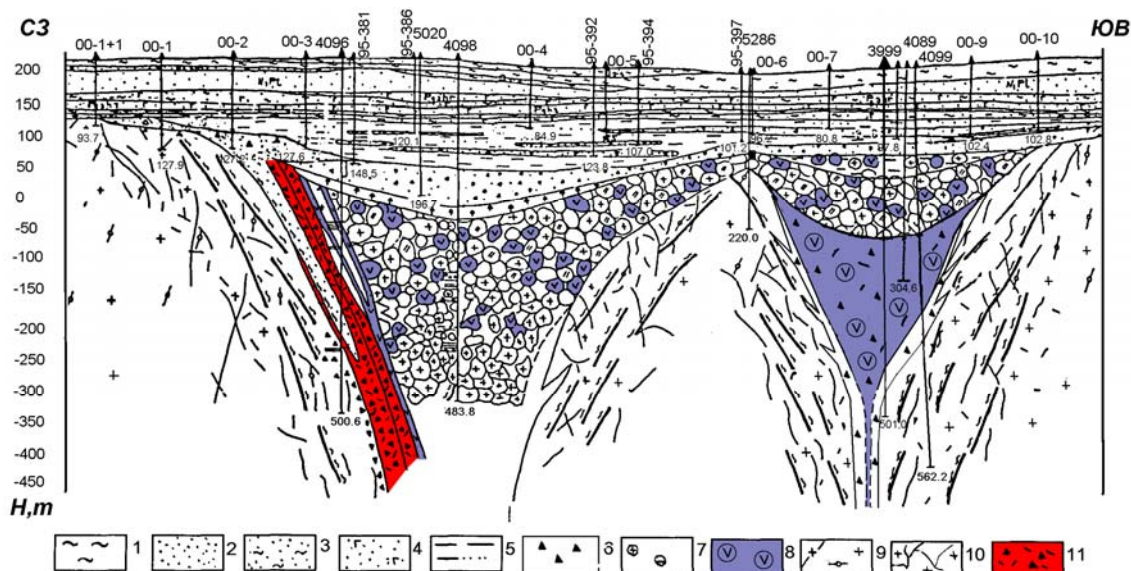
Рис. 9. Фрагмент внутреннего строения автолита и внутреннего строения кристалла оливина с реликтовой петьчатой структурой (автолитовая ксенотуфобрекчия кимберлита, ожелезненная, характерная для жерловой-диатремовой фации). Николи параллельные, увеличение 100^x (исследования Федоришина Ю. И). (скв. 4067, гл. 103,8-104,15 м)

Верхняя часть разреза взрывных структур представлена латеритными корами выветривания ксенотуфобрекчий, в которых выявлены кристаллы алмаза и ИМК, в том числе алмазной ассоциации (участок Лесной - в пробе 93/2 весом 237 кг обнаружен кристалл алмаза (табл. 2). В пробе Л-1 весом 457 кг обнаружено также одно зерно альмандин-пироба эклогитового парагенезиса и хромшпинелиды; участок Северная Оситняжка - в материале пробы Т-96-2 весом 180 кг был обнаружен один кристалл алмаза кимберлитовой природы, участок Грузской - были установлены кимберлитовые алмазы - 7 зерен (табл. 2), и мантийные пиробы - 150 обломков ($Cr_2O_3=6,1-7,1\%$, $MgO=19,33-20,01\%$, $CaO=4,14-4,38\%$), хромшпинелиды (с содержанием в них $Cr_2O_3=30-62,17\%$ и $MgO=7,3-12,5\%$) (табл. 3, 4, рис. 3, 4). Установленные в ксенотуфобрекчиях взрывных структур алмазы являются типичными кимберлитовыми, предположительно эклогитового и перидотитового парагенезиса, без характерных особенностей, присущих алмазам из россыпей Украины (дефекты, связанные с радиационным облучением - центр 575 нм и другие, которые считают типичными для алмазов из россыпей Украины, по результатам спектральных исследований в них отсутствуют (табл. 2). Все установленные дефектные центры являются типичными для природных кимберлитовых алмазов, не пребывавших в россыпях длительное время [4]. Поскольку ИМК (пиробы, хромшпинелиды), практически не имеют следов механического износа, а породы, в которых они установлены, являются стратиформными (исследования Яценко Г. М.), можно предположить, что коренные источники должны быть рядом.

Вторая группа геологических структур, связанных с мел-палеогеновой эпохой тектонической активизации локализована в пределах Субботского (5 структур) и Зеленогайского (6 структур) участков. Анализ геофизических полей позволил выделить в их пределах целую серию кратерных образований, которые в первую очередь отчетливо фиксируются по контрастным (перепад также до 0,5–0,8 мГал) отрицательным гравиметрическим аномалиям размером 0,6–1,0 км.

На Зеленогайском участке откартирована структура взрывного вулканогенного типа (рис. 10), где верхняя часть разреза

представлена толщей окисленных туфов превращенных в пестроцветные монтмориллонитовые глины с реликтами минералов из зоны окисления кимберлитов.



1 – глины и суглинки Q; 2 – кварцевые пески N₁; 3 – глауконитовые пески и суглинки P_{g3}; 4 – глауконитовые глины и суглинки P_{g2}; 5 – кратерные глины и суглинки P_{g1}; 6 – грубообломочные осадки на глинисто-карбонатном цементе P_{g1}; 7 – гранито-гнейсовый крупно-глыбовый завал с песчано-туфовым цементом P_{g1}; 8 – ксенотуфобрекчия жерловой фации с включениями автолитовой брекчии кимберлита P_{g1}; 9 – породы гранито-гнейсового фундамента PR₁; 10 – участки катаклазированных пород фундамента; 11 – зоны сильно окисленных туфобрекчий

Рис. 10. Геологический разрез Зеленогайской структуры

Ниже по разрезу до глубины 360 – 400 м вскрывается зона развития ксенотуфобрекчий (рис. 11, 12) с обломками измененных кимберлитов. По результатам исследования двух технологических проб Т-02-1 весом 359 кг и Т-02-2 весом 22 кг, отобраным из ксенотуфобрекчий, в Крымском отделении УкрГГРИ выявлены ИМК, соответствующие по химическому составу их верхнемантийным аналогам (высокохромистые ($Cr_2O_3 = 45,4 - 63,66 \%$), магнезиальные ($MgO=7,3-11,16 \%$) хромшпинелиды (рис. 3, 4, табл. 3), и магнезиальные ($MgO = 9,00-10,00 \%$) хромсодержащие ($Cr_2O_3=1,03-1,06 \%$) пикроильмениты).

Микроскопическое исследование глинистой составляющей ксенотуфобрекчий дало возможность установить реликтовый структурный рисунок автолитовых брекчий (исследования ЛНУ, Бекеша С. Н., Федоришин Ю. И.).



Рис. 11. Ксенотуфобрекчия с ксенолитами автолитовой кимберлитовой брекчий. Участок Зеленогайский. Скважина 3999. Фрагмент интервала керн 294,3-295,6 м



Рис. 12. Ксенотуфобрекчия с ксенолитами автолитовой кимберлитовой брекчий. Участок Зеленогайский. Скважина 3999. Фрагмент интервала керн 349,5-351,6 м

Отдельные обломки автолитов, контуры которых подчеркнуты нитевидными выделениями «рудной пыли», погружены в

аналогичную глиноподобную массу. В пределах обломков просматривается реликтовая порфиристая структура. Порфиристые включения первой и второй генераций, которые представляли собой зерна оливина, полностью замещены вторичными продуктами. Изучение таких фрагментов дает основания говорить о присутствии среди пород диатрем Зеленогайской структуры автолитовых брекчий кимберлита (рис. 13).

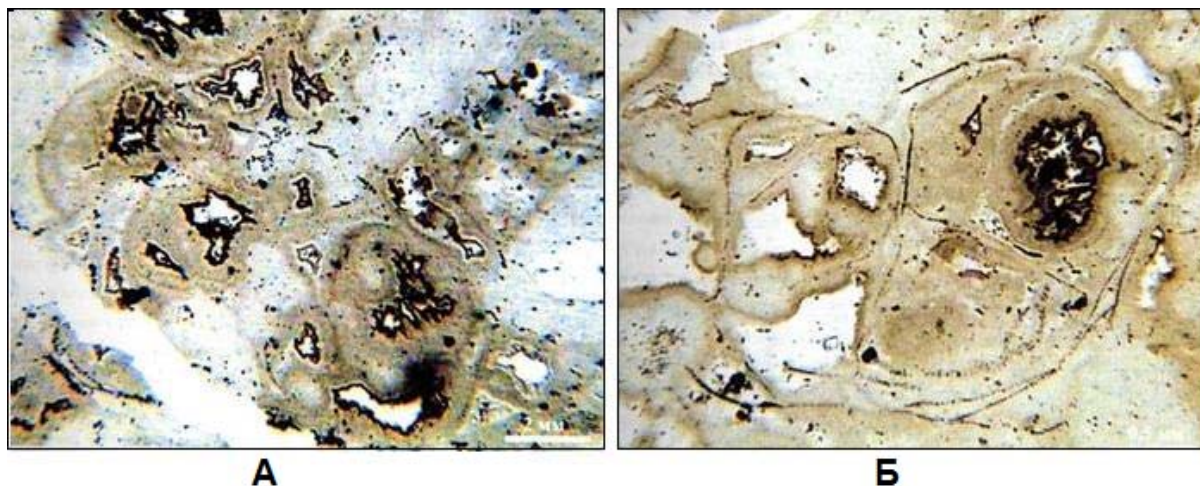


Рис. 13. Фрагмент автолитовой кимберлитовой брекчий
Участок Зеленогайский. Скважина 4099. Глубина
отбора 300,0 м. Николи II: А – общий вид, Б – де-
таль структуры. (Исследования Бекеша С. Н., Фе-
доришина Ю. И., ЛНУ)

Химический состав ксенолитов из ксенотуфобрекчий отвечает минералам группы смектита (табл. 6), которые несут признаки смешаннослойной фазы ряда монтмориллонит-нонтронит и относятся к Са-типу. Несколько пониженное содержание SiO_2 в сравнении с типичными монтмориллонитовыми глинами и присутствие Cr_2O_3 (табл. 6) дают основание говорить об образовании глин по минералам, которые являются типичными для ультраосновных пород, в частности серпентина (подтверждено дифрактограммами). Вещественный состав глинистых минеральных фаз определялся по результатам рентгеноструктурного и термического анализов. Глинистая фаза псевдоморфоз по кимберлитовым автолитовым брекчиям выполнена агрегатной смесью минералов,

преимущественно ассоциацией смектитовой группы: монмориллонит, нонтронит, сапонит. Для монмориллонита присущ Ca и Ca-Na характер с концентрацией двухвалентных катионов Mg и Fe. Кроме того, присутствуют смешанно-слоистые монмориллонит-гидрослюдистая и монмориллонит-вермикулитовая фазы с признаками присутствия флогопита. Монмориллонит-вермикулитовая фаза чаще встречается в нижних частях разреза. Также установлен серпентин (исследования Федоришина Ю. И).

Таблица 6

Результаты химического анализа глинистой фракции пород в пробах скв. 4089 (участок Зеленогайский)

Оксиды	гл. 241,5	гл. 246,8	гл. 261,2	гл. 327,0	гл. 327,8	гл. 342,2
SiO ₂	48,55	47,21	49,16	49,23	50,48	48,59
TiO ₂	0,48	0,48	0,48	0,51	0,34	0,49
Al ₂ O ₃	16,03	16,47	16,50	14,25	14,45	13,44
Fe ₂ O ₃	3,00	4,15	4,42	4,01	4,18	6,91
FeO	0,68	1,89	1,08	1,20	1,07	1,10
CaO	1,80	1,25	1,52	1,67	1,26	1,25
MgO	3,49	4,58	2,89	4,30	3,90	3,91
MnO	0,03	0,08	0,04	0,04	0,06	0,04
K ₂ O	0,25	0,25	0,36	0,50	1,01	0,57
Na ₂ O	1,14	0,97	1,20	1,51	1,67	1,46
P ₂ O ₅	0,17	0,15	0,14	0,11	0,19	0,09
S _{общ}	0,43	0,11	0,45	0,22	0,23	0,26
H ₂ O ⁻	15,93	13,30	13,86	15,50	16,00	16,53
ппп	7,93	8,72	7,55	6,40	5,21	5,16
Cr ₂ O ₃	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,07
Σ	99,88	99,65	99,69	99,50	100,09	99,87

Анализы выполнены в лаборатории ИГМР НАНУ, аналитик В. Л. Крижевич.

Глинистые минеральные фазы диатремовой и кратерной фаций Зеленогайской структуры интенсивно карбонатизированы с образованием линз, гнезд, прожилков вторично-сцементированных осадочно-вулканогенных брекчий. На расстоянии 400-600 м на север и юг от северо-западной диатремы глинистые отложения кратерного озера полностью выклиниваются и посте-

пенно замещаються корой выветривания фундамента. За пределами контура распространения кратерных отложений монтмориллонит в пробах практически полностью отсутствует.

По результатам исследования двух технологических проб Т-02-1 весом 359 кг и Т-02-2 весом 22 кг, отобраным из ксенотуфобрекчий, в КО УкрГГРИ и ЛНУ выявлены ИМК, соответствующие по химическому составу их верхнемантийным аналогам (высокохромистые ($\text{Cr}_2\text{O}_3=45,4-65,89\%$), магнезиальные ($\text{MgO}=7,3-11,16\%$) хромшпинелиды рисунка 3, 4, таблицы 3, и магнезиальные ($\text{MgO}=9,00-10,00\%$) хромсодержащие ($\text{Cr}_2\text{O}_3=1,03-1,06\%$) пикроильмениты.

На Субботском участке по данным геофизики выделено пять потенциальных взрывных структур, бурением изучена только одна – Субботская. Структура фиксируется отрицательной гравианомалией интенсивностью $-0,5$ мГл и изометричной в плане положительной магнитной аномалией интенсивностью 113 нТл со смещением эпицентра относительно гравианомалии на 400 м. Скважины 4064, 4056, заложенные в пределах гравианомалии, с глубины 40 м вошли в ксенотуфобрекчии мощностью $189,0$ м. Рентгенографическое изучение глинистой фракции ксенотуфобрекчий показало, что она сложена монтмориллонитом, вермикулитом, гидрослюдой, хлоритом, серпентином и незначительным количеством сапонита (исследования Федоришина Ю. И.). В немагнитной фракции концентратов проб скважин установлены хромшпинелиды класса крупности -02 мм, диагностированные методом фотодиагностики как хромпикотиты. В отдельных пробах отмечен оливин, представленный форстеритом. Скважина 4064 пробурена до глубины $308,2$ м. Остановлена по техническим причинам в зоне интенсивного дробления, катаклаза и трещиноватости по биотитовым гранитам.

К настоящему времени в северо-восточной части Ингульского мегаблока КП «Кировгеология» выявлено 27 алмазоперспективных структур, бурение скважин в отдельных из которых показало, что они сложены породами кимберлитового состава кратерных и реже жерловых фаций магматизма. Установлены формации потенциально алмазоносных пород и есть находки кимберлитовых алмазов из отложений максимально приближен-

ных к кимберлитовому телу. Эти алмазы не имеют отношения к многочисленным находкам мелких алмазов из неоген-палеогеновых россыпей. Выявленные на участках исследований Ингульского мегаблока ИМК по химическому составу сходны с ИМК из алмазоносных кимберлитов Якутии (табл. 3, 4).

По Лесной-Восточной и Грузской-Южной структурам путем комплектования рядовых проб из керна продуктивных интервалов – потенциальных коллекторов алмаза групп скважин отображены лабораторные технологические пробы весом соответственно 3375,1 и 1814,4 кг. Из керна продуктивных интервалов одиночных скважин, пробуренных на Грузской-Северной, Грузской-Центральной и Субботской алмазоперспективных взрывчатых структурах отобраны минералого-технологические пробы весом 301,8; 337,3 и 883,5 кг, соответственно. Пробы находятся на исследовании с целью изучения вещественного состава и алмазоносности в КО УкрГГРИ (г. Симферополь).

На данный момент проведение алмазопроисковых работ в Ингульском мегаблоке приостановлено, хотя целый ряд выделенных перспективных структур так и остались недоизученными. В случае изменения ситуации с финансированием работ, необходимо провести бурение скважин в пределах выделенных локальных алмазоперспективных структур (по меньшей мере 1-2 скважины на структуру) с целью изучения их связи с проявлением кимберлит-лампроитового магматизма и оценки их потенциальной алмазоносности. Акцентирование внимания на Ингульском мегаблоке УЩ в отношении алмазопроизводительности кимберлитового магматизма имеет под собой веские основания.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Афанасьев В. П. Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов / В. П. Афанасьев, Н. Н. Зинчук, Н. П. Похиленко. — Новосибирск, 2001. — 275 с.
2. Калашник А. А. Результаты поисковых работ по выявлению алмазоносных объектов в северо-восточной части Кировоградского блока УЩ / А. А. Калашник, Е. Ю. Палкина,

- О. Ф. Макивчук, Н. Н. Кирьянов, А. Я. Хренов // Зб. наукових праць УкрДГРІ. — 2010. — № 3-4. — С. 44—60.
3. Калашник Г. А. Перспективи Кіровоградського блока УЩ на виявлення алмазоносних кімберлітів та лампроїтів / Г. А. Калашник, О. Ф. Макивчук, О. Ю. Палкіна, О. Я. Хренов // Мінеральні ресурси України. — 2010. — № 1. — С. 18—23.
4. Палкіна О. Ю. Три головні параметри вивчення алмазів при прогнозуванні та пошуках їх родовищ / О. Ю. Палкіна, О. Я. Хренов // Мінеральні ресурси України, — 1-2, 1997. — С. 14—16.