

УДК 550.8.05.551.22

Буш В.А., Калмыков Б.А. (АО «ГНПП «Аэрогеофизика»)

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ХОПЕРСКОГО ДАЙКОВОГО ПОЯСА (ВОРОНЕЖСКАЯ АНТЕКЛИЗА) ПО АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

*По данным аэрогеофизических съемок характеризуется строение позднедевонского Хоперского дайкового пояса на восточной окраине Воронежской антеклизы. В нем выявлены долеритовые дайки, базитовые интрузии центрального типа, предполагаемые силлы и трубки взрыва. Хоперский дайковый пояс прослежен на значительное расстояние к югу и востоку. Раскрыты многие особенности его строения, ускользавшие от ранее проведенных исследований. Приводятся аналогии со строением одновозрастного алмазоносного Вилюйско-Мархинского дайкового пояса, проявленного в Якутии. Рассматривается вопрос о возможном наличии в Хоперском дайковом поясе проявлений кимберлитового магматизма и о его возможной алмазности. **Ключевые слова:** магнитные аномалии, Хоперский дайковый пояс, среднепалеозойские дайки базитов, Вилюйско-Мархинский дайковый пояс, кимберлитовые трубки, разрывные нарушения.*

Bush W.A., Kalmykov B.A. (Aerogeophysica)

SPECIAL FEATURES OF HOPERSKIY DYKE BELT (VORONEZH ANTECLISE) FORMATION ACCORDING TO AIRBORNE GEOPHYSICAL DATA

*The structure of the Late Devonian Hoperskiy dyke belt at the eastern margin of Voronezh anteclise is described with the help of the airborne geophysical survey data. Some dolerite dykes, central type basite intrusions, assumed sills and blow holes were discovered there. Hoperskiy dyke belt was traced over a significant distance to the south and east, a lot of special features of its structure were revealed, they were those features that had been missed by the previously conducted research. Some similarities with the structure of Viluyско-Markhinskiy diamond-bearing dyke belt of the same age, which was discovered in Yakutiya, are adduced. The question of a feasible presence of kimberlite magnetism and possible diamond content in Hoperskiy dyke belt is raised. **Key words:** magnetic anomalies, Hoperskiy dyke belt, the Middle Paleozoic basite dykes, Viluyско-Markhinskiy dyke belt, kimberlite holes, disjunctive dislocations.*

На территории восточной части Воронежской антеклизы, еще в 1970–1980-х годах были описаны в обнажениях проявления девонского базитового магматизма (базальты, туфолавы, туфы, туфопесчаники) в составе пашийского горизонта нижнефранского подъяруса [7]. В те же годы геофизическими работами были обнаружены многочисленные линейные магнитные аномалии меридионального простирания, и при заверке их бурением вскрыты дайки долеритов. На неопубликованной Геологической карте Воронежского кристаллического

массива масштаба 1:500 000 (1999) они были объединены в Хоперский девонский дайковый пояс, прослеженный на расстояние свыше 150 км [6, 11]. В последнее время территория этого дайкового пояса была покрыта высокоточными аэромагнитными и аэрогравиметрическими съемками масштабов 1:50 000–1:100 000, осуществленными АО «ГНПП «Аэрогеофизика» (рис. 1).

Эти съемки позволили проследить Хоперский дайковый пояс на значительное расстояние к югу и востоку и раскрыть многие особенности его строения, ускользавшие от ранее проведенных исследований. Определенные аналогии с Вилюйско-Мархинским дайковым поясом, проявленным в Якутии, поднимают вопрос о возможном наличии в Хоперском дайковом поясе проявлений кимберлитового магматизма и о его возможной алмазности.

Хоперский дайковый пояс на материалах аэрогеофизических съемок проявляется в виде системы линейных положительных магнитных аномалий, имеющих ширину до 80 км и прослеженных на расстояние свыше 190 км (рис. 2). Длина наиболее значительных объектов в этом поясе достигает 70–80 км, ширина — 2–3 км. В его строении можно выделить четыре ветви: две главных и две периферических. Наиболее мощной является Западная из двух главных ветвей (А, рис. 2). Азимут простирания этой ветви составляет ССВ 8°, длина до 190 км. Количество параллельных даек в ее южной части достигает шести и снижается к северу до трех-двух. К западу от нее располагается Западная периферическая ветвь (Б), состоящая из 4–5 даек, простирание которых отклоняется от генерального простирания дайкового пояса влево примерно на 45°.

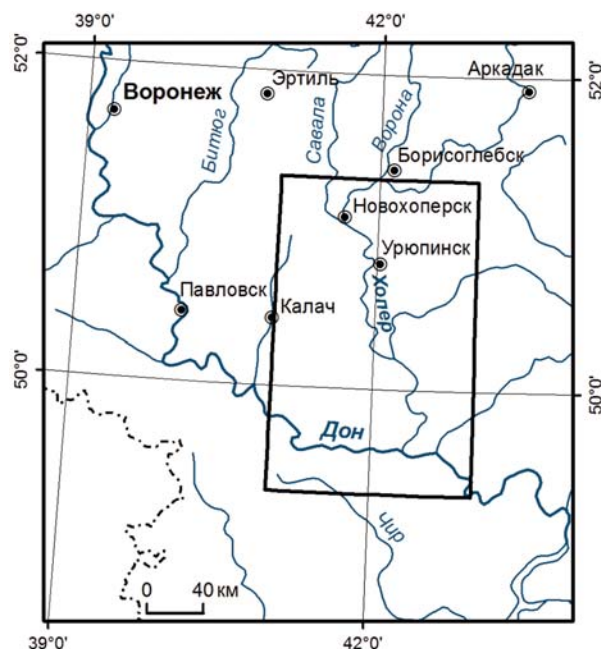


Рис. 1. Расположение участка работ

Восточная из двух главных ветвей (**В**) отстоит от Западной на 30 км и представлена: основной наиболее протяженной (до 85 км) дайкой; двумя дайками на ее северном продолжении и восьмью второстепенными дайками, имеющими несколько различные простирания. Протяженность Восточной главной ветви составляет 130 км. В промежутке между двумя главными ветвями располагается немногочисленная группа даек с изменчивым простиранием. Восточная периферическая ветвь (**Д**) представлена одной мощной дайкой протяженностью 90 км, простирание которой отклоняется на 45° вправо от генерального простирания пояса. Дайковые тела разбиты серией разрывных нарушений северо-западного и субширотного простирания, проявленных в смещениях и коленообразных изгибах линейных магнитных аномалий.

Таким образом, мы имеем классическую картину дайкового пояса растяжения, располагающегося над предполагаемым плюмом, расположенным в юго-западном углу площади, от предполагаемой вершины которого дайки расходятся по радиусам от субмеридионального до северо-восточного простирания. Вершина плюма лежит на замыкании Чирской синформы, отмечавшейся ранее на всех структурно-тектонических картах Воронежского кристаллического массива в виде метаморфического купола. Наши же исследования, основанные на материалах аэрогеофизических съемок, показали, что этот «купол» представляет собой замыкание синформного пакета тектонических пластин в составе раннепротерозойского Воронцовского чешуйчато-надвигового пояса. Пространственная связь вершины этого плюма с Чирской синформой, видимо, случайна.

Вследствие незначительной ширины даек их петрофизические характеристики по материалам съемок устанавливаются с существенной ошибкой в сторону уменьшения значений. Расчеты показали значения эффективной плотности от 2,61 до 2,77 г/см³ (среднее 2,71) и намагниченности от 2,12 до 2,48 А/м (среднее 2,24). В редких буровых скважинах, пройденных на ряде аномалий, вскрыты долериты, что соответствует приведенным выше параметрам.

На карте эффективной намагниченности дайки разделены на две категории. Наиболее ярко выраженные на ней, судя по не опубликованной Геологической карте Воронежского массива, в большинстве своем вскрывались бурением. Они принадлежат к главной (**А**, рис. 2) и периферической (**С**) Западным ветвям. К ним относятся также наиболее мощная дайка Восточной главной ветви (**В**), а также мощная дайка Восточной периферической ветви (**Д**), не известная ранее и не вскрывавшаяся бурением. Вторая категория даек выражена в аномальном магнитном поле менее ярко и, как правило, бурением на кровле кристаллического фундамента не вскрывается. Вероятнее всего, к ней принадлежат скрытые на глубине тела, не дошедшие до кровли фундамента.

Кроме описанных выше даек в строении Хоперского дайкового пояса участвуют и иные объекты. К ним принадлежат положительные магнитные аномалии изометричной формы, пересекающие дайки и располагаю-

щиеся внутри них цепочкой вдоль их простирания. Диаметр их достигает 2–3 км и они, как правило, не выходят за контуры дайки. Иные же из них незначительно выходят за пределы даек. Наконец, некоторые располагаются без видимой связи с дайками. Подавляющее число таких объектов отвечают некам и располагаются в главной и периферической Западных ветвях дайкового пояса. Другая, относительно немногочисленная группа некков, лежит на северном продолжении Восточной главной ветви и единичные тела — на ее восточной периферии. Расчетные петрофизические параметры некков показали значения эффективной плотности 2,60 г/см³ и намагниченности — 2,34 А/м.

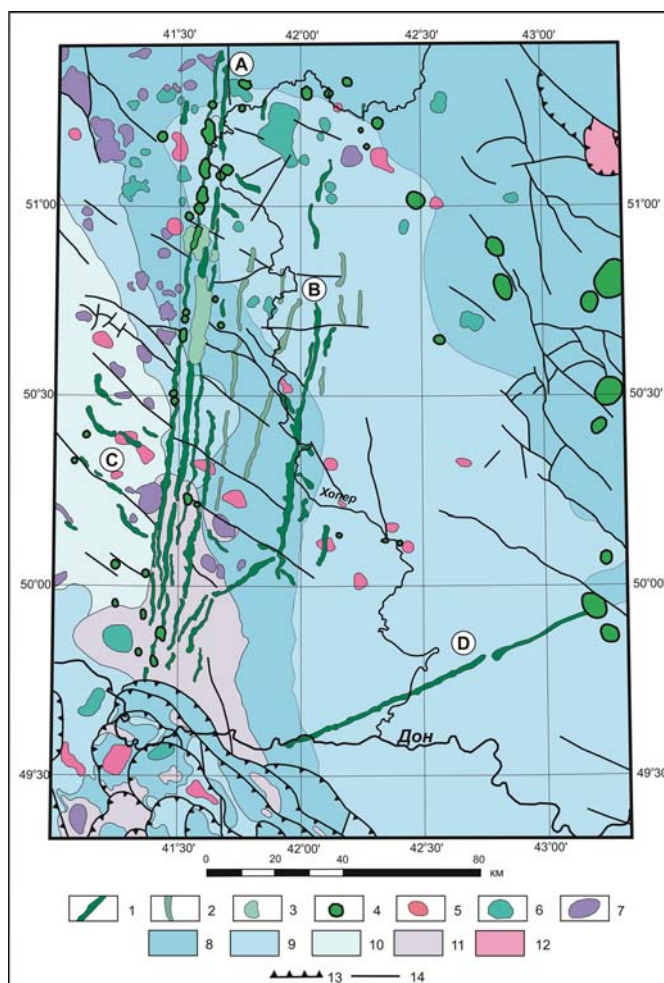


Рис. 2. Строение Хоперского дайкового пояса: девонские магматические образования дайкового пояса (1–4): 1 — некки и базитовые интрузии центрального типа, 2 — предполагаемые силлы долеритов, 3 — дайки, вскрытые на кровле фундамента, 4 — не вскрытые на кровле фундамента дайки; нижнепротерозойский кристаллический фундамент (5–12): 5 — граниты бобровского комплекса, 6 — диориты, габбро-диориты, габбро, плагиопироксениты еланского комплекса, 7 — нориты, габбро-нориты, перидотиты, дуниты, пироксениты мамонского комплекса; метатерригенные образования воронцовской серии (8–11): 8 — преимущественно грауваккового состава, 9 — преимущественно кварц-полевошпатового состава, 10 — преимущественно кварц-карбонатного состава, 11 — превращенные в кристаллические сланцы и гнейсы; 12 — нижне-среднеархейские образования миннибаевского комплекса; разрывные нарушения (13–14): 13 — надвиги, 14 — разрывы не установленной кинематики. Буквами обозначены наименования ветвей дайкового пояса

Относительно низкая эффективная плотность, не свойственная интрузивным долеритам, позволяет предполагать наряду с упомянутой систематической ошибкой присутствие в этих неках брекчиевых эксплозивных фаций (трубок взрыва).

В промежутке между Восточной главной и Восточной периферической ветвями дайкового пояса располагаются аналогичные по облику округлые магнитные аномалии, секущие породы воронцовской серии нижнего протерозоя. Эти аномалии имеют такую же округлую форму, но, как правило, более значительные размеры (от 3–4 до 10 км в поперечнике). Их расчетные средние петрофизические параметры составляют: эффективная плотность 2,71 г/см³ и намагниченность 2,24 А/м, что отвечает интрузивным породам основного состава. От описанных выше неков они отличаются большими размерами, более высокой плотностью и пространственным расположением, но с другой стороны, по тем же признакам и своим размещением в пространстве они существенно отличаются от раннепротерозойских основных интрузий еланского и мамонского комплексов. Видимо, эти объекты представляют собой интрузии основного состава, причем, как это следует из имеющихся геологических карт — не вскрытые бурением и скорее всего располагающиеся внутри кристаллического фундамента. К девонским магматическим комплексам мы отнесли их условно, опираясь на то, что Восточная мощная

периферическая дайка заканчивается на пересекающей ее интрузии.

Наконец третьим типом объектов, составляющих Хоперский дайковый пояс, являются поля со своеобразной внутренней структурой локальных аномалий магнитного поля. Они встречаются лишь в Западной главной ветви, в ее центральной части и не выходят существенно за ее пределы. Северный из этих объектов имеет округлую форму диаметром 8 км, южный — удлиненную при длине 25 км и ширине 5 км. Линейные аномалии, обусловленные дайками, в этих полях теряют свою четкость, зато здесь появляются мелкие локальные аномалии, ориентированные перпендикулярно или косо к границам этих аномальных полей (рис. 3), что позволяет четко выделить эти объекты. Общая структура как аномального, так и локального магнитных полей имеет здесь мозаичный характер, не свойственный иным объектам дайкового пояса.

Идентификация этих объектов может быть лишь предположительной. Они тесно связаны пространственно с проявлениями девонского магматизма, но, по видимому, не являются полями распространения хорошо изученных в обнажениях и бурении туфов и лав в пашийском горизонте, поскольку мощности последних не превышают 40–50 м распространены они на значительных пространствах и залегают горизонтально. В аномальном магнитном поле они не могут проявиться. Позволительно предположить, что рассмотренные

выше поля с аномальной структурой отражают силы, связанные с дайками и, видимо, имеющие своеобразное, неравномерное внутреннее строение.

Возраст всех девонских магматических комплексов как plutonic, так и вулканических определяется как раннефранский [6]. Магматические образования Хоперского дайкового пояса перекрыты чехлом осадочных пород позднедевонского и каменноугольного возраста мощностью в первые сотни метров. Отмечаются два цикла вулканизма, проявленные в ястребовское и петинское время позднего девона. Вулканиды ястребовского цикла относятся к субшелочной формации. Вулканиды петинского цикла представлены толеитовыми базальтами трапповой формации [6, 11]. С петинским циклом связано проявление базальтоидов эксплозивно-трубчатого типа, установленное в пределах Мигулинско-Новохо-

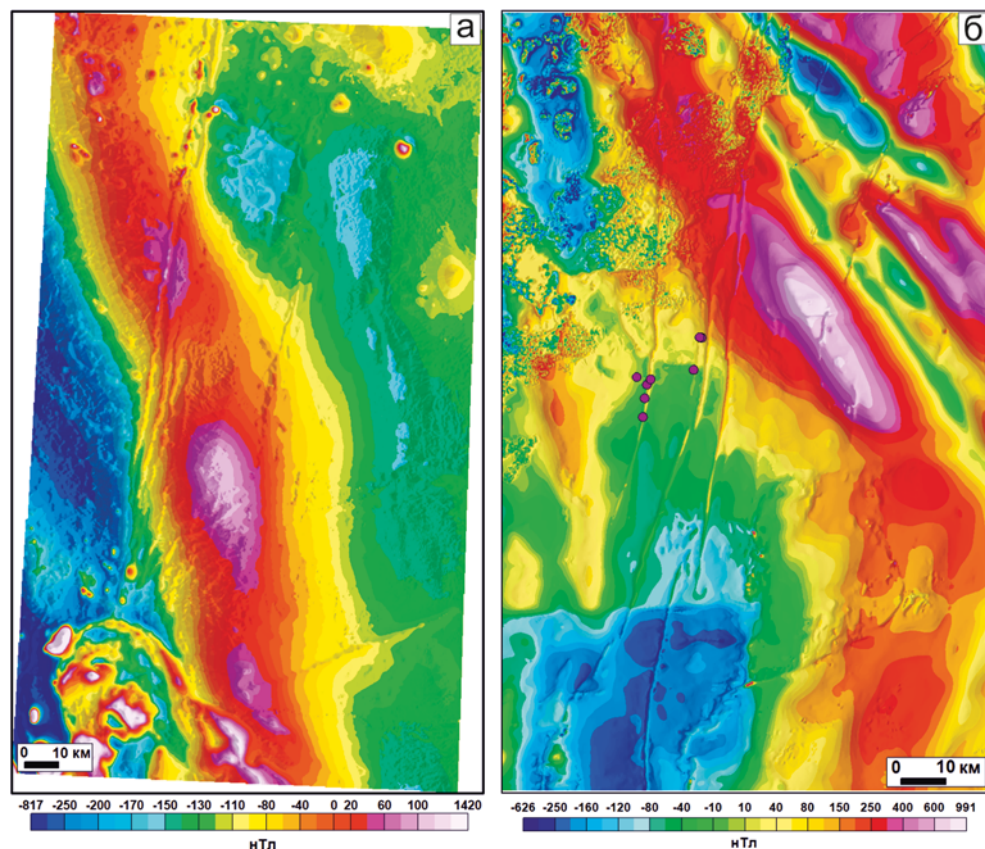


Рис. 3. Сопоставление аномального магнитного поля Хоперского дайкового пояса (а) и Вилуйско-Мархинского дайкового пояса в пределах Мало-Ботубобинского алмазоносного района (б) — (по материалам Ботубобинской ГРЭ АК «АЛРОСА»). Сиреневые кружки — кимберлитовые трубки

перской зоны разломов суб-меридионального простирания, которое представляет Каменско-Садовская эксплозивная трубка базальтоидов [6]. Образования эксплозивно-трубочного типа, по-видимому, проявлены в пределах Хоперского дайкового пояса, о чем свидетельствуют магнитные аномалии трубчатого типа, выявленные при среднемасштабной аэромагнитной съемке. Можно ожидать, что при проведении детальной аэромагнитной съемки масштаба 1:10 000 будут выявлены многочисленные трубчатые объекты среднего-мелкого размера.

Хоперский дайковый пояс имеет определенные черты сходства с Вилуйско-Мархинским дайковым поясом Сибирской платформы (рис. 3). Данный пояс связан с Вилуйско-Мархинской зоной разломов, протягивающейся вдоль северо-западного плеча Вилуйского палеорифта (Патомско-Вилуйского авлакогена).

Зона разломов прослеживается в северо-восточном направлении на 700 км и имеет ширину от 30 км на юге до 70 км на севере [5, 9]. Она отчетливо прослеживается линейными магнитными аномалиями, так как сопровождается на всем протяжении среднепалеозойскими дайками субщелочных долеритов, не выходящих на поверхность и трубками взрыва основного и щелочно-основного составов. Их образование связано с раскрытием в среднем палеозое Патомско-Вилуйского авлакогена. К юго-западному окончанию Вилуйско-Мархинской зоны приурочено Мирнинское кимберлитовое поле, а в 300 км от него в бассейне среднего течения р. Марха выявлено Накыньское кимберлитовое поле.

В районе Мирнинского кимберлитового поля (Мало-Ботубинский алмазоносный район) Вилуйско-Мархинская зона проявлена серией дайковых тел суб-меридионального-северо-восточного простирания, отмечаемых линейными магнитными аномалиями (рис. 3). Ширина аномальных зон достигает 2 км, протяженность — десятки км. Интенсивность аэромагнитных аномалий составляет от 5–15 до 20–40 нТл. По данным бурения установлено, что данные аномалии связаны с дайками долеритов мощностью от 0,5 до 20 м, не выходящими на поверхность [2]. Ширина и интенсивность аномалий связаны с мощностями даек и глубиной их залегания. По данным количественных расчетов глубины залегания верхних кромок даек составляют 170–350 м и до 530 м [1]. Линейные магнитные

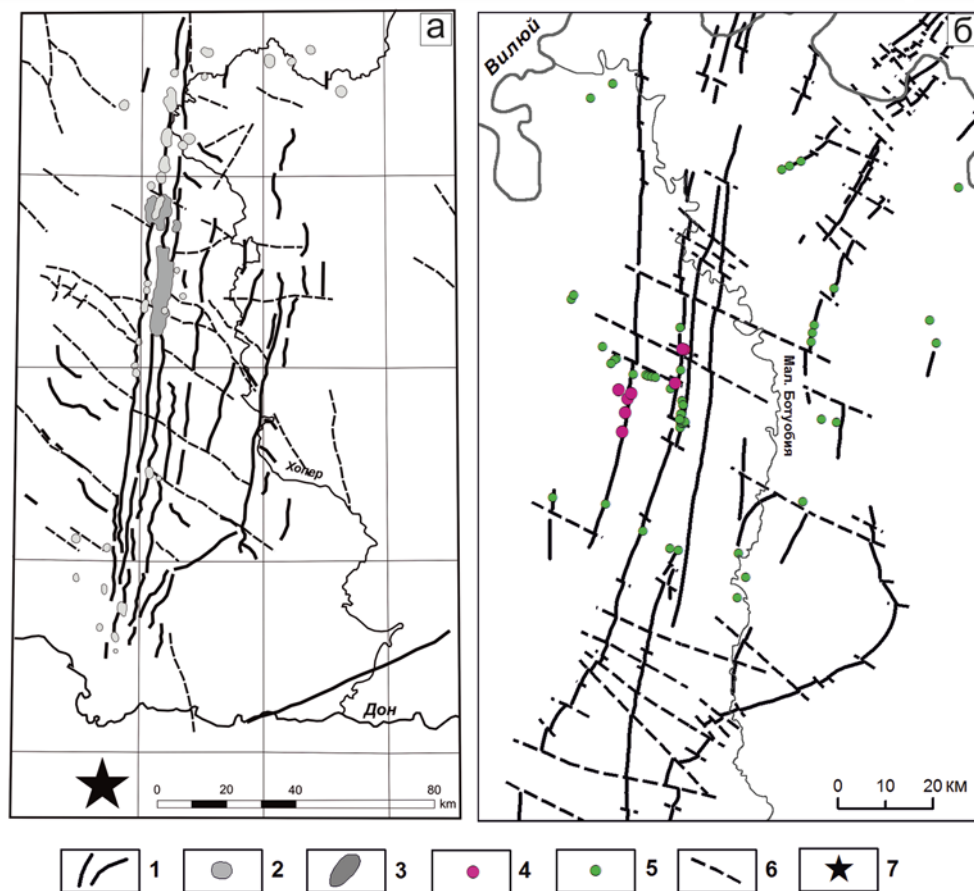


Рис. 4. Сопоставление структуры Хоперского (а) и Вилуйско-Мархинского (б) дайковых поясов: 1 — дайки долеритов; 2 — некки; 3 — силлы(?); 4 — кимберлитовые трубки; 5 — базитовые трубки; 6 — секущие разрывные нарушения; 7 — фокус расхождения даек Хоперского пояса

аномалии отчетливо выражены на фоне спокойного магнитного поля в областях развития терригенно-карбонатных пород нижнего и верхнего палеозоя и затухают на участках развития магнитных пород раннетриасовой трапповой формации. По отношению к низкочастотным аномалиям, обусловленным образованиями кристаллического фундамента, они имеют выраженный секущий характер. Линейные магнитные аномалии имеют прерывистый характер и волнистую морфологию, отмечаются участки замыкания аномалий, что является отражением морфологии даечных тел. Коленообразные изгибы и разрывы линейных аномалий свидетельствуют о деформации даек разрывными нарушениями. Характер изолиний магнитного поля на участках осложнения аномалий свидетельствует о преобладании секущих нарушений северо-западного простирания, представленных дизъюнктивами небольшой протяженности.

Базиты Вилуйско-Мархинского пояса представлены двумя генерациями пород среднепалеозойского возраста [4, 9]. Первую генерацию представляют докимберлитовые габбро-долериты толеит-базальтовой серии. Они имеют широкое развитие и образуют дайки и многоярусные силлы. Вторая генерация имеет локальное распространение и представлена посткимберлитовыми щелочными базитами и эксплозивными брекчиями. Возраст базитов датируется как позднедевонский-раннекаменноугольный [4, 5].

Кимберлитовые тела Мирнинского поля образуют две линейные группы, приуроченные к зонам динамического влияния разломов Вилуйско-Мархинской зоны, что подтверждает ее кимберлитоконтролирующий характер [2, 10]. Рудомещающими являются сеющие нарушения северо-западной ориентировки, что подтверждается ориентировкой длинных осей трубок и связанных с ними кимберлитовых жил. Таким образом, кимберлитовые трубки находятся на флангах линейных магнитных аномалий, связанных с дайками долеритов или в непосредственной близости от них (первые сотни метров). Существует мнение, что нарушения северо-западного простирания связаны со скрытым глубинным разломом, и Мирнинское кимберлитовое поле приурочено к участку пересечения его с разломами Вилуйско-Мархинской зоны [3]. Возраст кимберлитовых тел датируется как среднепалеозойский: поздний девон — ранний карбон [10]. Кимберлиты трубки Мир прорывают два разноглубинных силла и дайку среднепалеозойских долеритов, что определяет их возрастные взаимоотношения. В пределах Мирнинского кимберлитового поля присутствуют базитовые трубки взрыва среднепалеозойского возраста. Они приурочены к зонам динамического влияния разломов и расположены как вблизи кимберлитовых трубок, так и на значительном отдалении от них.

Можно отметить определенные черты сходства между и Хоперским дайковыми поясом и Вилуйско-Мархинским дайковым поясом, контролирующим распределение кимберлитовых тел в Мало-Ботуобинском алмазоносном районе (рис. 4).

Оба пояса располагаются на древних платформах в пределах тектонических зон, протягивающихся вдоль границ крупных положительных и отрицательных структур фундамента и чехла. Хоперский дайковый пояс приурочен к зоне разломов субмеридионального северо-восточного простирания, ограничивающей восточный борт Воронежской антеклизы. Вилуйско-Мархинский дайковый пояс в пределах Мало-Ботуобинского алмазоносного района приурочен к зоне разломов субмеридионального северо-восточного простирания, разделяющей Непско-Ботуобинскую антеклизу и впадины Патомско-Вилуйского авлакогена.

Структурный облик данных магматических провинций обусловлен сближенными дайками долеритов, образующих системы протяженностью свыше 100 км и шириной в первые десятки км. Большинство дайковых тел не выходят на поверхность и картируются по данным магниторазведки. Дайки долеритов сопровождаются силлами, присутствуют субизометричные интрузивные и эксплозивные тела. Дайки долеритов разбиты непротяженными разрывными нарушениями северо-западного простирания. Сдвиговой характер нарушений создает благоприятные условия для локализации трубочных тел в узлах пересечения их с зонами субмеридионального простирания. О возможном присутствии трубочных интрузивных и эксплозивных тел свидетельствуют изометричные локальные магнитные аномалии, тяготеющие к узлам пересечения нарушений северо-западной и субмеридиональной ориентировки. Формирование как Хо-

перского, так и Вилуйско-Мархинского дайковых поясов связано со среднепалеозойской эпохой тектоно-магматической активизации.

Изложенные данные свидетельствуют о чертах сходства в строении Хоперского дайкового пояса и поля даек кимберлитоконтролирующей Вилуйско-Мархинской зоны. В этом свете Хоперский дайковый пояс может представлять определенный интерес на обнаружение проявлений кимберлитового магматизма. Признаки алмазоносности территории Воронежской антеклизы установлены к западу от рассматриваемой территории (Павловская площадь), где в шлиховых пробах выявлены алмазы и их минералы-спутники [8, 11].

Данные соображения определяют целесообразность постановки на рассматриваемой территории прогнозно-поисковых работ на алмазы с применением детальных аэромагнитных съемок на локальных участках выявленных структурных узлов и последующей заверкой бурением перспективных аномалий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаян Г.Д., Молчанов Ю.Д., Саврасов Д.И. Отражение разломной тектоники Мало-Ботуобинского района в гравитационном поле / Применение геофизических методов при поисках кимберлитовых тел в Якутской провинции. — Якутск: Якутское книжное изд-во, 1976. — С. 97–100.
2. Борис Е.И. О кимберлитоконтролирующей роли разломов северо-западного простирания в Мало-Ботуобинском районе / Геология и методы прогнозирования алмазных месторождений. — М.: Тр. ЦНИГРИ. — 1981. — Вып 156. — С. 53–60.
3. Борис Е.И., Францесон Е.В. О закономерностях размещения кимберлитовых тел в Мало-Ботуобинском районе (Западная Якутия) // Известия вузов. Геология и разведка. — 1992. — № 5. — С. 68–75.
4. Земнухов А.Л., Зайцев А.И., Копылова А.Г. и др. Базитовый магматизм Ханья-Накынского междуречья / Геология алмаза — настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). — Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. — С. 482–494.
5. Киселев А.И., Ярмолюк В.В., Егоров К.Н., Чернышев Р.А. Петролого-геохимическая характеристика базитов области Вилуйского палеорифта в связи с проблемой их происхождения / Геология алмаза — настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). — Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. — С. 494–504.
6. Молотков С.П., Альбеков А.Ю. Первое рудопроявление самородной меди, связанное с верхнедевонским базальтоидным вулканизмом юго-востока Воронежской антеклизы // Вестник Воронежского университета. Геология. — 2004. — № 1. — С. 116–130.
7. Носова А.А. Петрология позднедевонского и палеозойского внутриплитного базитового вулканизма Восточно-Европейской платформы: Автореф. диссер...д. геол.-минер. наук. — М.: ИГЕМ РАН, 2007. — 52 с.
8. Савко А.Д., Зинчук Н.Н., Шевырев Л.Т. и др. Алмазоносность Воронежской антеклизы // Тр. НИИ геологии ВГУ. — Вып. 17. — Воронеж: ВГУ, 2003. — 121 с.
9. Томшин М.Д., Фомин А.С., Корнилова В.П. и др. Особенности магматических образований Накынского кимберлитового поля Якутской провинции // Геология и геофизика. — 1998. — Т. 39. — № 12. — С. 1693–1703.
10. Харьков А.Д., Борис Е.И., Иванов И.Н., Щукин В.Н. К характеристике трубок взрыва Мало-Ботуобинского района // Советская Геология. — 1972. — № 8. — С. 51–65.
11. Черный С.Д., Дак А.И., Сафьянников Ю.В. и др. Минералогические критерии и перспективы алмазоносности юго-восточной части Воронежского кристаллического массива / Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. — Воронеж: ВГУ, 2001. — С. 391–396.

© Буш В.А., Калмыков Б.А., 2015

Буш Вильям Артурович // bush@aerogeo.ru
Калмыков Борис Александрович // kalmikov@aerogeo.ru