ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ "РЕСУРС-П (ГЕОТОН)" ДЛЯ ПРОГНОЗА АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ В ЗИМНЕБЕРЕЖНОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2020 г. Г. А. Миловский^{а,} *, В. Н. Орлянкин^а, В. Т. Ишмухаметова^а, В. П. Минин^а

^аНаучный геоинформационный центр РАН, Москва, Россия *E-mail: oregas@mail.ru Поступила в редакцию 18.12.2019 г.

В центральной части Архангельской алмазоносной провинции на основании дешифрирования материалов космической съемки выявлены глубинные разломы, фиксирующие границы структурных блоков, а также "скрытые" разломы фундамента и оперяющие их дизъюнктивы север—северо-восточного простирания, которые контролируют размещение алмазоносных кимберлитовых трубок. Эталонная область Золотицкого рудного поля по данным космодешифрирования характеризуется плотной сетью разрывных нарушений северо-восточного и северо-западного простирания. В северной части исследуемой площади наибольший интерес представляет кольцевая структура в области сочленения Ручьевского выступа и Чубальской ступени. Высокая плотность линеаментов различной ориентации, значения магнитного поля и мощности осадочного чехла подобные эталонному Золотицкому полю позволяют рассматривать эту структуру в качестве первоочередной для постановки наземных заверочных работ.

Ключевые слова: многозональная космическая съемка, геолого-геофизические данные, поисковые признаки, кимберлиты

DOI: 10.31857/S0205961420030033

введение

Кимберлитовые зоны относятся к категории погребенных структур и выделяются преимущественно на основе интерпретации материалов глубинного сейсмического зондирования с использованием данных о строении магнитного и гравитационного полей. В фундаментальных работах В.И. Ваганова (Ваганов, 1995; Ваганов, 2002), А.С. Гладкова (Гладков, 2008), Н.И. Горева (Горев, 2005), Ю.Г. Кутинова (Кутинов, 2004), В.М. Подчасова (Подчасов, 2004), М.Я. Фолисевича (Фолисевич, 2000) и других исследователей проведена систематизация поисковых признаков кимберлитового оруденения. Прогнозирование алмазоносного кимберлитового поля определяется устойчивым комплексом геолого-геофизических признаков, включающих пересечение минерагенической зоны поперечными глубинными разломами; наличие блока с изотропной ориентировкой трещиноватости и положительной кольцевой морфоструктуры, а также разломов, которые образуют в совокупности радиально-концентрическую систему. К поисковым признакам также относится смена структуры потенциальных полей, когда протяженные среднечастотные линейные аномалии сменяются аномалиями изометричной формы и широким спектром высокочастотных аномалий. Глубинным разломам обычно отвечают линейные, среднечастотные, отрицательные аномалии в гравитационном и магнитном полях. Кимберлиты с крупными и уникальными месторождениями алмазов приурочены к зонам "скрытых" разломов фундамента. Отмечается пространственная связь кимберлитовых полей с разнотипными зонами разломов и узлами их пересечений. В локальных структурах осадочного чехла кимберлитовые поля приурочены преимущественно к сочленению положительных и отрицательных структур второго порядка и располагаются на склонах сводовых и валообразных поднятий, а также на крыльях флексур, обрамляющих желоба и впадины. Мощность осадочного чехла в период проявления кимберлитового магматизма на известных алмазоносных территориях, как правило, не превышает 2 км; участки с большей мощностью чехла бесперспективны на обнаружение кимберлитов. Куст (группа) алмазоносных тел характеризуется наличием приподнятого блока фундамента; изометричным малоамплитудным куполовидным поднятием и наличием сближенной пары разломов в породах осадочного чехла.

Опыт работ в пределах Зимнебережнего алмазоносного района Архангельской провинции показал, что всем известным на сегодняшний день трубкам взрыва соответствуют локальные магнитные аномалии, параметры которых меняются в широких пределах (Программа, 2012). Однако по ряду причин сложно однозначно интерпретировать данные магнитной съемки: локальные магнитные аномалии часто оторваны от кимберлитовых тел, аномалии "трубочного типа" наблюдаются также над телами, сложенными неалмазоносными щелочными базальтоидами и пикритовыми порфиритами, магнитные аномалии фиксируют неоднородности магнитных свойств четвертичных отложений. Задача разбраковки многочисленных магнитных аномалий "трубочного типа" остается весьма актуальной и возможна только при комплексировании с геофизическими методами, имеющими другую физическую природу.

Для Золотицкого кимберлитового поля установлены признаки дешифрирования фотоснимков крупного масштаба (1:25 000) для выделения тел "трубочного типа" (Антонова, 1992). Установлено, что зонально-концентрическое строение радиолокационных аномалий является характерным признаком диатрем, трубочные тела Зимнебережного района приурочены к узлам пересечения ортогональной и диагональной динамопар, различающихся временем заложения (Лопатин, 2001). Эти линеаментные каркасы представляют собой криптоморфные разломы, прочитывающиеся на снимках в ближней ИК-зоне в результате фотогенерализации малых структурных форм. Появление технологии тематической обработки результатов дешифрирования космических снимков (Серокуров, 2001) и многофункционального программного обеспечения открывает качественно новые возможности реализации информационных технологий по применению многоспектральных и радиолокационных космических изображений при решении прогнозно-поисковых задач за счет количественных методов комплексного анализа цифровых данных (Кирсанов, 2004).

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ

Для разработки методов комплексного использования космических и геолого-геофизических данных при поисках алмазоносных кимберлитов была выбрана площадь Q-37-81-84,-93-96,-105-108, в центральной части которой расположены месторождение "Имени В.П. Гриба", представленное одной трубкой площадью 16.6 га (Белов, 2008), и месторождение "Имени М.В. Ломоносова" (рис. 1, 2), в состав которого входят трубки им. Ломоносова, Поморская, Пионерская, им. Карпинского-1, им. Карпинского-2 и Архангельская. Кимберлитовые тела месторождения им. Ломоносова относятся к категории крупных (10–20 га) и весьма крупных (более 30 га – трубка Пионерская), исключение составляет трубка Поморская (5.6 га), относящаяся к категории средних. Расстояние между отдельными кимберлитовыми телами внутри этой цепочки варьирует от 0.13 до 2.14 км.

Разрез вмещающих пород представлен гранито-гнейсами беломорской серии верхнего архея, терригенными толщами сафоновской серии верхнего рифея и отложениями валдайской серии венда, залегающими с резким угловым и стратиграфическим несогласием на образованиях архея и рифея. В разрезе венда выделяются аргиллитоалевролито-песчаниковые отложения усть-пинежской (V₂up), мезенской (V₂mz) и падунской (V₂pd) свит общей мощностью около 920 м. Трубки прорывают толщи венда и перекрываются среднекаменноугольными отложениями, с vчетом данных радиологических определений их возраст оценивается как поздний девон-ранний карбон. Комплекс перекрывающих пород представлен отложениями средне-каменноугольного и четвертичного возраста, общая мощность которых непосредственно над трубками, возрастает с юга на север от 28.7 до 54.5 м. Средне-каменноугольными породами полностью перекрыты трубки Архангельская и Пионерская, частично – трубки Поморская, им. Карпинского-1, им. Карпинского-2, на участке трубки им. Ломоносова среднекаменноугольные отложения эродированы. В разрезе пород среднего карбона преобладают терригенно-карбонатные образования московского яруса, представленные урзугской (C_2 ur), воереченской (C_2 vr) и олмуго-окуневской (C_2 ol + ok) свитами. Рыхлые четвертичные образования, представленные ледниковыми, озерно-болотными и аллювиальными отложениями, сплошным чехлом перекрывают все более древние породы.

Кимберлитовые трубки месторождения им. Ломоносова по данным ПАО "Севералмаз" (ФГБУ "РОСГЕОЛФОНД") делятся на две основные морфологические группы. К первой группе относятся тела с овальными очертаниями (им. Ломоносова, им. Карпинского-1 и Архангельская), во вторую группу входят трубки с неправильными контурами, осложненными пережимами (им. Карпинского-2, Пионерская и Поморская), придающими им гантелеобразный вид. Подобное разделение обусловлено приуроченностью трубок первой группы к подводящим каналам центрального типа, а второй – трещинного типа. Поэтому с глубиной конфигурация горизонтальных сечений трубок первой группы существенно не меняется, а второй – переходит в четко выраженную линзовидную или дайкообразную форму. Простирание

41°10′01′′

65°23'10'' 65°23′19′′ 65°16'00". - 65°15′50″ 40°58'32'' 41°09'42'' 0.5 0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 KM Алмазоносные кимберлитовые трубки

Рис. 1. Месторождение им. М.В. Ломоносова. Современная космическая съемка высокого разрешения (0.58–0.8 мкм).

длинных осей трубок ориентировано по азимуту 0°-20°. В вертикальном разрезе кимберлитовые тела имеют форму типичной воронки взрыва, не-

40°59'04''

редко увенчанной в верхней части кратером. Трубки второй морфологической группы им. Карпинского-2 и Пионерская представляют со-

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА № 3 2020



Рис. 2. Схематическая карта месторождения им. М.В. Ломоносова по материалам ФГБУ "РОСГЕОЛФОНД".

бой две сближенные воронки с общим кратером, то есть относятся к двухкорневым или "парным диатремам" (рис. 3). Кратерные части сохранились от эрозии у трубок Пионерская, им. Карпинского-1 и Архангельская. Жерловые или собственно диатремовые части трубок, прослеженные до глубины залегания пород кристаллического фундамента (беломорской серии архея), переходят в дай-



1 – объединенный комплекс перекрывающих пород четвертичного и среднекаменноугольного возраста.
2-4 – валдайская серия венда: 2 – падунская свита котлинского горизонта (песчаники с прослоями алевролитов); 3 – мезенская свита котлинского горизонта (песчаники с прослоями алевролитов); 3 – мезенская свита котлинского горизонта (песчаники и алевролиты с прослоями аргиллитов); 4 – усть-пинежская свита редкинского горизонта (аргиллиты и алевролиты с прослоями песчаников, гравелиты); 5 – тучкинская свита сафоновской серии верхнего рифея (аргиллиты, алевролиты, мергели, аркозы); 6 – беломорская серия верхнего архея (гнейсы, гранито-гнейсы, граниты и амфиболиты).
7 – кимберлитовые трубки: 1 – Архангельская, 2 – им. Карпинского-1, 3 – им. Карпинского-2, 4 – Пионерская, 5 – Поморская, 6 – им. Ломоносова; 8 – разломы; 9 – структурно-параметрическая скважина.

Рис. 3. Геологический разрез месторождения им. М.В. Ломоносова по материалам ПАО "Севералмаз" (ФГБУ "Росгеолфонд").

ки прелположительно на глубине 1000-1200 м. Кимберлиты, слагающие кратерную часть трубок, представлены грубослоистой толщей (мощностью 72–124 м) субгоризонтально залегающих осадочно-вулканогенных пород: песчаниками, туфопесчаниками, туфогравелитами, туфоалевролитами, туфами, туффитами и грубообломочными осадочными брекчиями, развитыми в прибортовых частях кратеров. Кимберлиты жерловой части трубок залегают в виде крутопадающих столбов и представлены двумя основными разновидностями: ксенотуфобрекчиями и автолитовыми брекчиями. В составе ксенотуфобрекчий, внедрявшихся в первую фазу формирования вулканических аппаратов, на кимберлитовую составляющую приходится в среднем 60%, а на ксеногенную – до 40% объема пород. Автолитовые брекчии относятся к кимберлитам второй фазы внедрения, на что указывает наличие их даек, жил и штоков в столбах ксенотуфобрекчий. чаше всего наблюдаемых в верхних частях последних. Содержание магматического материала в автолитовых брекчиях достигает 95-98%. Столбообразные тела автолитовых брекчий развиты во всех трубках, за исключением Поморской.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Все алмазоносные кимберлитовые трубки локализованы в области узкого диапазона слабоположительных значений гравитационного и магнитного полей (рис. 4). Это может служить одним из критериев при выявлении рудоперспективных участков. Другим критерием является глубина поверхности фундамента на площади развития алмазоносных кимберлитовых трубок. Для месторождений "Имени М.В. Ломоносова" и "Имени В.П. Гриба" глубина фундамента составляет по разным источникам 1.0–1.8 км.

В региональном структурном плане исследованный район приурочен к узлу пересечения пояса высокой проницаемости северо-западного простирания с поперечной структурой повышенной проницаемости северо-восточной ориентировки; разломы фундамента Зимнебережнего района относятся к долгоживущим структурам: они возникли в конце архея-начале протерозоя и неоднократно подновлялись в более поздние периоды (Кутинов, 2004). Уточнение местоположения этих разломов, определяющих блоковое строение района, можно провести, основываясь на том, что границы блоков представляют собой линейные участки изменений магнитного и гравитационного полей, специфичных для каждого из этих блоков, а также на результатах дешифрирования материалов космической съемки высокого разрешения, обладающей с одной стороны генерализующим эффектом, необходимым для охвата всей исследуемой площади, а с другой высокой детальностью, необходимой для выявления перспективных объектов ранга "куст" И "кимберлитовая трубка" в масштабе 1 : 10000.

На основании дешифрирования результатов космической съемки и анализа материалов магнитометрии и гравиметрии на площади работ выявлены линеаменты северо-западного и северо-восточного простирания, которые могут быть интерпретированы как глубинные разломы



Рис. 4. Фрагмент карты магнитных аномалий Q-37-81-84, 93-96, 105-108.

мантийного и корового заложения (рис. 5). Эти отличающиеся большой протяженностью разломы определяют границы структурных блоков в пределах Зимнегорского авлакогена, расположенного между Архангельским и Кулойским выступами. Разломы фиксируют рельеф кристаллического фундамента, определяющего границы Архангельского выступа и Керецкой впадины, Золотицкого поднятия и Кепинской впадины. Важное место в геологическом строении исследуемого района занимают также "скрытые" разломы фундамента северо-восточного и широтного простирания. Наиболее протяженный Кадь-Ернозерский разлом, трассирующийся от устья р. Кадь через оз. Сухое до северной оконечности Ернозера, имеет исключительно важное значение, так как оперяющие его разломы север-северо-восточного простирания контролируют размещение алмазоносных кимберлитовых трубок Золотицкого поля. Севернее Кадь-Ернозерского разлома расположен параллельный ему глубинный разлом, на котором выявлены две кольцевые структуры диаметром 5 км. Одна из этих структур, в центре которой находится оз. Давыдово, является узлом пересечения различно ориентированных разломов и представляют собой изотропное линеаментное поле повышенной плотности. Северная часть этой кольцевой структуры с учетом слабоположительных значений гравитационного и магнитного полей может рассматриваться как область перспективная на выявление кустов кимберлитовых тел.

Два "скрытых" разлома фундамента широтного простирания расположены в юго-западной части исследуемой площади (рис. 5). Пространство между ними насыщено мелкими разрывными нарушениями различной ориентации, здесь же локализованы две кольцевые структуры. Вместе с тем, для оценки перспектив этих структур необходимо более точное определение мощности осадочного чехла.

Дизъюнктивом широтного и меридионального направлений (ортогональная система) принадлежит существенная роль в герцинской тектономагматической активизации Зимнебережного района, построение роз-диаграмм гравитационного и магнитного полей свидетельствует о руководящей роли разломов с азимутами простирания 358°-360° и 270°-288° (Кутинов, 2004). Розы-диаграммы космофотолинеаментов характеризуется максимумами по азимутам 27°, 72°, 313°, 346°. Линеаменты, дешифрируемые по космическим изображениям, фиксируют разрывные нарушения, флексурные перегибы поверхности фундамента, а также геоморфологические границы моренных отложений последнего оледенения, развитого на исследуемой территории, в ряде случаев они отражают резкие границы изменений растительного покрова, обусловленные составом и увлажненностью почв.

Эталонная область Золотицкого рудного поля по данным космодешифрирования характеризуется плотной сетью разрывных нарушений северо-восточного простирания, секущих дизъюнктивы северо-западного направления. Главные рудоконтролирующие разломы являются, как отмечалось выше, оперяющими структурами Кадь-Ернозерского разлома. С юга Золотицкое поле ограничено дуговыми разломами, которые подчеркивают южную границу приподнятого блока фундамента, содержащего кимберлитовое поле.

При региональных работах протяженные зоны глубинных разломов, контролирующие положение кимберлитовых полей, уверенно выделяются в фундаменте платформы средствами геофизики, но с увеличением масштаба исследований на уровне "кустов" и отдельных кимберлитовых тел все большее значение приобретают структуры платформенного чехла и, в конечном счете, его приповерхностных слоев (Гладков, 2008). Для детального картирования дизъюнктивов в верхней части чехла платформы на заболоченных и задернованных территориях традиционные методы структурного картирования и геофизические методы малоэффективны, в связи с чем возрастает роль крупномасштабного космического зондирования с разрешением до 1 м.

В северной части исследуемой площади средствами космического зондирования на периферии купольного поднятия диаметром около 30 км выявлены две кольцевые структуры размером 7.5 и 4 км (рис. 5). Более крупная структура локализована в области небольших глубин осадочного чехла, кольцевая структура диаметром 4 км образует центральную часть более крупной радиально-концентрической структуры, включающей также радиальные разломы (преимущественно северо-восточного простирания) и осложненной субширотным нарушением. Высокая плотность линеаментов различной ориентации, подобные эталонному Золотицкому полю значения мощности осадочного чехла позволяют рассматривать эту структуру в качестве первоочередной для постановки заверочных наземных работ. Прогнозируемое Медовское кимберлитовое поле локализовано южнее оз. Медовское в междуречье рек Медовка и Черная. Здесь выявлена область повышенной трещиноватости, представленная разрывными нарушениями северо-восточного, субмеридионального и северо-западного простирания (рис. 6). В пределах Медовского поля развита также система дуговых разломов, подчеркивающих границы локальной кольцевой морфоструктуры, осложненной многочисленными непротяженными линейными нарушениями различной ориентировки. Имеюшиеся геологические данные о закартированном в северо-западной части исследуемой площади кимберлитовом теле на правом берегу р. Мела позволили выявить кимберлитоконтролирующие субмеридиональные и северо-восточные разрывные нарушения и оценить в качестве предполагаемых кимберлитоконтролирующих разломов системы аналогичного



Рис. 5. Результаты дешифрирования космической съемки на площадь Q-37-81-84, 93-96, 105-108.

азимута. Площадь поля расположена в створе субмеридиональной Золотицкой зоны палеозойской тектоно-плутонической активизации, в области контакта Ручьевского выступа и Чубальской ступени. Значения гравитационного и магнитного полей прогнозируемого Медовского поля



Рис. 6. Результаты дешифрирования космической съемки прогнозируемого Медовского поля.

близки соответствующим значениям эталонного Золотицкого поля. Для выявления "кустов" кимберлитовых тел необходимо сосредоточится на детальном исследовании узлов пересечения субмеридиональной и северо-восточных систем нарушений (выделяемых голубым цветом на рис. 6), развитых в пределах вендских отложений падунской свиты. Первоочередное внимание следует обратить на участки, расположенные между сближенными параллельными друг другу меридиональными разломами, секущимися серией разломов северо-восточной направленности.

выводы

 В результате комплексного анализа материалов космической съемки с российского КА "Ресурс-П" и магнито-гравиметрических данных выявлены основные геолого-структурные элементы Зимнебережной минерагенической зоны.

2. Показано, что космическая съемка высокого разрешения "Ресурс-П (геотон)" позволяет эффективно дешифрировать как генерализованные изображения, в частности, выявлять кольцевые структуры и "скрытые" разломы фундамента, так и дешифрировать крупномасштабные изображения для выявления "кустов" кимберлитовых тел и особенностей строения отдельных трубок. 3. На севере исследуемой площади для постановки наземных заверочных работ выявлено кимберлитоперспективное Медовское поле: Q-37-83-B-6,-Г-а $(65^{\circ}45'-65^{\circ}50'$ с.ш., $41^{\circ}07'-41^{\circ}23'$ в.д.). К перспективным можно отнести также северо-восточный сектор Давыдовской кольцевой структуры: Q-37-94-В-г;-Г-в $(65^{\circ}20'-65^{\circ}25'$ с.ш., $40^{\circ}37' 40^{\circ}52'$ в.д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Антонова И.Б. Методика поисков трубок взрыва в условиях развитого осадочного чехла северо-запада СССР на материалах дистанционных съемок // Принципы и методика дистанционных исследований при прогнозировании твердых полезных ископаемых. Сб. науч. трудов / Под. ред. Д.В. Лопатина. СПб.: ВСЕГЕИ, 1992. С. 113–122.

Белов С.В., Лапин А.В., Толстов А.В., Фролов А.А. Минерагения платформенного магматизма (траппы, карбонатиты, кимберлиты). Новосибирск: СО РАН, 2008. 537 с.

Ваганов В.И., Варламов В.И., Фельдман А.А., Голубев Ю.К., Прусакова Н.А., Олофинский Л.Н., Бойко А.Н. Прогнозно-поисковые системы для месторождений алмазов // Отечественная геология. 1995. № 3. С 42–52.

Ваганов В.И, Волчков А.Г., Кочнев-Первухов В.И. Пространственные металлогенические таксоны. Серия "Модели месторождений алмазов, благородных и цветных металлов": Справочное пособие. М.: ЦНИГРИ. 2002. 82 с.

Ваганов В.И., Голубев Ю.К., Минорин В.Е. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Выпуск "Алмазы" / Под ред. Ю.К. Голубева. М.: ЦНИГРИ, 2002. 80 с.

Гладков А.С., Борняков С.А., Манаков А.В., Матросов В.А. Тектонофизические исследования при алмазопоисковых работах. Методическое пособие. М.: Научный мир, 2008. 175 с.

Горев Н.И., Коробков И.Г., Иванов В.М. и др. Отчет о проведение научно-исследовательских работ по теме: "Прогнозный мониторинг геологоразведочной деятельности АК "АЛРОСА" (ЗАО) на Сибирской платформе на основе составления специализированных на алмазы разномасштабных карт" в 2002–2005 гг. (объект "Прогнозный-2") в 3 кн. Росгеолфонд. Инв. № 485957. ЯНИГП ЦНИГРИ АК "АЛРОСА", 2005 г.

Кирсанов А.А. Технология использования данных дистанционного зондирования при прогнозе и поисках месторождений алмазов // Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее (Алмазы-50) = Diamond deposits prediction and prospecting: past, present and future (Diamonds-50): материалы науч.-практ. конф., посвящ. пятидесятилетию открытия первой алмазоносной кимберлитовой трубки "Зарница", 25–27 мая 2004 г. / Под ред. А.Ф. Морозова, О.В. Петрова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. С. 163–164. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ИПП Правда Севера, 2004. 284 с.

Лопатин Д.В. Поиски трубок взрыва на территории Восточно-Европейской платформы с использованием аэрокосмической информации // Исслед. Земли из космоса. 2001. № 1. С. 62–72.

Подчасов В.М., Минорин В.Е., Богатых И.Я. и др. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки коренных месторождений алмазов. Книга 1. Коренные месторождения. Якутск: ЯФ ГУ СО РАН, 2004. 548 с.

Программа проведения опытно-методических работ на лицензионных площадях АК "АЛРОСА" (ОАО) и ПАО "Севералмаз" для корректировки существующих методов поисков коренных месторождений алмазов в Северо-Западном регионе РФ на 2013–2021 гг. (пояснительная записка). Архангельск, 2012.

Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Зуев В.М. Космические методы при прогнозе и поисках месторождений алмазов. М.: Недра-Бизнесцентр, 2001. 198 с.

Фолисевич М.Я., Кирий А.Н., Литовская М.Д. и др. Отчет о ревизионно-поисковых работах масштаба 1 : 500000 по оценке перспектив коренной алмазоносности Лено-Анабарского междуречья в 1995–1999 гг. (в 7-ми томах). Росгеолфонд. Инв. № 476859. Амакинская ГРЭ АК "АЛРОСА", 2000 г.

Application of High Resolution Space Shoot "Resource-P (Geoton)" for Forecasting Diamond Bearing Kimberlites in the Wintercoast Mineragenic Zone (Arkhangelsk Region)

G. A. Milovsky¹, V. N. Orlyankin¹, V. T. Ishmukhametova¹, and V. P. Minin¹

¹Geographic Information Center RAS, Moscow, Russia

Based on the interpretation of satellite imagery materials, the central part of the Arkhangelsk diamondiferous province has revealed deep faults that fix the boundaries of structural blocks, as well as "hidden" foundation faults and north-northeast strike disjuncts that control them, which control the placement of diamondiferous kimberlite pipes. The reference region of the Zolotitsky ore field according to cosmic decryption is characterized by a dense network of discontinuous faults of NE- and NW-trending. In the northern part of the studied area, the ring structure in the area of articulation of the Ruchevsky ledge and the Chubal step is of greatest interest. The high density of lineaments of various orientations, the values of the magnetic field and the thickness of the sedimentary cover similar to the reference Zolotitsky field make it possible to consider this structure as a priority for setting ground verification work.

Keywords: multispectral space survey, geological and geophysical data, searching signs, kimberlites

REFERENCES

Antonova I.B. Metodika poiskov trubok vzryva v usloviyah razvitogo osadochnogo chekhla severo-zapada SSSR na materialah distancionnyh s"emok [Method of searching for explosion pipes in conditions of developed sedimentary covering of the north-west of the USSR on materials of remote shooting] // Principy i metodika distancionnyh issledovanij pri prognozirovanii tverdyh poleznyh iskopaemyh.

Sb. nauch. trudov / Pod. red. D.V. Lopatina. SPb.: VSEGEI, 1992. P. 113–122 (In Russian).

Belov S.V., Lapin A.V., Tolstov A.V., Frolov A.A. Minerageniya platformennogo magmatizma (trappy, karbonatity, kimberlity) [Minerals of platform magmatism (trapps, carbonatites, kimberlites)]. Novosibirsk: SO RAN, 2008. 537 p. (In Russian).

Vaganov V.I., Varlamov V.I., Fel'dman A.A., Golubev Yu.K., Prusakova N.A., Olofinskij L.N., Bojko A.N. Prognoznopoiskovye sistemy dlya mestorozhdenij almazov [Forecast and search engines for diamond deposits] // Otechestvennaya geologiya. 1995. № 3. P. 42–52 (In Russian).

Vaganov V.I., Volchkov A.G., Kochnev-Pervuhov V.I. Prostranstvennye metallogenicheskie taksony. Seriya "Modeli mestorozhdenij almazov, blagorodnyh i cvetnyh metallov" [Spatial metallogenichesky taxons. Series "Models of deposits of diamonds, noble and non-ferrous metals"]: Spravochnoe posobie. M.: CNIGRI. 2002. 82 p. (In Russian).

Vaganov V.I., Golubev Yu.K., Minorin V.E. Metodicheskoe rukovodstvo po ocenke prognoznyh resursov almazov, blagorodnyh i cvetnyh metallov. Vypusk "Almazy" [Methodological guide for estimation of forecast resources of diamonds, noble and non-ferrous metals. Release "Diamonds"] / Pod red. YU.K. Golubeva. M.: CNIGRI, 2002. 80 p. (In Russian).

Gladkov A.S., Bornyakov S.A., Manakov A.V., Matrosov V.A. Tektonofizicheskie issledovaniya pri almazopoiskovyh rabotah. Metodicheskoe posobie [Tectonophysical studies in diamond exploration. Methodical grant]. M.: Nauchnyj mir, 2008. 175 p. (In Russian)

Gorev N.I., Korobkov I.G., Ivanov V.M. et al. Otchet o provedenie nauchno-issledovatel'skih rabot po teme: "Prognoznyj monitoring geologorazvedochnoj deyatel'nosti AK "ALROSA" (ZAO) na Sibirskoj platforme na osnove sostavleniya specializirovannyh na almazy raznomasshtabnyh kart" v 2002–2005 gg. (ob"ekt "Prognoznyj-2") v 3 kn. [Report on carrying out research works on the topic: "Forecast monitoring of geological exploration activities of ALROSA AK (ZAO) on the Siberian platform on the basis of compilation of different scale maps specialized for diamonds" in 2002–2005 (object "Forecast-2") in 3 books]. Rosgeolfond. Inv. № 485957. YANIGP CNIGRI AK "ALROSA", 2005. (In Russian).

Kirsanov A.A. Tekhnologiya ispol'zovaniya dannyh distancionnogo zondirovaniya pri prognoze i poiskah mestorozhdenij almazov [Technology for the use of remote sensing data in the prediction and search for diamond deposits] // Effektivnost' prognozirovaniya i poiskov mestorozhdenij almazov: proshloe, nastoyashchee i budushchee (Almazy-50) = Diamond deposits prediction and prospecting: past, present and future (Diamonds-50): materialy nauch.-prakt. konf., posvyashch. pyatidesyatiletiyu otkrytiya pervoj almazonosnoj kimberlitovoj trubki "Zarnica", 25–27 maya 2004 g. / Pod red. A.F. Morozova, O.V. Petrova. SPb.: VSEGEI, 2004. P. 163–164 (In Russian). *Kutinov Yu.G., Chistova Z.B.* Ierarhicheskij ryad proyavlenij shchelochno-ul'traosnovnogo magmatizma Arhangel'skoj almazonosnoj provincii. Ih otrazhenie v geologo-geofizicheskih materialah [Hierarchical series of manifestations of alkaline-ultra-basic magmatism of the Archangel diamondbearing province. Their reflection in geological and geophysical materials]. Arhangel'sk: IPP Pravda Severa, 2004. 284 p. (In Russian)

Lopatin D.V. Poiski trubok vzryva na territorii Vostochno-Evropejskoj platformy s ispol'zovaniem aerokosmicheskoj informacii [Search for explosion pipes on the East European Platform using aerospace information] // Issledovanie Zemli iz kosmosa. 2001. № 1. P. 62–72 (In Russian).

Podchasov V.M., Minorin V.E., Bogatyh I.Ya. i dr. Geologiya, prognozirovanie, metodika poiskov, ocenki i razvedki korennyh mestorozhdenij almazov. Kniga 1. Korennye mestorozhdeniya [Geology, forecasting, techniques for prospecting, evaluating and exploring indigenous diamond deposits. Book 1. Bedrock fields]. YAkutsk: YAF GU SO RAN, 2004. 548 p. (In Russian).

Programma provedeniya opytno-metodicheskih rabot na licenzionnyh ploshchadyah AK "ALROSA" (OAO) i PAO "Severalmaz" dlya korrektirovki sushchestvuyushchih metodov poiskov korennyh mestorozhdenij almazov v Severo-Zapadnom regione RF na 2013–2021 gg. (poyasnitel'naya zapiska) [Program of experimental and methodological works at the licensed areas of ALROSA AK (OJSC) and Severalmaz PJSC to adjust the existing methods of searching for indigenous diamond deposits in the North-West region of the Russian Federation for 2013–2021 (explanatory note)]. Arhangel'sk, 2012. (In Russian).

Serokurov Yu.N., Kalmykov V.D., Zuev V.M. Kosmicheskie metody pri prognoze i poiskah mestorozhdenij almazov [Space techniques in the prediction and search for diamond deposits]. M.: Nedra-Biznescentr, 2001. 198 p. (In Russian)

Folisevich M.Ya., Kirij A.N., Litovskaya M.D. i dr. Otchet o revizionno-poiskovyh rabotah masshtaba 1 : 500000 po ocenke perspektiv korennoj almazonosnosti Leno-Anabarskogo mezhdurech'ya v 1995–1999 gg. (v 7-mi tomah) [Report on audit and search works of 1 : 500000 scale on assessment of prospects of root diamond bearing of Leno-Anabar inter-river in 1995–1999 (in 7 volumes)]. Rosgeolfond. Inv. № 476859. Amakinskaya GRE AK "ALROSA", 2000. (In Russian).