



МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ

УДК 553.078:553.81(470.32)

КИМБЕРЛИТЫ И РОДСТВЕННЫЕ ИМ ПОРОДЫ В НИЖНЕМЕЛОВОМ КОЛЛЕКТОРЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев, В.В. Ильяш

Воронежский государственный университет

В пробах псаммитов нижнемелового коллектора Липецкой и Орловской областях встречены многочисленные обломки размерностью до 12х7х5 мм изверженных пород, часть из которых идентифицирована как вулканогенные суб- и щелочные. Имеются также и обломки, состав и текстурно-структурные особенности которых соответствуют кимберлитам. Об алмазоносности слагаемых ими, но пока не обнаруженных тел свидетельствует совместное нахождение в пробах алмаза и его спутников. Слабая окатанность многих обломков, их массовость, удовлетворительная сохранность минералов, нестойких в гипергенных условиях (пироксены, нефелин, гаюин и др.), позволили предположить пространственную приближенность трубок взрыва к некоторым местам пробоотбора и их относительную геологическую молодость. Большие вариации в петрографическом составе обломков практически в каждом местонахождении объяснены существованием в пределах полей развития кимберлитов родственных им пород. Полученные материалы нашли применение в оценке перспективности различных площадей Воронежской антеклизы на алмазы, учтены при составлении карты прогноза коренной алмазоносности.

Введение и постановка проблемы

Нижнемеловой (аптский) коллектор на северо-востоке Воронежской антеклизы представлен преимущественно тонкими светлыми псаммитами мощностью до 20 м, относимыми к волчинской свите [1]. Накапливались они в фациальных обстановках (с северо-востока на запад и юго-запад): мелко-водно-морской, прибрежно-морской, континентальной приморской равнины. На субмаринное осадконакопление большое влияние оказывали прибрежные вдольбереговые течения, схожие с современными циклональными течениями Черного моря, которые способствовали выносу легких минералов и формированию на поднятиях титан-циркониевых россыпей. В 1960-е годы подобные объекты Восточно-Европейской платформы исследовались на алмазы сотрудниками ИМРа [2], открывшим Волчинское алмазопоявление с содержанием алмазов 0,0268 карат/м³. Отобранная здесь проба имела массу 900 кг, содержание тяжелых минералов - 21,6%. Гранулометрический состав опробованных псаммитов был очень узким: 96,8% частиц относилось к классу -0,315 + 0,063. Алмазы (19% чистой воды или со слабым нацветом) имели размерность 0,15-0,26 мм, до 0,34 мм и среднюю массу 10 мг. Из 241 зерна октаэдров было только 8 %, кубов - 72%. Алмазы не сопровождались индикаторными минералами. Более тридцати лет Волчинское проявление ос-

тавалось единственным в Липецкой области. Сведения о нем широко использовались в прогнозных построениях. Его площадь поместили в выделенный [3] Кимовский прогнозируемый кимберлитовый район (по г. Кимовску Тульской области, Подмосковный угольный бассейн). Между тем накапливалось все больше сведений, свидетельствующих о том, что информативность аптского коллектора в отношении эндогенных процессов далеко не исчерпывается находками алмаза в Волчьем. В аптских псаммитах (Седелки на р. Пгань, север Липецкой области) были обнаружены неокатанные идиоморфные цирконы, а также минералогические признаки взрывов [4]. Необходимость последовательного приближения к коренным источникам волчинских алмазов требовала, с одной стороны, углубленного исследования аллотигенных алмазов, с другой - смещение опробования в фациальные аналоги апта, приближенные к области сноса, а то и в собственно континентальные отложения.

В полевой сезон 2001 г научной группой ВГУ в содружестве с ФГУИРП "Аэрогеология" (А.Ю.Егоров) были отобраны 14 проб из меловых коллекторов северных административных областей антеклизы. Восемь проб характеризовали псаммиты областей Липецкой (все из апта), четыре - Орловской (три аптские, одна - альбская), по одной - Курской и Брянской (сеноман). Объем каждой пробы составлял 1 м³, кроме пробы № 1 из тонких песков

Таблица 1

Общая характеристика обломков “кимберлитоподобных” пород из ниже- и верхнемеловых коллекторов северо-востока Воронежской антеклизы

№№ проб	Привязка	Возраст песков	Масса пробы, кг	Количество обломков, шт	Размерность, мм
1.	с. Волчье	K ₁ a	23940	565	до 8х8х4
2	д. Кудияровка	K ₁ a	2060	414	до 4х4х3
3	с. Сешово	K ₁ a	2100	20	до 5х5х2
4	г. Лев Толстой	K ₁ a	2080	24	до 5х5х3
5	д. Гпилуша	K ₁ a	2150	1	до 7х7х5
6	д. Гпилуша	K ₁ a	2100	13	до 10х8х8
7	л- Батаговский	K ₁ s	2150	4	до 5х3х2
8	д. Дросково	K ₁ a	2100	22	до 5х3х3
9	В. Колыбелка	K ₁ a	2100	748	до 8х5х5
10	д. Захаровка	K ₁ a	2150	26	до 5х3х3
11	д. Барково	K ₁ a	2100	73	до 12х7х5
12	Сорочьи кусты	K ₁ a	2070	5	до 5х3х3
13	Гнездилово	K ₁ al	2120	3	до 4х2х2
14	Солдатское	K ₁ s	2100	7	до 3х3х1

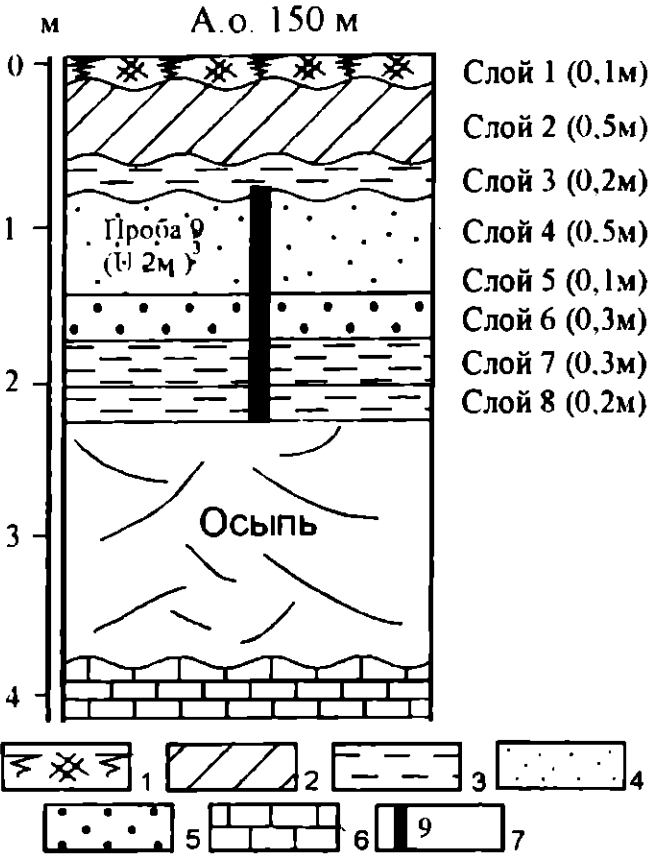


Рис. 1. Положение опробованного интервала разреза нижнемеловых толщ у с. Верхняя Колыбелка (проба 9), содержащего кимберлитоподобные породы: 1 - почвенно-растительный слой, 2 - суглинки; 3 - глины; 4 - пески; 5 – галечники фосфоритов и кремней; 6 - песчаники; 7 - известняки; 8 – проба.

верхней продуктивной залежи Волчинского месторождения (10 м³). Повторное (И.Ф.Кашкаров, Ю.А.Полканов, В.В.Борисов, Л.В.Чайкина, 1971) опробование Волчинской россыпи было необходимо для получения представительной коллекции алмазов [5]. Единственный естественный выход псаммитов верхней продуктивной залежи отстоял от точки прободоотбора 1969 г примерно на 200 м. Помимо минералов, типоморфных для магматических пород в нижнемеловых песках были впервые обнаружены обломки и самих материнских пород.

Все пробы обрабатывались и первоначально изучались в ИМРе (НПП “Недра”), предоставившем содержательный и качественный отчет (А.И.Чашка, Ю.А.Полканов, К.Е.Рыков, А.Д.Юрьева, 2002), а также монофракции минералов и обломки магматических пород. В пяти пробах из четырнадцати были обнаружены также и алмазы в количестве от 1 до 79 зерен (проявления Кудияровка, Колыбелка, Захаровка, Лев Толстой, Волчье), пиропы (от одного до трех зерен в 6 пробах), хромшпинелиды, пикроильменит, оливин, хромдиопсид. Особенно интересным представляются находки обломков “кимберлитоподобных” пород, встреченных во всех пробах и многочисленных в отдельных из них. Они-то и стали основным объектом настоящей работы, предоставив редкую возможность определить тип и особенности гипотетического коренного источника алмазов. Содержание и размерность обломков пород приводим в табл.1.

Все обломки по визуальным признакам отнесены нашими коллегами из ИМРА к трем типам: 1 - мелкопорфировые бурые, темно-зеленые породы, с рассеянными овальными выделениями серпентинизированного оливина (?). Основная масса - глинисто-карбонатная, с тонкой вкрапленностью магнетита. Отмечены листочки темно-бурой, светлокоричневой слюды, ксеноморфные обломки светло-зеленого пироксена, черного ильменита; 2 - ксенотуфобрекчии с темно-зелеными и серовато-зелеными литокластами мелкопорфировых пород и светло-серым тонким песчано-глинисто-карбонатным цементом. Напоминают образования кратерных фаций диатрем; 3 - темно-зеленые полнокристаллические массивной текстуры, возможно, дайковые породы. Опробованные интервалы нижнемелового разреза, содержащих кимберлитоподобные породы, обычно оказываются «висячими», а базальные горизонты не вскрыты. Примером служит обнажение Верхняя Колыбелка у с. Хлевное Липецкой области (рис.1). Там в пробе 9, характеризующей слои 4-8, стратиграфическое положение которой не вполне ясно, встречено максимальное количество обломков – 748.

Таблица 2

Интерпретация рентгенограммы объединенной пробы из нескольких обломков мелкопорфировой разности “кимберлитоподобных пород” пробы 1 (верхняя продуктивная толща песков К₁ а Волчинской россыпи). Аналитик В.Ягупов (КО Укр ГГРИ, г. Симферополь). Установка ДРОН-2

Интенсивность рефлексов (I)	Рефлексы (d, нм)	Вероятный минерал	Интенсивность рефлексов (I)	Рефлексы (d, нм)	Вероятный минерал
10	1,515	Сапонит	3	0,288	Доломит
3	0,715	Серпентин	5	0,256	Сепиолит
2	0,480	Хромит (?)	6	0,252	Серпентин (?), кальцит (?)
5	0,451	Серпентин	2	0,208	Серпентин (?)
3	0,423	Гетит	1	0,1889	Кальцит
4	0,361	Серпентин	2	0,1703	Серпентин
4	0,355	- “ -	2	0,1609	Кальцит
4	0,330	Кальцит	4	0,1530	Серпентин
5	0,301	- “ -	2	0,1475	Кальцит

В.Ягушевым (КО Укр ГТИ) получена рентгенографическая характеристика минералов кимберлитоподобных пород из пробы №1 (Волчье), табл.2. При анализе несколько обломков мелкопорфировых разностей были объединены в один образец. Интерпретация рефлексов проведена на основе предположения о близости анализируемых пород кимберлитам, с многокомпонентной массой последних. Так линия с $d = 1.515$ отнесена к сапониту, линии с $d = 0,480; 0,423; 0,256$ - к хромиту, гетиту, сепиолиту соответственно, а $d = 0,301, 0,288$ к кальциту и доломиту. В.Ягушев связал уменьшение базальных рефлексов серпентина до $d = 0,715$ и $0,355$ с вхождением алюминия в структуру, пример чему он нашел в кимберлитовых туфобрекчиях трубки Ботубинская. Из анализа рентгенограммы (см.табл.2) сделан вывод: породы преимущественно состоят из серпентина и кальцита с примесью других минералов.

Приведенные данные носили предварительный характер, но они стимулировали дальнейшие исследования кимберлитоподобных пород прецезионными методами, в надежде встретить среди обломков образования диатрем, коренного источника волчинских алмазов. В этой работе авторы постоянно ощущали поддержку своих коллег, участвовавших в пробоотборе, обсуждении результатов, прогнозном моделировании и оценках перспектив территории региона - А.В.Жабина, Д.А.Дмитриева, А.Е.Звонарева, В.В.Лоскутова, А.В.Шишова. Нельзя не признать, что без заинтересованного, высокопрофессионального участия в настоящих исследованиях А.Ю.Егорова (ФГУНПП “Аэрогеология”), А.И.Чашки, Ю.А.Полканова (НПП “Недра”, г. Симферополь) нынешний уровень наших знаний об алмазности Воронежской антеклизы не был бы достигнут. Всем названным специалистам авторы выражают свою глубокую благодарность и признательность.

Петрографическая, петрохимическая и минералогическая характеристика обломков магматических пород

Среди изученных обломков в значительной мере доминируют петрографические виды вулканических и гипабиссальных фациальных классов. Пер-

вые принадлежат главным образом к щелочным и субщелочным рядам ультраосновных, основных и средних групп, согласно классификации петрографического кодекса [8]. Вторые представлены преимущественно различными подвидами кимберлитов и гораздо более редкими плагиоклазитами и габбро-долеритами. В целом все выявленные виды представляют собой ассоциации, характерные для платформенных формаций, без каких либо проявлений метаморфизма.

Количественно в обломках доминируют породы щелочно-ультраосновной формации с признаками, характерными как для кимберлитов, так и для лампроитов. В изученной серии пород находят отражение связи между магматизмом и процессами автометасоматоза, которые являлись следствием чрезвычайно высокой активности некогерентных элементов и, прежде всего, щелочей на определенном этапе геологической истории региона. Эти породы в общих своих чертах схожи с подобными породами, образующимися в аналогичных геодинамических условиях во многих регионах Мира. В частности, например, с верхнедевонскими магматитами Покровско-Киреевской шовной структуры между Приазовским кристаллическим массивом и Днепро-Донецким авлакогеном или с породными ассоциациями того же возраста, имеющими место в Воронежской области.

Своеобразием исследованного каменного материала является доминирование пород, которые с полным основанием можно отнести к алмазоносным. Существенное значение имеет и то, что они в опробованных песках ассоциируют с алмазом и его спутниками. Некоторые из последних обнаруживаются и в составе самих обломков.

Среди обломков имеются породы достаточно свежие и практически не затронутые гипергенезом, но большинство из них представлено разностями, измененными поздние и постмагматическими процессами. Для кимберлитов это является одним из классификационных признаков. Но и родственные им семейства щелочных пород в ряде случаев несут структурно-минералогические признаки метасоматоза.

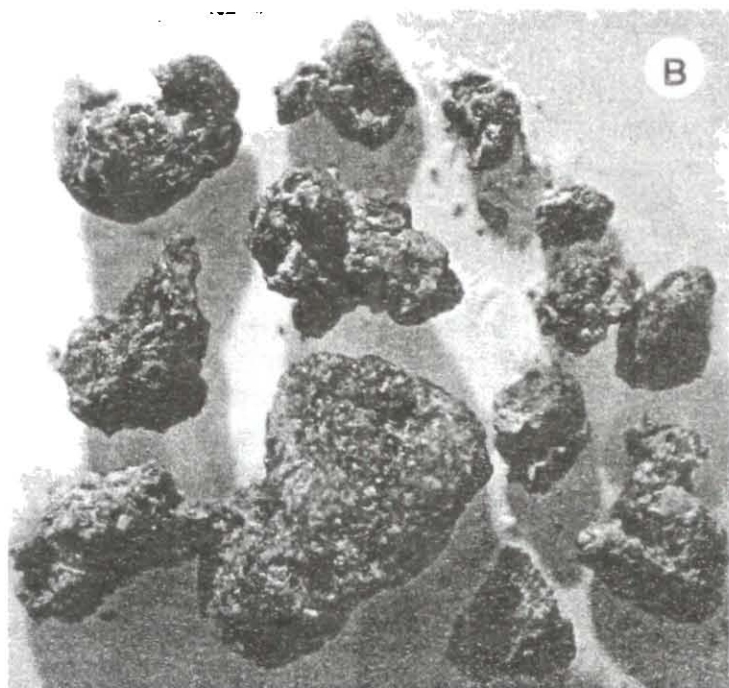
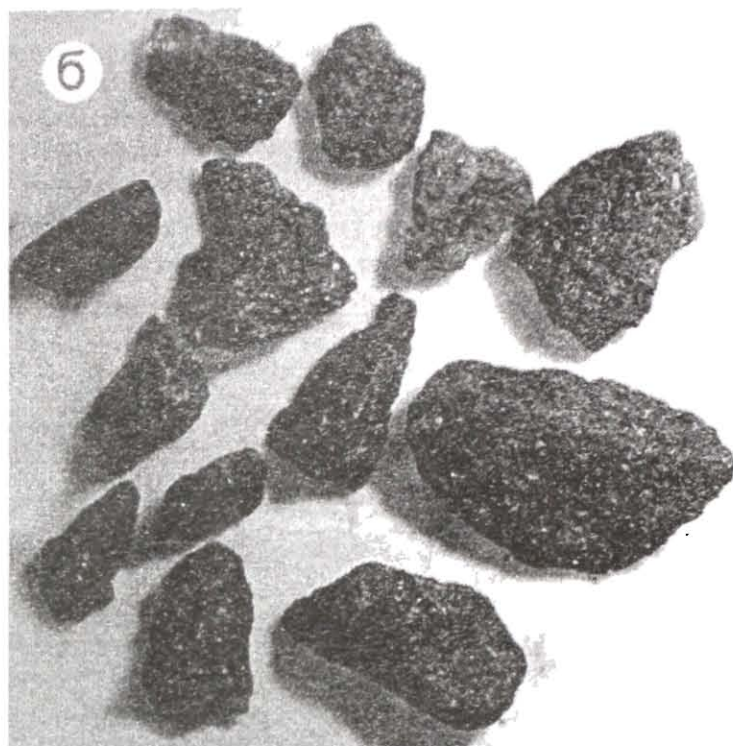
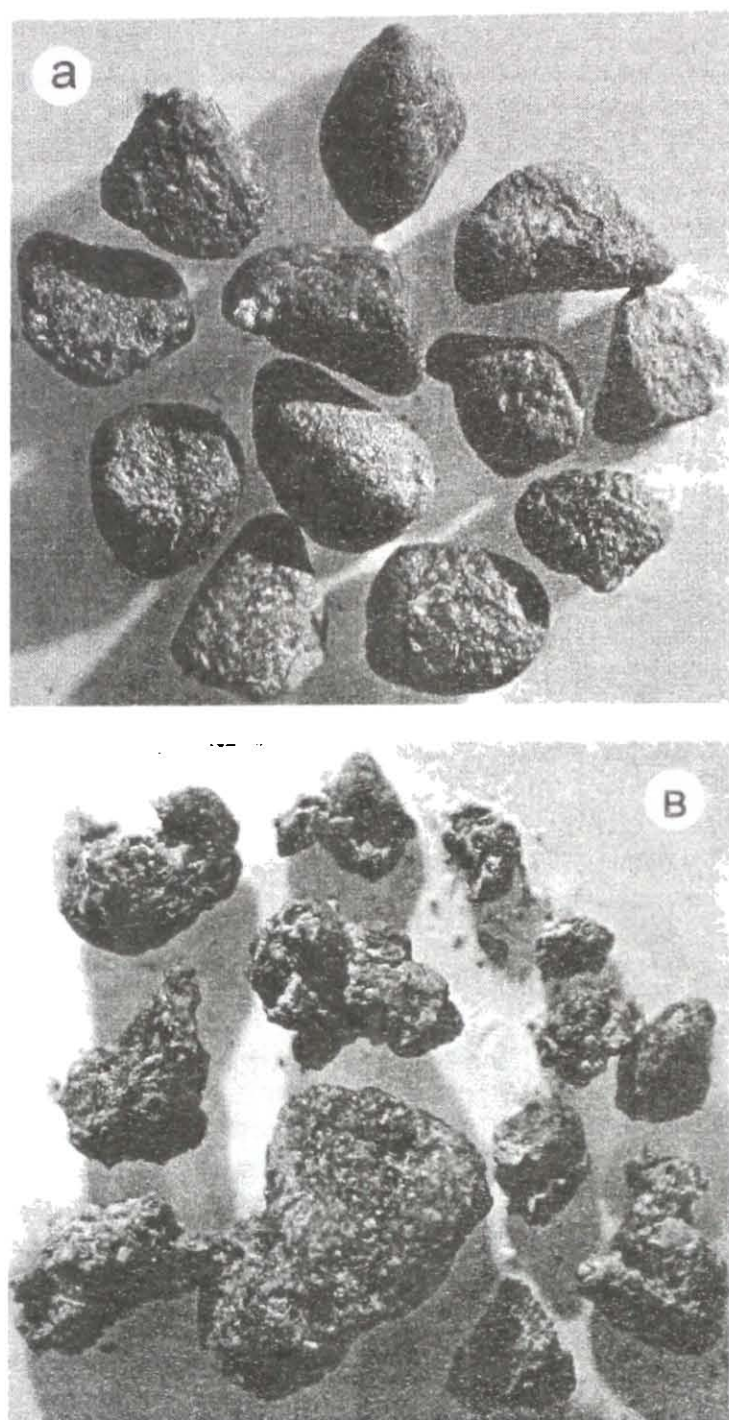


Рис. 2. Морфология обломков пород: а) кимберлитов; б) фойдитов; в) кимберлитовых брекчий. Ширина поля зрения 20 мм.

Что же касается морфологических особенностей обломков, то обращает внимание слабая окатанность их, при том, что отдельные из них вовсе ее не имеют. Округленность обломков, как показывает их статистическое изучение, отражает в большей мере минеральный состав, чем степень изношенности в связи с транспортировкой. Наибольшей сглаженностью форм отличаются мягкие обломки серпентин-хлоритового состава, в то время как более кислые и менее измененные отличаются угловатостью (рис.2). Размеры обломков от 1 до 10 мм, в основном 2-4 мм и это, к сожалению, недостаточно для химического силикатного анализа, да и шлифы из них получаются не очень представительными. Тем не менее, минеральный и петрографический составы изучены для более тысячи обломков, в том числе в шлифах и аншлифах, выполнены более сотни рентгеноспектральных и рентгеноструктурных анализов.

Все магматические породы можно разделить на шесть групп: 1) кимберлиты или кимберлитоподобные породы, к которым отнесены обломки ультраосновного состава с индикаторными минералами, без пироксенов и плагиоклазов, имеющие характерную ксенопорфировую или порфировидную структуру с псевдоморфозами карбонатов, серпентина, сапонита и магнезиальных хлоритов, развивающихся по вкрапленникам и основной массе; 2) высококальциевые и натровые породы с фельдшпатоидами; 3) плагиоклазовые вулканы основного, среднего и кислого состава; 4) плагиоклазиты и габбро-долериты; 5) обломки смешанные, в которых фрагменты магматических пород сцементированы терригенным материалом; 6) пикриты и щелочные пикриты. Соотношение этих групп в разных пунктах пробоотбора варьирует. К примеру, первые две преобладают в пробах 1, 9, 6, 8, 11, а 4-ая установлена в основном в пробе 6 (см. табл.2).

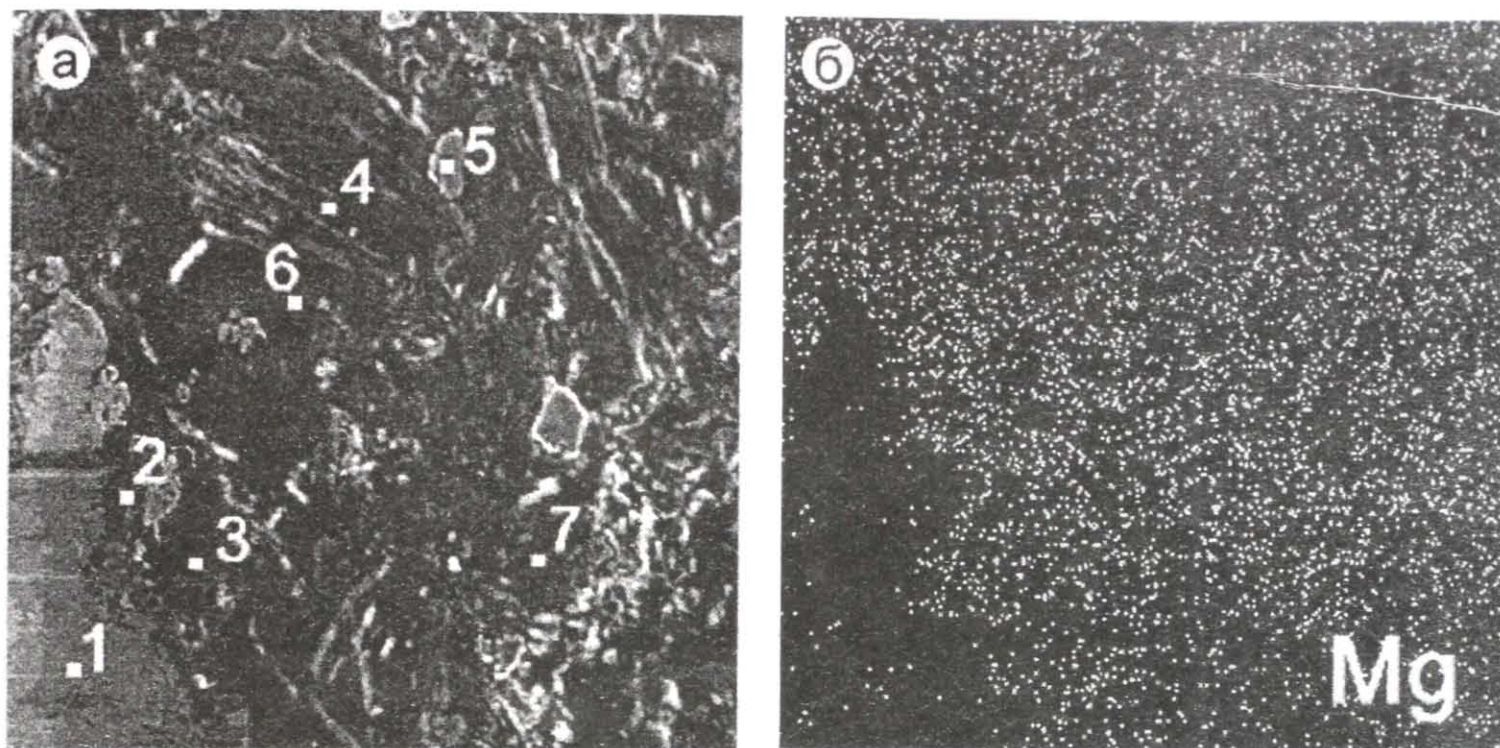


Рис. 3. Фрагмент обломка кимберлита: а - в отраженных электронах - пикроильменит (1) с келифитовой оторочкой из сфена (2) и серпентин-хлорита (3), флогопит (4). Основная масса сложена волокнисто-пластинчатым агрегатом из серпентина и хлорита (5-7). б - распределение магния. Обр. 5/2. Ширина поля зрения 400 мкм.

Кимберлиты

К кимберлитам нами отнесены породы, обнаруженные в некоторых обнажениях Липецкой и Орловской областях. В первой более всего их в разрезе апта с. В. Колыбелка и Волчинской россыпи (пробы 1 и 9). В Орловской области они присутствуют среди обломков магматических пород также в разрезе апта у д. Барково Ливенского района (проба № 11).

Согласно петрографическому кодексу [6], кимберлитами называют разнообразные по облику умеренно-щелочные ультраосновные магматические породы с ярко выраженной такситовой текстурой. Это умеренно-щелочной пикрит ксенокристаллопорфировой структуры с обычно нацело измененной (карбонатизированной, серпентизированной, иногда флогопитизированной) основной массой, отвечающей по составу щелочному кальцитовому или флогопит-кальцитовому пикриту, (судя по псевдоморфозам по идиоморфным зернам оливина, иногда наблюдаемым микролитам первичного кальцита и редким чешуйкам слюды). Главное отличие кимберлита от беспироксеновых щелочных пикритов – отсутствие интрателлурических (субликвидусных) идиоморфных вкрапленников оливина. Последний здесь находится в виде угловато-окатанных ксенокристаллов или редко в виде микролитов вместе с диопсидом в основной массе.

В изученных обломках кимберлитовых пород выделяются три текстурные разновидности: кимберлитовые туфы, автолитовые и карбонатно-метасоматитовые. Общим структурным признаком для них является то, что все они порфировидные. Вся масса породы сложена разновеликими псевдоморфозами хлорит-серпентинового состава по темноцветным минералам. Они могут быть идиоморфными, изометричными и призматическими. В них достаточно легко угадываются формы кристаллов.

присущие оливину, а также округленные или неправильные выделения и колотые (оскольчатые) вкрапленники. Складывается впечатление о непрерывности гранулометрического спектра породы, поэтому выделение в ней основной массы и вкрапленников довольно условное. Тем не менее, порфировидность структуры хорошо выражена. Крупные ксено- и фенокристы-псевдоморфозы контрастно выделяются своей более светлой, преимущественно светло-серой или даже белой, иногда золотистой зеленовато-желтоватой окраской на фоне более темной голубовато-зеленоватой основной массы, в которой микроскопически различимы лейстовидные формы того же состава, что и более крупные выделения, которые также сложены серпентином или смесью серпентина с хлоритом и кальцитом. Крупные выделения нередко обнаруживают зональное строение за счет серпентина разной морфологии и состава. Среди крупных вкрапленников отмечается флогопит, пикроильменит в келифитовой оторочке зонального строения (рис.3). В основной массе всегда много тонкой рудной «сыпи» оксидов железа и титана, которые нередко более плотно сгущены в келифитовой оболочке по периферии вкрапленников. В таблице 3 приведены химические составы породообразующих минералов кимберлитов. Весьма характерно для этих пород постоянное присутствие аморфной метакolloидной разновидности серпентина – серпофита, имеющего фарфоровидный облик, светло-голубоватую окраску и характерную для минералов такого генезиса неровно-округлую бухтообразную форму выделений, подобную халцедоновым образованиям. В отдельных обломках наблюдалась трахитоидная директивно-ориентированная структура течения, подчеркнутая соответствующим расположением длинных осей псевдоморфоз и выделений серпофита.

Таблица 3

Химический состав породообразующих минералов кимберлитов*

Образцы	9/47	11,62	5/2	5/2	6/6	5/2	5/2	6/6	9/55
анализы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Минерал	Бронзит	Флогопит	Серпופит	Серпентинхлорит	Сфен	Сфен	Пикроильменит	Пикроильменит	Карбонат
SiO ₂	49,5	34,14	38,9	31,34	30,17	31	0,37		
Al ₂ O ₃	1,8	11	2,34	9,6		0,83	0,79	0,43	
CaO	1,18	0,2	0,77	0,11	28,5	26,8			58
MgO	30,1	17,6	24,7	32,32		1,57	10,2	3,7	0,3
Na ₂ O	0,27	0,72	1,23						
K ₂ O	0,13	8	0,18	0,9					
FeO	11,22	12,2	8,2	13,36	6,93	2,3	33,42	37,8	0,34
MnO	0,07	0,35	0,12	0,04			1,53	4,64	0,35
TiO ₂	0,02	4	0	0,52	34,4	37	51,73	50,18	
P ₂ O ₅	0,04	0,05	0,01						0,05
BaO		3,3	0,05						0,02
Cr ₂ O ₃	0,15	0	0,004				0,7	0,61	
NiO		0,02	0,13						
Nb ₂ O ₅	0,1					0,81		97,33	
ZrO ₂	94,5					0,66			
Сумма		91,34	88			101	98,67		60

*Здесь и далее анализы, приводимые в таблицах, выполнены в МГУ на установке рентгеноспектрального анализа COMEBAX SX 50.

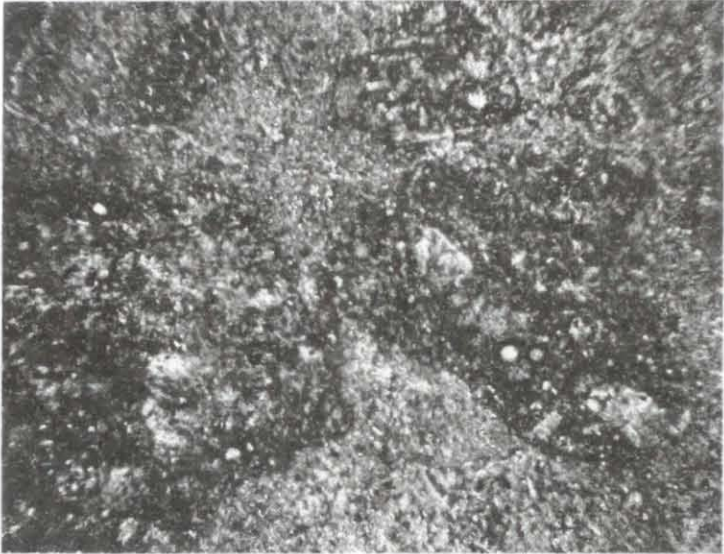


Рис. 4. Автолитовые кимберлиты. Обломки кимберлита в матрице лампроитового состава (светлое). Обр.9/40. Отраженный свет. Ширина поля зрения 3 мм.

Автолитовые кимберлиты текстурно отличаются тем, что представляют собой породу с округлыми обломками порфирового кимберлита, которые имеют четко выраженные цветовыми и структурные ограничения и погружены в более светлую матрицу также порфировидного сложения (рис.4). По своему химическому составу (обр. 9/40, табл. 4) последняя оказалась близкой среднему составу лампроитов [7].

Обращает внимание высокое содержание многозарядных элементов - фосфора и титана в этой матрице, что, как известно, является характерной особенностью именно лампроитов. В основной массе ее имеются микроучастки (наблюдались при работе с препаратом этого образца на микрозонде при увеличении 400) скелетных минеральных структур, представляющих собой неправильно-петельчатые выделения полевого шпата, обволакивающие реликтовые блоки серпентин-хлоритового состава. В принципе это то же, что наблюдается и на текстурном уровне - проявление калиевого метасоматоза, наложенного на минеральные фазы первичного кимберлитового субстрата. Таким образом, подобные соотношения минеральных фаз указывают на последовательность в смене состава магм и сопряженных с ними магмо- и флюиднометасоматических фронтов от умеренно щелочных и углекислотных на ранней стадиях до К-щелочных на более поздней. На основании таких удачных находок можно с большей уверенностью говорить о проявлениях в регионе двух алмазоносных формаций, которые, по-видимому, не столь и далеки генетически. Об этом же свидетельствует и тот факт, что среди массы обломков немалая доля и высококалиевых фойдитовых, в том числе и первично лейцитовых пород. Ранее наличие этих формаций мы предполагали лишь на основании различий ассоциаций минеральных

Таблица 4

Химический состав цементирующей матрицы автолитовых кимберлитов и структур замещения

Оксиды	Средний состав лампроитов	Матрица обр 9/40	Кайма	Реликт
SiO ₂	38-55	43,9	61,19	36,9
TiO ₂	1-5	8,1	0,005	0,2
Al ₂ O ₃	4-10	8,3	17,0	8,2
FeOобщ	2-10	0,06	0,21	11,2
MgO	15-30	17,3	0,013	22,3
CaO	0.2-1.5	3,01	0,018	1,1
Na ₂ O	0.5-2	0,2	0,036	0,15
K ₂ O	01-3	3,4	16,62	0,09
P ₂ O ₅	0.5-2	1,3	0,04	0
Ba	0.1-3	0,1	0,29	0,03
Сумма			98,01	79,1



Рис. 5. Кимберлитовые туфы. Обломки кимберлитов с ксенокристами серпентизированного оливина цементируются серпентин-карбонатной массой натечной текстуры. Обр.1/88. Отраженный свет. Ширина поля зрения 5мм.

индикаторов в разных местах нижнемеловых коллекторов.

Кимберлитовые туфы или брекчии отличаются четко выраженной литокластической текстурой (рис.5) с цементом смешанного состава, материал которого обычно более окисленный, чем обломки. Имеет розоватую или красновато-буроватую окраску с терригенными минералами, представленными кварцем, карбонатами, рутилом, полевыми шпатами. От обломков кимберлита цементирующая масса также отличается отсутствием рудной сыпи из оксидных минералов.

Карбонатно-метасоматические кимберлиты текстурно и по составу отличаются от других разновидностей. карбонат (кальцит, реже доломит) в них доминирующий и метасоматически замещает породу. Характерно наличие темных реликтовых форм породы, в том числе и темноцветных минералов (рис.6). Индикаторными минералами, обнаруженными в наших кимберлитах являются пикроильменит и флогопит, составы которых изучены рентгеноспектральным анализом. Кроме того, общий минеральный состав, текстурно-структурные особенности самой породы, характер постмагматических изменений не оставляют сомнений относительно ее диагностики.

Микрозондовые химические анализы основной массы и псевдоморфоз по оливину отражают лишь сложную и тонкую смесь продуктов замещения, состоящую из хлоритов, серпентина, рудных минералов и карбонатов, а отдельные минеральные фазы слоистых и других реликтовых образований фиксируются только на основании рентгеноструктурного анализа: лизардит, сапонит, форстерит. Незамещенные реликты последнего в породе повидимому наблюдается лишь в основной массе. Из акцессорных минералов в кимберлитах установлены пикроильменит и сфен (см. табл.4). Пикроильменит

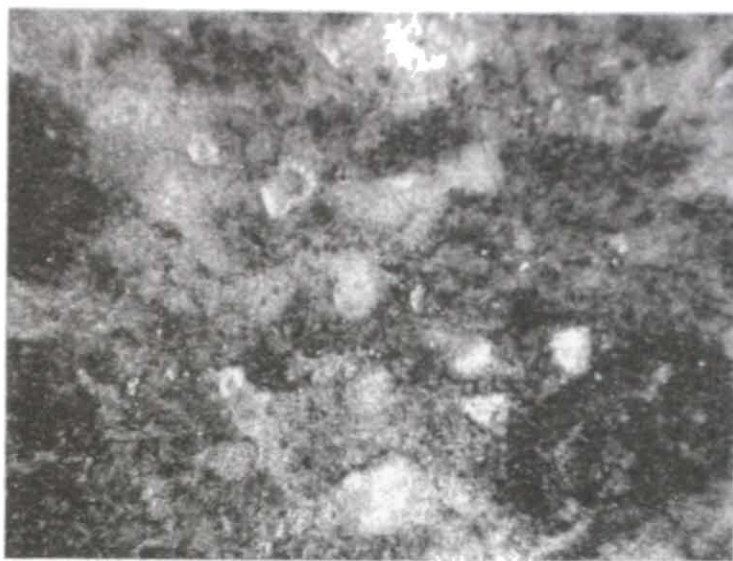


Рис. 6. Кимберлит. Фрагмент обломка карбонатизированного кимберлита с темными реликтами основной массы и идиоморфного темноцветного минерала (оливин, пироксен ?). Обр.9/56 Отраженный свет. Ширина поля зрения 1мм.

имеет форму неправильных зерен размером 0,2-0,4мм с зональной келифитовой реакционной каймой на стыке с основной массой. Внутренняя зона этой каймы сложена красноватым сфеном, а внешняя - хлоритом. Как кимберлиты, так и фондиты, отличаются постоянным присутствием титаномагнетита в виде тонкой рудной сыпи, концентрированной как в основной массе, так и переполняющей вкрапленники.

Фондитовые породы

Эти породы уже визуально отличаются от кимберлитов. Имеют более свежий облик, представлены обычно угловатыми темноокрашенными обломочками с некоторыми вариациями химического и минерального составов. В целом для этой группы характерны не порфировидные, как для вышеописанных кимберлитов, а типично порфировые структуры, свойственные вулканитам. Структура основной массы их стекловатая или криптозернистая с фенокристами главным образом моноклинных пироксенов переменного состава: чаще это диопсид, авгит, в натровых разностях эгирин-авгит. В части обломков этих пород присутствует флогопит, как в основной массе, так и в фенокристах, возможно и оливин. Химические составы пироксенов приводятся в таблице 5.

На основании микроскопического минералого-петрографического изучения обломков и данных по химическому составу в этой группе установлено несколько разновидностей пород

Щелочные трахиты встречаются среди обломков в пробе № 9 (В.Колыбелька) и в пробе № 1 с Волчьей. Отличаются темно-бурой почти черной окраской основной массы, имеющей стекловатую структуру, на фоне которой выделяются черные или темно-зеленые идиоморфные разновеликие идиоморфные кристаллы клинопироксена (диопсид, ав-

Таблица 5

Химические составы оксидов Fe, Ti

Образцы	1/32	11/88	8/32	8/36	1/109	11/88	6/12
Анализы	1	2	3	4	5	6	8
Порода	Нефелиновый мелафнолит	Лейцитовый мелафнолит	Лейцитовый фонолит	Лейцитовый фонолит	Нефелиновый мелафнолит	Кимберлит	Кимберлитобрекчия
Минерал	Ti-магнетит	Ti-магнетит	Ti-магнетит	Ti-магнетит	Ti-магнетит	Ti-магнетит	Ti-магнетит
SiO ₂		3,36-8,12			0,76-0,8	8,1	0-0,7
Al ₂ O ₃	0,22	1,41-5,57	3,29	3,45	3,54-4,2	5,6	3,1-4
CaO		1,46				1,46	1,28
MgO		1,17-2,12	4	5,33	4-4,9	2,12	4,8-5,4
FeO общ	82,56	80	83,53	83,35	81,9-78,7	80,3	75,7-76,7
MnO	2,31		0,62	0,15	0,52		0,43-0,4
TiO ₂	14,37	0,34-1,36	9,58	8,42	8,78-9,1	6,5	8-9,4
P ₂ O ₅		0-0,76				0,76	
Cr ₂ O ₃	0,24	0,15-0,31		0,13	0,49-0,22	0,15	
Сумма	99,7		100	100,84			98,2

Таблица 6

Химический состав пироксенов фойдитовых пород

Образцы	1/32				1162	11/59	9/44		9/54
Анализы	1	2	3	4	4	5	6	7	8
Порода	Нефелиновый мелафнолит				Нефелинит	Лейцитовый фонолит	Щелочной трахит		
Минерал	Авгит	Диопсид-авгит	Диопсид-авгит	Эгирип-авгит	Хромдиопсид	Авгит	Диопсид-авгит	Авгит	Диопсид
SiO ₂	49,68	51,47	50,54	50	50,91	48,81	50	46,3	50,49
Al ₂ O ₃	2,83	2,2	1,97	0,52	1,35	1,42	3	5,2	2,17
CaO	23,09	23,32	23,31	10,71	21,68	22,1	22,57	21,2	22,57
MgO	14,66	15,41	15,7	4,55	16,58	16	15,5	12,3	15,4
Na ₂ O	0,17	0,93	0,5	7,2	0,69	0,57	0,61	0,85	0,48
K ₂ O					0,024		0,01	0,05	0,01
FeO	8,45	5,62	5,78	23,57	4,8	6,2	7,2	11,2	8,2
MnO	0,09			0,31	0,07	0,14	0,15	0,18	0,18
TiO ₂	1	0,511	0,4	1,46	0,35	0,5	1,2	2,35	1,15
P ₂ O ₅					0		0,01	0,04	0
BaO					0,04	0,04	0,05	0,13	0,02
Cr ₂ O ₃		0,2		0,01	0,56	0,38	0,89	0,023	0,08
Ni					0,04				0,02
Сумма	100,03	99,67	98,22	98,35	97		101,3	99,9	100,8

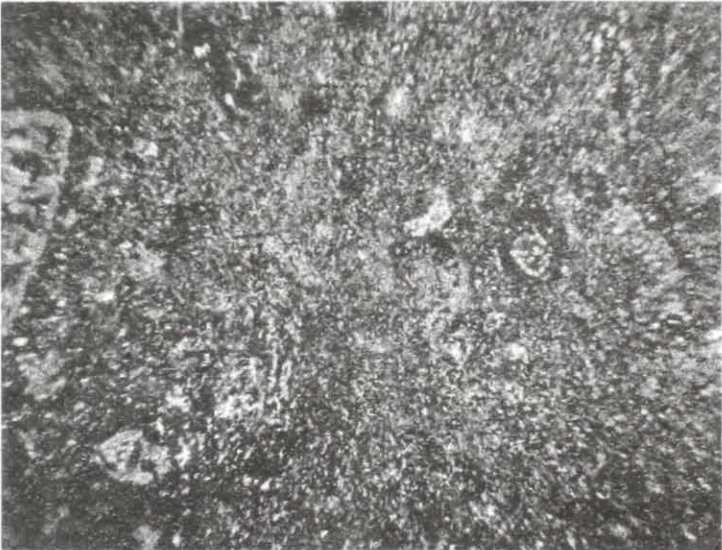


Рис. 7. Щелочной трахит. Криптозернистая основная масса с красными (светлые) выделениями блочного строения (ортоклаз, серпентин). Обр.9/44. Отраженный свет. Ширина поля зрения 1,5 мм.

гит), с содержанием Al₂O₃ до 5,2%, TiO₂ до 2% и Cr₂O₃ до 0,89%.

Минералогической особенностью этих петрографических разностей является постоянное присутствие красноватых выделений неоднородно-блочного сложения, внутренние части которых темные и непрозрачные, а внешние образуют подобие каймы-оболочки из красноватого полевого шпата. По химическому составу ядро отвечает алюмосерпентину с содержанием глинозема в 7,8%, а оболочка - ортоклазу (рис.8).

Химический состав основной массы характеризуется содержанием кремнезема 61%, высоким содержанием глинозема - 20,96%, а также щелочей: K₂O - 7,8, и Na₂O - 4,028%, что отвечает семейству щелочных трахитов - средним вулканическим породам калиево-натриевого типа щелочности.

Нефелинсодержащие вулканические породы установлены в пробе № 11 из Орловской области

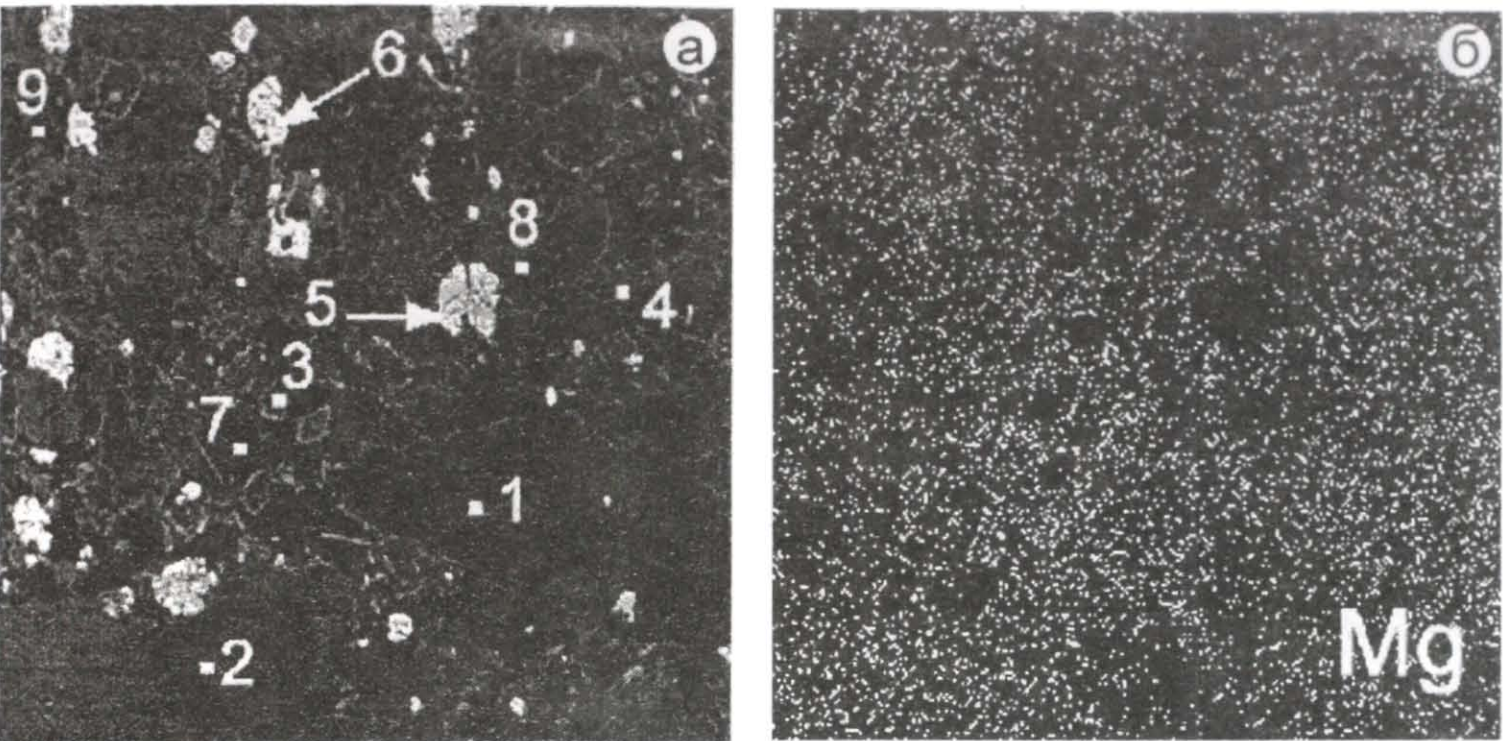


Рис. 8. Нефелиновый мелафонолит: а - в отраженных электронах - пироксены(1-4) в фенокристах, в интерстициях - нефелин (8-9). Титаномagnetит (белое.5-6) образует рудную сыпь. б - распределение магния. Обр. 1/32. Отраженный свет. Ширина поля зрения 400мкм.

Таблица 7

Химический состав нефелинсодержащих пород

Химические компоненты	Основная масса	Основная масса	Минерал
	Нефелиновый мелафонолит	Нефелинит	Нефелин
Образцы	9/52	11/62	1/32
SiO ₂	54	39.4	43
Al ₂ O ₃	14.9	25.4	31,54
FeO	7.8	2.8	1,9
MnO	0.16	0.07	0
TiO ₂	0,42	0.01	0.03
CaO	7.5	2.5	0
MgO	2.2	11.9	
BaO	0.34	0.1	
Na ₂ O	5	5.9	15,31
K ₂ O	4.3	0.6	5,5
Cr ₂ O ₃	0.36	0	
NiO	0	0.04	
Сумма	97,5	89.6	97,33

(обр. 11/62) и в пробах №№ 1 и 9 Липецкой области (обр1/3; 1/109; 9/52). Химический состав основной массы двух обломков приводится в таблице 7. Один из них по соотношению химических компонентов относится к нефелинитам семейства ультраосновных фойдитов, а другой отвечает составу нефелинового мелафонолита, который относится к основным фойдитам. Для первого характерно высокое содержание магния, а для второго – кальция и железа. Присутствие нефелина в этих породах установлено по данным рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализов

Нефелиновый мелафонолит в полированном шлифе выглядит как порфировая порода с темно-серой, почти черной, криптозернистой основной массой, в которой выделяются разных размеров призматического облика темные фенокристы пироксенов (рис.8). Нефелинит также порфирового сло-

жения, но вкрапленники представлены флогопитом, нефелином и пироксенами (рис.9), составы которых приводятся в таблицах 5-7. В отдельных обломках наблюдались миндалины, выполненные прозрачным минералом небесно-голубоватого цвета. При этом подложка миндалины слабо прозрачная, с голубоватым, но более светлым оттенком (рис. 10). Предположительно, это гаюин, минерал группы содалита, встречающийся в щелочных лавах.

Лейцитовые мелафонолит и фойлит. К средним вулканическим породам щелочного ряда семейства фойлитов нами отнесены некоторые обломки пробы 6 (обр. 6/8). В полированном шлифе основная масса коричневатая со стекловатой структурой с редкими вкрапленниками бесцветных восьмиугольных табличек лейцита и идиоморфных призм бесцветного прозрачного полевого шпата (санидин ?) и доломита (рис. 11). Имеется также множество тон-

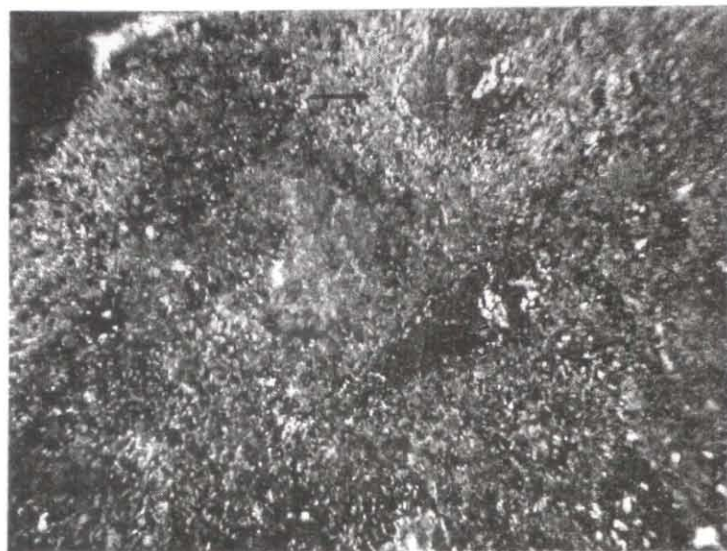


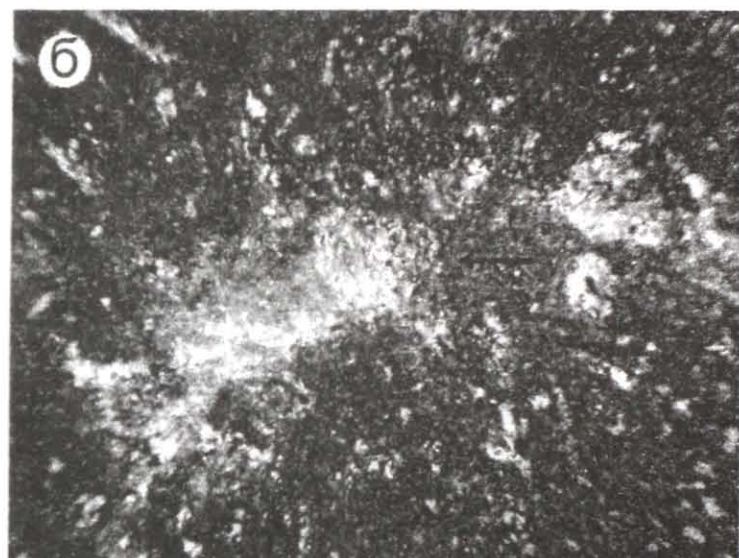
Рис. 9. Нефелинит. Идиоморфные шестиугольные таблички нефелина (указаны стрелками). Обр. 11/62. Отраженный свет. Ширина поля зрения 0,5 мм.



Рис. 10. Нефелинит. Миндалины голубоватого прозрачного гаюина (?), (нижняя левая четверть поля). Обр. 11/59. Отраженный свет. Ширина поля зрения 1мм.



Рис. 11. Псевдолейцитовый фонолит. Идиоморфные псевдоморфозы по лейциту (указаны стрелками). Обр. 6/8. Отраженный свет. Ширина поля зрения 2мм.



чайших бесцветных лейст полевых шпатов. Что интересно, в одном из анализов в породе отмечено до 1,5% окиси хрома. Содержание в основной массе оксидов кремния 57-62%, алюминия 16-17%, натрия 1,9%, а калия 13-14%, магния 0,-0,3%. Этот состав в целом сопоставим с составом щелочных полевых шпатов. Близкого состава к описанным породам и некоторые обломки образца 59 и 57 из пробы 11 Орловской области. Здесь лишь более высокие содержания оксида натрия – 2,9% и бария – 1,7%, отмечаются фенокристы диопсида с содержанием оксида хрома 0,9%. Химический состав этих пород сопоставим с подобными породами других регионов (табл.8).

По химическому составу порода образца 11/88 полностью соответствуют лейцитовым мелафонолитам семейства основных фонолитов с калиевым типом щелочности, а образца 8/32 и 6/12 средним по кремнекислотности вулканитам – лейцитовым фонолитам. Образец 6/8 более кислого состава с максимальным содержанием калия. При этом анализы 5 и 6 соответствуют щелочному полевому шпату с повышенной железистостью. Обращает

внимание также высокое содержание хрома. Этот полевой шпат отличается от такового в лейцититах и лампрофирах, где он обычно более натровый и ближе к полевым шпатам лампроитов, так как в нем больше железа и высокое отношение к. Петрографическое и петрохимическое изучение обломка 6/8 свидетельствует о том, что эта порода изменена процессами калиевого метасоматоза. В ней отчетливо обособляются вкрапленники с типичными формами лейцита, но по составу они отвечают полевому шпату, которого много и в стекловатой основной массе породы.

Аналогичные породы в свое время были описаны В.И.Гоньшаковой как псевдолейцитовые и эпилейцитовые порфиры для Покрово-Киреевской шовной структуры зоны сочленения Днепровско-Донецкого авлакогена и Приазовского кристаллического массива. В основной массе этих пород имеется апатит и предполагалось наличие нефелина по аналогии с близкими по составу породами Алдана [8].

Таблица 8

Химический состав высококалийевых пород и их минералов

	Орловская область		Липецкая область				Покрово-Киреевка (Украина)		Алдан	Средние по лампроитам Мира
Образцы	11/88	8/32	6/12	6/8	6/8	6/8				
Анализы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Порода, минерал	Основная масса						Псевдолейцитовые порфиры		Полесвой шпат	
SiO ₂	51,3	56,56	54,11	54,83	61,7	62,47	35,6	53,92	55,75	61,1-64,95
Al ₂ O ₃	16,1	14,56	16,26	15,98	17,25	16,63	12,92	16,43	19,13	14,2-19,1
CaO	7,1	0	1,18	1,5	0,35	0,27	9,49	5,73	3,49	0,03-0,27
MgO	3	6,87	1,92	0,365	0,17	0,08	3,94	1,5	0,55	0,06-2,68
Na ₂ O	2,47	0	0	1,25	1,91	1,073	2,79	1,2	0,55	0,06-2,6
K ₂ O	6,77	9,94	12,42	12,74	13,02	13,97	4,05	11,85	11,36	11,9-17,03
FeO	4,6	7,54	4,3	2,45	1,64	1	8	3,93	6,3	0,1-4,7
MnO	0,1	0,05	0,02	0,01	0	0	0,31	0,15	0,12	
TiO ₂	1,85	0	0,8	1,73	0,22	0,1	7,4	0,83	0,69	0,25
P ₂ O ₅	3,78		0,73	0,65	0,16	0,11	2,1	0,07		0,1-0,4
BaO				0,17	0,32	0,08				
Cr ₂ O ₃					0,08	1,527				
CO ₂ +H ₂ O							11,5	4	1,5	
Сумма	97	95,73	91,74	91,7	96,8	97,29	99	99,6	99	
k=K ₂ O/K ₂ O+Na ₂ O				0,91	0,92	0,93				0,83-0,99

Закключение

Обнаружение в массовом количестве обломков кимберлитов, сопровождаемых фойдитовыми породами в нижнемеловом коллекторе на северо-восточном склоне Воронежской антеклизы, - еще один, при том существенный, шаг в сторону превращения Воронежской прогнозируемой кимберлитовой области в регион с реальными коренными месторождениями драгоценного минерала. Из истории изучения разных алмазоносных провинций известно, что при наличии даже промышленных россыпей не всегда удается установить коренные источники алмаза. На это могут быть разные причины и более вероятная из них - блоковое геологическое строение с большими амплитудами разнонаправленных знаков движений, с глубоким уровнем эрозионного среза блоков, вмещающих коренные источники, как это мы видим на примере Урала. Конечно, в осадочном чехле Воронежской антеклизы такого нет, но здесь нет и промышленных россыпей алмаза. А те находки алмаза и его спутников, с учетом их значительной устойчивости и способности формировать потоки рассеяния дальнего сноса, с точки зрения поисков сами по себе мало информативны. Их скорее следует относить к разряду благоприятных предпосылок, чем к прямым поисковым признакам. Ситуация в корне меняется с обнаружением в осадочных коллекторах вместе с алмазами и минералами индикаторами обломков не просто магматических пород, а пород, которые по многим признакам являются потенциально алмазоносными. Обнадеживает и тот факт, что отмечается четко выраженная закономерность, проявляющаяся в согласованном увеличении в пробах из аптских коллекторов количества обломков кимберлитоподобных по-

род с количеством алмазов и его спутников. Дальнейшую стратегию поисков мы видим в выявлении и изучении потоков рассеяния минералов и обломков материнских пород по разрезу аптских отложений, в уточнении их стратиграфической приуроченности и пространственном их прослеживании с применением комплекса поисковых методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Легенда Воронежской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2. Объяснительная записка и приложения // Т.Е. Горбаткина, Ю.И. Иосифова, Р.В. Красенков, и др. Ред. Б.М. Демченко, Г.В. Холмовой. - М., 1999. - 69 с.
2. Кашкаров И.Ф., Полканов Ю.А. О находках алмазов в титан-циркониевых песках // ДАН СССР. - 1964. - Т. 157, № 5. - С. 1129-1130.
3. Геология и ресурсы недр центра России. Региональная программа. Раздел 10. Благородные металлы и алмазы. Алмазы // А.В. Бич, А.А. Чурганов, Н.И. Фещенко, А.А. Ширшов (Ред.). - М., - 1994. - 28 с.
4. Савко А.Д., Шелырев Л.Т., Ильяш В.В. Ассоциации минералов-индикаторов алмазности в осадочном чехле Воронежской антеклизы // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. - Воронеж, 2001. - С. 423-433.
5. Савко А.Д., Шелырев Л.Т., Егоров А.Ю. Новые находки алмазов в породах нижнемелового (аптского) коллектора на северо-востоке Воронежской антеклизы // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. - Воронеж, 2003. - С. 274-277.
6. Петрографический кодекс. - СПб, 1995. - 127 с.
7. Богатиков О.А., Рябчиков И.Д., Колонова В.А. Лампроиты. - М., Недра, 1998. - 302 с.
8. Базит-гипербазитовый магматизм и минераления юга Восточно-Европейской платформы / Ред. В.И. Гольшакова. - М., 1973. - 299 с.