

Геолого-геофизические предпосылки выделения перспективных площадей для постановки поисковых работ на коренные месторождения алмазов

Geological and geophysical criteria as indicators of promising areas for diamond prospecting

Прусакова Н. А., Громцев К. В., Лаптев М. М.

Показан разработанный комплекс геолого-геофизических предпосылок, рекомендуемый к использованию для локализации площадей при постановке поисковых работ на коренные месторождения алмазов.

Ключевые слова: коренные месторождения алмазов, геолого-геофизические предпосылки, алмазные минерогенические таксоны, субпровинция, минерогеническая зона, кимберлитовые поля, кусы-тел, алмазоперспективные площади.

Prusakova N. A., Gromtsev K. V., Laptev M. M.

The developed complex of geological and geophysical criteria is shown, which is recommended for use in localizing areas for setting up prospecting works on primary diamond deposits.

Keywords: primary diamond deposits, geological and geophysical criteria, diamondiferous mineragenic taxa, subprovince, mineragenic zone, kimberlite fields, clusters of kimberlite bodies, diamond prospecting areas.

Для цитирования: Прусакова Н. А., Громцев К. В., Лаптев М. М. Геолого-геофизические предпосылки выделения перспективных площадей для постановки поисковых работ на коренные месторождения алмазов. Руды и металлы. 2021. № 3. 22–45. DOI: 10.47765/0869-5997-2021-10016.

For citation: Prusakova N. A., Gromtsev K. V., Laptev M. M. Geological and geophysical criteria as indicators of promising areas for diamond prospecting. Ores and metals, 2021, № 3, 22–45. DOI: 10.47765/0869-5997-2021-10016.



В последние годы появилось много работ, в которых показаны нарастающие проблемы в состоянии МСБ алмазов РФ. Это выражается в том, что воспроизводство не восполняет погашение запасов [5]. За последние 20 лет новых значимых месторождений алмазов не выявлено, несмотря на значительные затраты на их поиски, которые проводятся в пределах перспективных площадей, выделенных в разные годы различными организациями. В связи с этим весьма важная задача, направленная на повышение эффективности поисков коренных месторождений алмазов, – повышение достоверности прогноза площадей, перспективных для постановки алмазоперспективных работ.

ФГБУ «ЦНИГРИ» с 80-х гг. прошлого века занимается данной проблемой. В процессе исследований с учётом материалов других организаций и специалистов были разработаны и продолжают развиваться оптимальные комплексы геолого-геофизических критериев и методологические подходы, которые могут использоваться при локализации площадей, перспективных на коренную алмазность. Исследования проводятся в рамках практически общепринятого (с небольшими вариациями) ряда следующих алмазосодержащих (потенциально алмазосодержащих) минерогенетических таксонов: провинция – субпровинция – район – поле – куст (группа) тел – тело (трубка, месторождение). В этом иерархически построенном ряду таксоны ранга алмазосодержащих (потенциально алмазосодержащих) поля и куста тел соответствуют площадям, в пределах которых целесообразно проводить поисковые работы, направленные на непосредственное вскрытие алмазосодержащих кимберлитовых тел – коренных месторождений алмазов. Размеры подобных площадей, как правило, составляют от первых сотен до 1,0–2,5 тыс. км² (для поля) и от единиц до первых десятков км² (для кустов тел). Как показывает практика работ, в зависимости от имеющихся материалов предварительное выделение алмазоперспективных площадей ранга поля может быть осуществлено на стадии работ м-ба 1:1 000 000 – 1:500 000. Окончательно их локализируют при проведении работ м-ба 1:100 000 – 1:200 000. На перспективных площадях ранга

потенциально алмазосодержащего поля с оценёнными ресурсами категории Р₃ ставятся собственно поисковые работы. При проведении этих работ выделяются участки ранга кустов (групп) тел. В пределах подобных участков сосредотачиваются работы, направленные на вскрытие алмазосодержащих кимберлитовых тел. Предварительное выделение перспективных площадей ранга куста тел может осуществляться (при наличии соответствующих материалов) при проведении работ м-ба 1:100 000 – 1:200 000, их окончательное ограничение проводится на стадии работ м-ба 1:50 000.

В ходе выполненных исследований установлено, что локализацию алмазоперспективных площадей под постановку поисковых работ рангов поля и куста тел целесообразно проводить в два этапа. На первом перспективные площади выделяются на основе комплекса геолого-геофизических предпосылок – косвенных факторов (критериев), которые являются индикаторами перспективных площадей этих рангов. На втором этапе выполняется разбровка площадей, выделенных по косвенным факторам, на основе имеющихся прямых признаков алмазности в виде ореолов минералов-индикаторов кимберлитов, наличия россыпей алмазов или отдельных их находок с обязательным изучением особенностей формирования ореолов рассеяния и россыпей на предмет их генетической связи с выделенной перспективной площадью. В данной технологической схеме важное значение придаётся первому этапу работ. Именно на нём предварительно определяется позиция и, что самое главное, границы прогнозируемых перспективных на коренную алмазность площадей этих рангов.

Геолого-геофизические индикационные предпосылки, которые могут использоваться при выделении перспективных площадей ранга потенциально алмазосодержащего поля и куста тел, разрабатывались (с учётом наработок других организаций и специалистов) в процессе изучения закономерностей размещения в системе современных физико-геологических неоднородностей литосферы (проявленных на различных глубинных уровнях, в аномальных осо-

бенностях геофизических полей, в материалах дистанционных съёмок) известных алмазоносных эталонных объектов.

В качестве эталонных объектов были выбраны разновозрастные и в различной степени алмазоносные поля кимберлитового и родственного ему магматизма, занимающие различную структурно-тектоническую позицию в различных регионах мира (на севере Восточно-Европейской платформы, на Сибирской, юге Африканской, западе Австралийской и северо-западе Северо-Американской платформ). Всего было исследовано 146 эталонных объектов. В процессе изучения закономерностей их локализации были рассмотрены: морфологические особенности основных границ раздела литосферы (её подошва, раздел кора – мантия, поверхность докембрийского кристаллического фундамента и др.); структурно-тектонические особенности кристаллического фундамента и осадочного чехла; термические, скоростные (сейсмические), электрические, плотностные и магнитные характеристики литосферы, отражённые в аномальных особенностях геофизических полей. Исследования проводились эмпирическим методом, при котором сопоставлялись пространственные позиции эталонных объектов и те или иные особенности анализируемых геолого-геофизических данных. В этих исследованиях не рассматривались данные дистанционных съёмок (материалов дистанционного зондирования), поскольку они в полной мере проанализированы в работах Ю. Н. Серокурова с соавторами [18, 19].

Как и любая другая часть иерархически построенной системы (минерагенического ряда алмазоносных таксонов), комплекс предпосылок для прогнозирования площадей ранга алмазоносных (потенциально алмазоносных) поля и кустов тел сочетает в себе разномасштабные индикационные факторы (предпосылки): региональные, присущие вышестоящим в минерагеническом ряду таксонам, и локальные, свойственные для нижестоящих. Так, исходя из практики проведения ГРР, при выделении алмазоперспективных площадей ранга поля на стадии региональных (м-б 1:1 000 000 – 1:500 000) работ в комплекс применяемых кри-

териев прогнозирования входят геолого-геофизические индикационные предпосылки алмазоносных минерагенических таксонов ранга субпровинции, минерагенической (кимберлитоконтролирующей) зоны и кимберлитового поля. При проведении среднемасштабных поисковых работ учитываются индикационные предпосылки алмазоносных поля и куста тел. В ходе исследований нами установлено, что только совокупность (комплекс) всех этих предпосылок (региональных и локальных) позволяет наиболее достоверно прогнозировать искомые объекты – потенциально алмазоносное кимберлитовое поле и кусты тел в его пределах. Их позиция и границы определяются комплексными областями совмещения на плоскости геолого-геофизических индикационных предпосылок – элементов прогнозно-поисковых моделей этих минерагенических таксонов.

При локализации алмазоперспективных площадей ранга поля и кустов тел на основе геолого-геофизических предпосылок на первом этапе эти индикационные предпосылки выявляются в пределах изучаемой территории и представляются в картографическом виде (отображение в плане, в полигональном виде, пространственной позиции той или иной предпосылки на площади работ). При этом проводятся: сбор, анализ и обобщение различных геолого-геофизических материалов, характеризующих особенности строения различных горизонтов литосферы; обработка и интерпретация геолого-геофизических данных с применением различных компьютерных технологий; построение промежуточных карт, схем, позволяющих с той или иной степенью достоверности выделять какой-либо индикационный фактор.

На втором этапе проводится комплексирование (суммирование) выделенных индикационных предпосылок, которое может осуществляться компьютерным путём (с использованием различных математических аппаратов).

Опыт работ ФГБУ «ЦНИГРИ» [16] показал, что для повышения степени достоверности прогнозных построений в условиях неравномерной или недостаточной геолого-геофизической изученности территорий при выделении и ком-



плексировании (в том числе с использованием различных компьютерных технологий) геолого-геофизических индикационных предположений целесообразно:

- учитывать индикационные предпосылки как самого прогнозируемого минерагенического таксона, так и более региональных (например, для поля – субпровинции и минерагенической зоны), имеющих ограниченное распространение (ограничения в плановом положении) на площади работ;
- учитывать в интегрированном виде (через вводимые при кодировании соответствующие коэффициенты) все полученные из разных источников представления о плановом положении той или иной индикационной предпосылки;
- учитывать те факторы, которые в соответствии с геолого-геофизической изученностью более или менее с одинаковой достоверностью могут быть в картографическом (полигональном) виде выделены на всей площади работ;
- суммировать предпосылки прогнозируемых площадей более высокого ранга в пределах контуров более мелкомасштабного минерагенического таксона.

Геолого-геофизические индикационные предпосылки, используемые при локализации алмазоперспективных площадей ранга алмазного поля. Под алмазонасным кимберлитовым полем понимается естественная группировка пространственно-сближенных кимберлитовых тел, связанных происхождением с развитием единой вертикальной «стволовой» зоны повышенной проницаемости (флюидно-магматической колонны). Площадь поля составляет обычно от первых сотен км² до 2,5 тыс. км² [4].

Потенциально алмазонасные кимберлитовые поля прогнозируются в пределах наиболее стабильных блоков литосферы (площадью сотни тысяч км²) с областями древней алмазонасной мантии (литосферного корня), не претерпевшими в платформенную эпоху существенной тектоно-термальной переработки, которые в минерагеническом плане отождествляются с алмазонасными (потенциально алмазонасными) субпровинциями. В общепринятом понимании их тектоническими индикаторами

являются крупные геоблоки – кратоны – с возрастом стабилизации фундамента не моложе 2 500 млн лет (правило Клиффорда). Однако следует отметить, что это правило в его современном понимании отражает лишь чисто статистическую зависимость и реализуется в ходе тектонического районирования фундамента платформы. Согласно ему вероятность обнаружения коренных месторождений алмазов более высока в блоках с архейским возрастом консолидации фундамента, чем с нижнепротерозойским. Но стоит подчеркнуть, что сделанный вывод имеет достаточно упрощенный и общий характер. Можно привести целый ряд примеров исключений из правила Клиффорда: и когда архейский блок (кратон) стерилен в отношении коренной алмазонасности (например, блок Йилгарн Западной Австралии или блок Антон провинции Слэйв в Канаде), и когда алмазонасный магматизм проявлен вне архейских кратонов (например, кимберлиты Зимнего берега, лампроиты Аргайла и др.). В то же время изучение закономерностей локализации алмазонасного магматизма в различных алмазонасных провинциях мира позволило установить на уровне эмпирических сравнений ряд факторов (предпосылок), проявленных в глубинном строении и геофизических полях, с которыми пространственно ассоциирует алмазонасный магматизм. Часть из них носит региональный характер и является индикаторами наиболее стабильных на платформенном этапе развития блоков древних платформ, сопоставляемых с алмазонасными субпровинциями. Наиболее распространенные из них приведены в табл. 1 и дополнены материалами, обеспечивающими наиболее достоверное выделение этих региональных предпосылок.

В пределах субпровинций потенциально алмазонасные кимберлитовые (лампроитовые) поля, как правило, приурочены к тектоническим узлам, образованным пересечением различно ориентированных минерагенических (кимберлитоконтролирующих) зон или одной минерагенической зоны с поперечными зонами глубинных разломов. Под кимберлитоконтролирующей зоной понимается линейная (протяженностью до 500 и более км при ши-

1. Геолого-геофизические индикационные предпосылки, определяющие

1. Geological and geophysical criteria, which determine the

(1) Индикационные предпосылки	(2) Виды съёмки и материалы, обеспечивающие наиболее достоверное выделение предпосылок
Глубинные геофизические, проявленные: в элементах морфологии подошвы литосферы: 1 – области (площадью сотни тыс. км²) с глубиной залегания подошвы литосферы 150–200 и более км, (глубина залегания изотермы 1200°, маркирующей подошву литосферы, – 150–200 и более км), в том числе их краевые части – зоны горизонтального градиента	Интерпретационные материалы сейсмической томографии и/или глубинных магнитотеллурических зондирований (МТЗ), и/или геотермических съёмки (геотермического моделирования) и/или сейсмической томографии
в элементах морфологии раздела кора – мантия: 2 – региональные (площадью от сотен тыс. до 1 млн км²) области повышенных глубин залегания поверхности Мохоровичича (раздел кора – мантия), в том числе их краевые части – зоны горизонтального градиента 2а – депрессии (включая их краевые части – зоны горизонтального градиента), осложняющие региональные области с повышенными глубинами залегания поверхности Мохоровичича	Интерпретационные материалы (разрезы, схемы, карты) глубинных сейсмических исследований (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, ТСЗ, КМПВ, МОГТ) и/или глубинных магнитотеллурических зондирований (МТЗ)
в элементах морфологии поверхности докембрийского кристаллического фундамента: 3 – региональные области (площадью сотни тыс. км² и более) относительно пониженных глубин залегания кристаллического фундамента с выходом на поверхность в пределах щитов, в том числе краевые части (зоны горизонтального градиента) областей (в зонах сочленения крупных блоковых поднятий и впадин в рельефе фундамента) в областях с различной мощностью кристаллической коры, которая при необходимости может быть рассчитана как разность абсолютных отметок кровли кристаллического фундамента и кровли верхней мантии: 4 – региональные области относительно повышенной мощности кристаллической коры (в том числе их краевые части – зоны горизонтального градиента) площадью сотни тыс. км²	Интерпретационные материалы (разрезы, схемы, карты) глубинных сейсмических исследований (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, ТСЗ, КМПВ, МОГТ) и/или глубинных магнитотеллурических зондирований (МТЗ), желательно с привлечением данных глубокого бурения
4а – участки наиболее мощной кристаллической коры (в том числе краевые части – зоны горизонтального градиента), осложняющие региональные области относительно повышенной мощности	Интерпретационные материалы глубинных сейсмических исследований (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, ТСЗ, КМПВ, МОГТ) и/или глубинных магнитотеллурических зондирований (МТЗ), желательно с привлечением интерпретационных данных гравиметрических съёмки

В зависимости от наличия соответствующих интерпретационных материалов используются только предпосылки 2, 2а и 3 или только предпосылки 4 и 4а; при необходимости все эти предпосылки могут дополнять друг друга



позицию прогнозируемых потенциально алмазоносных субпровинций

position of the projected potential diamondiferous subprovinces

(3) Эталонные объекты, на которых выполнена апробация предпосылок (с указанием числа объектов, контролируемых той или иной предпосылкой)		(4) Примечания
Промышленно-алмазоносные, слабоалмазоносные и неалмазоносные поля кимберлитов и родственные им пород различного возраста, расположенные в различных регионах мира: в пределах европейской части РФ, восточной части Финляндии, Восточной Сибири, Южной Африки и Канады	В группе эталонных объектов установлено участие данной предпосылки в контроле позиции промышленно-алмазоносных полей следующих возрастов: <i>мезопротерозойского</i> – 3 из 3, <i>неопротерозойского</i> – 2 из 2, <i>неопротерозой-раннепалеозойского</i> – 1 из 1, <i>раннепалеозойского</i> – 4 из 4, <i>среднепалеозойского</i> – 7 из 7, <i>мезозойского</i> – 16 из 16, <i>мезозой-кайнозойского</i> – 1 из 1, <i>кайнозойского</i> – 0 из 2. Всего: 34 объекта из 36	Исключения: промышленно-алмазоносные лампроитовые поля Эллендейл и Калвинярдс (Австралия) <i>кайнозойского</i> возраста
	В группе эталонных объектов установлено участие данной предпосылки в контроле позиции промышленно-алмазоносных полей следующих возрастов: <i>мезопротерозойского</i> – 3 из 3, <i>неопротерозойского</i> – 2 из 2, <i>неопротерозой-раннепалеозойского</i> – 1 из 1, <i>раннепалеозойского</i> – 4 из 4, <i>среднепалеозойского</i> – 7 из 7, <i>мезозойского</i> – 14 из 16, <i>мезозой-кайнозойского</i> – 1 из 1, <i>кайнозойского</i> – 2 из 2. Всего: 34 объекта из 36	В пределах Восточно-Европейской, Сибирской и Северо-Американской платформ для региональных областей относительно повышенных глубин залегания раздела кора – мантия характерны отметки 38–40 и более км, в пределах Австралийской платформы – 35 и более км, в южной части Африкано-Аравийской платформы – 25 и более км. Исключения: промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля Свазиленд (Свазиленд) и Джерико (Канада) <i>мезозойского</i> возраста
	В группе эталонных объектов установлено участие данной предпосылки в контроле позиции промышленно-алмазоносных полей следующих возрастов: <i>мезопротерозойского</i> – 2 из 2, <i>неопротерозой-раннепалеозойского</i> – 1 из 1, <i>раннепалеозойского</i> – 3 из 4, <i>среднепалеозойского</i> – 7 из 7, <i>мезозойского</i> – 11 из 16, <i>мезозой-кайнозойского</i> – 0 из 1. Всего: 24 объекта из 31	В пределах Африкано-Аравийской платформы депрессиям свойственны отметки 38–40 и более км, в пределах Восточно-Европейской, Сибирской и Северо-Американской платформ – 40–42 и более км Исключения: промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля: <i>раннепалеозойское</i> – Мурова (Зимбабве), <i>мезозойские</i> – Робертс-Виктор, Ягерсфонтейн, Монастери (ЮАР), Свазиленд (Свазиленд), Джерико (Канада), <i>мезозой-кайнозойское</i> – Лак де Гра (Канада)
	В группе эталонных объектов установлено участие данной предпосылки в контроле позиции промышленно-алмазоносных полей следующих возрастов: <i>мезопротерозойского</i> – 2 из 2, <i>раннепалеозойского</i> – 1 из 4, <i>среднепалеозойского</i> – 7 из 7, <i>мезозойского</i> – 15 из 15. Всего: 25 объектов из 28	Исключения: <i>раннепалеозойские</i> промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля Ривер Ранч (Зимбабве), Венишия и Оакс (ЮАР)
	В группе эталонных объектов установлено участие данной предпосылки в контроле позиции промышленно-алмазоносных полей следующих возрастов: <i>мезопротерозойского</i> – 2 из 2, <i>раннепалеозойского</i> – 3 из 4, <i>среднепалеозойского</i> – 7 из 7, <i>мезозойского</i> – 10 из 15. Всего: 22 объекта из 28	Исключения: промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля: <i>раннепалеозойское</i> – Мурова (Зимбабве), <i>мезозойские</i> – Кимберли, Робертс-Виктор, Ягерсфонтейн, Постмасбург (ЮАР), Лесото (Лесото)
	В группе эталонных объектов установлено участие данной предпосылки в контроле позиции промышленно-алмазоносных полей следующих возрастов: <i>мезопротерозойского</i> – 2 из 2, <i>раннепалеозойского</i> – 1 из 4, <i>среднепалеозойского</i> – 7 из 7, <i>мезозойского</i> – 5 из 15. Всего: 15 объектов из 28	Исключения: промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля: <i>раннепалеозойские</i> – Мурова (Зимбабве), Ривер Ранч, Оакс (ЮАР), <i>мезозойские</i> – Джваненг (Ботсвана), Кронстад, Монастери, Винбург, Кимберли, Робертс-Виктор, Ягерсфонтейн, Постмасбург (ЮАР), Свазиленд (Свазиленд), Лесото (Лесото)

1	2
<u>Глубинные геофизические, проявленные:</u> в аномальных особенностях поля теплового потока: 5 – области относительно пониженных значений поверхностного теплового потока площадью до 1 млн км² (1-го порядка), в том числе их краевые части – зоны горизонтального градиента	Интерпретационные материалы тепловых съёмок (схемы, карты)
5а – области относительно пониженных значений поверхностного теплового потока площадью первые десятки тыс. км² (южная часть Африкано-Аравийской платформы) – сотни тыс. км² (Восточно-Европейская, Сибирская, Австралийская платформы) 2-го порядка (в том числе их краевые части – зоны горизонтального градиента), осложняющие области 1-го порядка	
в аномальных особенностях поля силы тяжести (в редукции Буге): 6 – области относительно повышенных значений поля силы тяжести (в том числе их краевые части – зоны горизонтального градиента) площадью 100 тыс. км² – 1 млн км²	Карты и цифровые модели аномального поля силы тяжести (в редукции Буге) и его трансформант (региональных, локальных составляющих, горизонтального градиента и др.), составленные по материалам гравиметрических съёмок м-ба 1 : 1 000 000 – 1 : 500 000
в аномальных особенностях электрического поля: 7 – крупные (до десятков тыс. км²) корово-мантийные области высокого (200–600 и более Ом·м) сопротивления	Интерпретационные материалы (разрезы, карты, схемы) региональных профильных глубинных магнитотеллурических зондирований (МТЗ)
<u>Геолого-структурные:</u> 8 – крупные поднятия в структуре осадочного чехла (антеклизы, седловины), в том числе их краевые части (области сочленения со структурами обратного знака)	Материалы геологических съёмок м-ба 1 : 1 000 000 и крупнее, геоструктурных исследований (в виде геологических, тектонических карт, разрезов) с использованием данных глубокого бурения
<u>Магматические:</u> 9 – наличие полей кимберлитов и/или родственных им пород и/или трубок взрыва основного состава, синхронных по возрасту кимберлитовому магматизму	Материалы геологических съёмок м-ба 1 : 1 000 000 и крупнее (в виде геологических карт, разрезов) с использованием данных бурения



Окончание табл. 1

		3	4
Промысленно-алмазоносные, слабоалмазоносные и неалмазоносные поля кимберлитов и родственных им пород различного возраста, расположенные в различных регионах мира:	В пределах европейской части РФ, восточной части Финляндии, Восточной Сибири, Западной Австралии, Южной Африки и Канады	В группе эталонных объектов установлено участие данной предпосылки в контроле позиции промышленно-алмазоносных полей следующих возрастов: <i>мезопротерозойского</i> – 3 из 3, <i>неопротерозойского</i> – 2 из 2, <i>неопротерозой-раннепалеозойского</i> – 1 из 1, <i>раннепалеозойского</i> – 4 из 4, <i>среднепалеозойского</i> – 7 из 7, <i>мезозойского</i> – 15 из 16, <i>мезозой-кайнозойского</i> – 1 из 1, <i>кайнозойского</i> – 0 из 2. Всего: 33 объекта из 36	Для областей относительно пониженных значений поверхностного теплового потока 1-го порядка характерны значения 40 мВт/м ² и менее в пределах Восточно-Европейской и Сибирской платформ, 60 мВт/м ² и менее в пределах Австралийской платформы и южной части Африкано-Аравийской платформы Исключения: промышленно-алмазоносное кимберлитовое поле Ягерсфонтейн (ЮАР) <i>мезозойского</i> возраста; промышленно-алмазоносные <i>кайнозойские</i> лампроитовые поля Эллендейл и Калвинярдх (Австралия)
	В пределах европейской части РФ, восточной части Финляндии, Восточной Сибири, Западной Австралии и Южной Африки	В группе эталонных объектов установлено участие данной предпосылки в контроле позиции промышленно-алмазоносных полей следующих возрастов: <i>мезопротерозойского</i> – 2 из 3, <i>неопротерозойского</i> – 0 из 2, <i>раннепалеозойского</i> – 0 из 4, <i>среднепалеозойского</i> – 7 из 7, <i>мезозойского</i> – 8 из 15, <i>кайнозойского</i> – 0 из 2. Всего: 17 объектов из 33	Для областей относительно пониженных значений поверхностного теплового потока 2-го порядка характерны значения 30 мВт/м ² и менее в пределах Восточно-Европейской и Сибирской платформ, 50 мВт/м ² и менее в пределах Австралийской платформы и южной части Африкано-Аравийской платформы Исключения: промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля: <i>мезопротерозойское</i> – Лерала (Ботсвана), <i>неопротерозойские</i> – Птеропус, Филиппс Рэндж (Австралия), <i>раннепалеозойские</i> – Мурова, Ривер Ранч (Зимбабве), Венишия, Оакс (ЮАР), <i>мезозойские</i> – Гоппе, Орапа (Ботсвана), Марсфонтейн, Кронстад, Робертс-Виктор, Ягерсфонтейн (ЮАР), Лесото (Лесото); промышленно-алмазоносные лампроитовые поля: <i>кайнозойские</i> – Эллендейл и Калвинярдх (Австралия)
	В пределах европейской части РФ, восточной части Финляндии, Восточной Сибири, Западной Австралии и Южной Африки	В группе эталонных объектов установлено участие данной предпосылки в контроле позиции промышленно-алмазоносных полей следующих возрастов: <i>мезопротерозойского</i> – 1 из 2, <i>неопротерозой-раннепалеозойского</i> – 0 из 1, <i>раннепалеозойского</i> – 3 из 4, <i>среднепалеозойского</i> – 7 из 7, <i>мезозойского</i> – 1 из 16, <i>мезозой-кайнозойского</i> – 0 из 1. Всего: 12 объектов из 31	Промысленно-алмазоносные кимберлитовые поля, расположенные в областях относительно пониженных значений поля силы тяжести (в том числе в их краевых частях – зонах горизонтального градиента) размером от сотен до 1 млн км ² : <i>мезопротерозойское</i> – Претория (ЮАР), <i>неопротерозой-раннепалеозойское</i> – Юго-Восточный Слейв (Снэп Лейк) (Канада), <i>раннепалеозойское</i> – Мурова (Зимбабве), <i>мезозойские</i> – Гоппе, Зуве, Орапа (Ботсвана), Марсфонтейн, Рунстербург, Кронстад, Монастери, Винбург, Кимберли, Робертс-Виктор, Ягерсфонтейн, Постмасбург (ЮАР), Свазилэнд (Свазилэнд), Лесото (Лесото), Джерико (Канада), <i>мезозой-кайнозойское</i> – Лак де Гра (Канада)
	В пределах европейской части РФ, восточной части Финляндии и Восточной Сибири	Установлено, что все промышленно-алмазоносные <i>среднепалеозойские</i> поля европейской части РФ и Восточной Сибири контролируются данными предпосылками	
	В пределах европейской части РФ, восточной части Финляндии, Восточной Сибири, Западной Австралии, Южной Африки и Канады		При наличии указанных проявлений магматизма может учитываться как дополнительный благоприятный фактор

2. Геолого-геофизические предпосылки-индикаторы минерагенических (кимберлитоконтролирующих) зон

2. Geological and geophysical criteria of mineragenic (kimberlite-controlling) zones

Индикационные предпосылки				Виды съёмки и материалы, обеспечивающие наиболее достоверное выделение предпосылок
Глубинные геофизические, проявленные в особенностях сейсмического разреза: • наличие линейных прогибов или уступов (градиентных зон) в кровле верхней мантии (по поверхности Мохоровичича); • присутствие в надмантийном горизонте земной коры образований с повышенными скоростными характеристиками V_p (более 7 км/с) и V_p/V_s (более 1,70–1,72); • наличие на отдельных участках инверсионных поднятий внутрикоровых границ K1 и K2				Интерпретационные данные (карты, схемы, разрезы) глубинных сейсмических исследований (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, ТСЗ, КМПВ, МОГТ) и/или глубинных магнитотеллурических зондирований (МТЗ)
в аномальных особенностях поля силы тяжести (в редукции Буге): • полосовая зонально построенная (в крест простираения) аномалия поля силы тяжести, выраженная сочетанием субпараллельных зон пониженных и повышенных значений или • системы линейных элементов поля силы тяжести (полосовые аномалии повышенных значений, зоны потери коррелятивности аномалий, зоны горизонтального градиента и др.), формирующие протяжённые линейные зоны того или иного простираения, в том числе и субпараллельные простираению рифтогенных грабенов авлакогенов				Данные гравиметрических съёмок масштаба 1 : 200 000, представленные в виде карт и цифровых моделей аномального поля силы тяжести в редукции Буге (сечение изоаномал 2 мгл) и его различных трансформант (карт региональных и локальных составляющих различной частотности, горизонтального и полного градиента, анизотропии и т. д.)
в аномальных особенностях магнитного поля: системы линейных элементов магнитного поля (линейных локальных аномалий повышенных (в т. ч. «даечного» типа) и пониженных значений, зон потери коррелятивности аномалий, зон горизонтального и вертикального градиентов и др.), формирующие протяжённые линейные зоны того или иного простираения, в том числе и субпараллельные простираению рифтогенных грабенов авлакогенов				Данные магнитометрических съёмок масштаба 1 : 200 000 – 1 : 50 000 и крупнее, представленные в виде карт и цифровых моделей аномального магнитного поля и его различных трансформант (карт локальных составляющих различной частотности, горизонтального, вертикального и полного градиентов, анизотропии и т. д.)
Геолого-структурные:				
Плечевая (бортовая) часть рифта или авлакогена – зона, примыкающая к осевому грабену рифта или авлакогена Зона краевых дислокаций, субпараллельная осевой палеорифтовой депрессии и удалённая от последней на расстояние до 150–200 км Региональная зона «секущего» глубинного разлома Зона, сопряжённая с коллизией зоной в структуре кристаллического фундамента Зона, разделяющая литосферные геоблоки, эволюционирующие в различных тектонических режимах	Широкое развитие различных по составу и возрасту магматических образований, формирующих линейные разновозрастные зоны	В структуре кристаллического фундамента – широкое развитие сдвиго-надвиговых структур, или сдвиговых разрывных дислокаций, или система субпараллельных кулисообразно расположенных разломов	В осадочном чехле – зона повышенной трещиноватости, или система линейных складок, или флексура	Данные: • геологических съёмок, геоструктурных исследований, бурения (в виде геологических, тектонических карт, разрезов); • морфоструктурного анализа современного рельефа и дешифрирования аэрокосмоматериалов; • интерпретации геофизических съёмок (гравиметрических, магнитометрических, сейсмических и др.) в виде карт и цифровых моделей потенциальных полей, интерпретационных схем, разрезов

рине от 50 до 100–150 км) глубинная высокопроницаемая структура древнего заложения, неоднократно активизировавшаяся и контролирующая процессы корово-мантийного энерго-массопереноса [4]. Наиболее характерные геолого-геофизические предпосылки-индикаторы минерагенических (кимберлитоконтролирующих) зон и материалы, используемые на региональной стадии работ при их выделении, приведены в табл. 2.

Более локальные геолого-геофизические предпосылки-индикаторы, присущие непосредственно самому алмазонасному (потенциально алмазонасному) полю и выделяемые на фоне рассмотренных выше региональных индикационных факторов, приведены в табл. 3.

Приведённые в табл. 1 и 3 данные, отражающие степень участия той или иной предпосылки в контроле локализации разновозрастных промышленно-алмазонасных полей, позволяют сделать вывод, что значительная часть региональных глубинных геофизических предпосылок являются «сквозными» или устойчивыми. Они в большинстве случаев участвуют в контроле локализации региональных площадей, вмещающих алмазонасные поля независимо от их тектонической позиции и возраста проявленного алмазонасного магматизма. Локальные предпосылки, определяющие позицию непосредственно самого прогнозируемого поля в пределах перспективной региональной площади, являются менее устойчивыми.

Геолого-геофизические индикационные предпосылки, используемые при локализации алмазоперспективных площадей (участков) ранга куста кимберлитовых алмазонасных тел. Следует отметить, что общепринятое определение куста кимберлитовых тел, его границ в настоящее время отсутствует. Если обобщить данные разных авторов, занимавшихся этим вопросом, то понятие «куст кимберлитовых тел» можно сформулировать следующим образом: группа сближенных (от 2 до 10) тел, локализованная на участке площадью от единиц до первых десятков км² и являющаяся производным локальных промежуточных магматических очагов на фоне единого глубинного очага, присущего кимберлитовому полю в целом [4, 14, 15].

Для магматических тел одного куста характерны однотипные ассоциации глубинных минералов [9]. Кусты кимберлитовых тел, как правило, приурочены к одному разрывному нарушению или к узлу пересечения нескольких разломов, либо контролируются участком коротких субпараллельных кулисообразных трещин. В зависимости от этого в пределах куста кимберлитовые тела располагаются и ориентируются:

- непосредственно вдоль зоны разлома (группа «согласного типа» по В. А. Милашеву);
- по оперяющим основной разлом трещинам отрыва или скола, образующим с ним угол 15–45°;
- вдоль поперечных к основному разлому, ориентированных приблизительно под прямым углом, трещин (группа «несогласного типа»).

Следует отметить, что общепринятых устойчивых (универсальных) индикационных геолого-геофизических предпосылок для куста тел в настоящее время не существует. Внутренняя структура кустов кимберлитовых тел, как и их взаимное расположение, контролируется различными факторами, не имеющими универсального характера, прежде всего из-за разнообразия геологических обстановок. Ряд исследователей вообще отрицает возможность выделения данного минерагенического таксона. Однако при изучении закономерностей локализации магматизма в пределах некоторых алмазонасных полей Якутии и Архангельской области установлены факторы, контролирующие позицию групп (кустов) тел в пределах каждого рассмотренного объекта [1, 2, 3, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 17] (Н. Е. Морозова и др., 2016; Н. Н. Романов и др., 1995; Н. И. Горев и др., 2009; Р. Ф. Салихов и др., 2008; М. И. Лелюх, 1988), что было учтено в процессе наших исследований.

В табл. 4 приведены установленные на сегодняшний день геолого-геофизические факторы (предпосылки), участвующие в контроле кустов тел промышленно-алмазонасных полей Архангельской области (Зимнебережный район) и Якутии (Мирнинское, Накынское, Далдынское, Алакит-Мархинское кимберлитовые поля). Здесь же приведены материалы, использованные при выделении данных предпосылок.

3. Геолого-геофизические индикационные предпосылки, алмазоносных кимберлитовых полей в пределах

3. Geological and geophysical criteria, which determine the position of the projected

(1) Индикационные предпосылки	(2) Виды съёмки и материалы, обеспечивающие наиболее достоверное выделение предпосылок
Глубинные геофизические: Область преобразования (с аномальными свойствами, соизмеримая с размерами, принятыми для поля) мантийно-коровой толщи, связываемая с формированием и развитием здесь гетерогенной кимберлитообразующей системы в составе мантийного диапира, флюидно-магматической колонны, несущей базитовые, базит-гипербазитовые и кимберлитовые расплавы. Проявлена: • на интерпретационных сейсмических разрезах: мантийно-коровая интегрированная неоднородность с аномальными сейсмическими параметрами. Может быть проявлена повышенной расслоенностью земной коры с присутствием слоёв с инверсией скоростей (волноводов); аномальностью (по скоростным параметрам, картине отражений и т. п.) по отношению к вмещающим образованиям сейсмического разреза земной коры; наличием локальной депрессии или перегиба (градиентной зоны) в поверхности Мохоровичича • в аномальных особенностях поля силы тяжести (в редукции Буге): - приуроченность к периферическим частям (градиентным зонам) положительных среднечастотных (с периодом до 100 км) гравитационных аномалий;	Материалы региональной профильной сейсморазведки (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, ТСЗ, МОГТ, КМПВ) – интерпретационные разрезы, схемы Карты и цифровые модели аномального поля силы тяжести (в редукции Буге) и его трансформант (региональных, локальных составляющих, горизонтального градиента и др.), составленные по материалам гравиметрических съёмок м-ба 1 : 200 000
- аномальная область на фланге положительной среднечастотной (с периодом до 100 км) гравитационной аномалии, выраженная нарушением структурного плана поля горизонтального градиента и/или снижением уровня поля, осложнённым отдельными малоамплитудными локальными максимумами. Обусловлена (по данным гравитационного моделирования) интегрированной субвертикальной трансформированной гетерогенной системой плотностных неоднородностей (с аномальными по отношению к вмещающим образованиям плотностными параметрами), включает среднекоровое разуплотнение.	Карты и цифровые модели аномального поля силы тяжести (в редукции Буге) и его трансформант (региональных, локальных составляющих – частотные характеристики, градиентные, статистические характеристики и др.), составленные по материалам гравиметрических съёмок м-ба 1 : 200 000 и крупнее; результаты количественной интерпретации, включая гравитационное моделирование
В аномальных особенностях магнитного поля: аномальная область, выраженная нарушением общего структурного (аномального) плана поля (Т)а	Карты и цифровые модели аномального магнитного поля и его трансформант (частотные, градиентные, статистические характеристики и др.), составленные по материалам аэромагнитных съёмок м-ба 1 : 200 000 – 1 : 50 000 и крупнее



определяющие позицию прогнозируемых потенциально потенциально алмазоносных субпровинций

potential diamondiferous kimberlite fields within the potential diamondiferous subprovinces

(3) Эталонные объекты, на которых выполнена апробация предпосылок	(4) Примечания
Промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля <i>среднепалеозойского возраста</i>: • Мирнинское, Накынское, Далдынское, Алакит-Мархинское и Верхнемунское – Якутия; • Зимнебережное (в составе Золотицких, Кепинских и Верхотинских с трубкой им. Гриба кимберлитов и родственных им пород) – Архангельская область	Для промышленно-алмазоносных кимберлитовых полей Якутии отмечено присутствие локализованных максимумов (более 8,6 км/с) граничных скоростей по поверхности Мохоровичича. Зимнебережное (в составе Золотицких, Кепинских и Верхотинских с трубкой им. Гриба кимберлитов и родственных им пород) промышленно-алмазоносное поле Архангельской области приурочено к области, характеризующейся нормальными (8,2 км/с) значениями граничных скоростей вдоль поверхности Мохоровичича
Промышленно-алмазоносные поля: <i>мезо- и неопротерозойского</i> (Южной Африки – кимберлитовые, Западной Австралии – кимберлитовые, лампроитовые), <i>раннепалеозойского</i> (Южной Африки – кимберлитовые), <i>среднепалеозойского</i> (Якутии и Архангельской области – кимберлитовые), <i>мезозойского</i> (Южной Африки – кимберлитовые), <i>кайнозойского</i> (Западной Австралии – лампроитовые) возрастов	Исключения – промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля: <i>неопротерозойское</i> – Филлипс Рэндж (Австралия) и <i>раннепалеозойское</i> – Мурова (Южная Африка) Для промышленно-алмазоносных полей среднепалеозойского возраста Якутии (Мирнинского, Накынского, Далдынского, Алакит-Мархинского и Верхнемунского) и Архангельской области (Зимнебережного в составе Золотицких, Кепинских и Верхотинских с трубкой им. Гриба кимберлитов и родственных им пород) – приуроченность к периферическим частям (градиентным зонам) остаточных от кристаллической коры положительных среднечастотных (с периодом до 100 км) гравитационных аномалий
Промышленно-алмазоносные поля: • кимберлитовые: <i>среднепалеозойского возраста</i> Якутии (Мирнинское, Накынское, Далдынское, Алакит-Мархинское, Верхнемунское) и Архангельской области (Зимнебережное в составе Золотицких, Кепинских и Верхотинских с трубкой им. Гриба кимберлитов и родственных им пород), <i>неопротерозойского возраста</i> Западной Австралии (Птеропус); • лампроитовые: <i>мезопротерозойского возраста</i> Западной Австралии (Восточное с месторождением Аргайл)	
Промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля <i>среднепалеозойского возраста</i> Якутии (Мирнинское, Накынское, Далдынское, Алакит-Мархинское и Верхнемунское) и Архангельской области (Зимнебережное в составе Золотицких, Кепинских и Верхотинских с трубкой им. Гриба кимберлитов и родственных им пород)	Для Зимнебережного промышленно-алмазоносного поля Архангельской области – выражена повышением среднего уровня поля (на 1,5–2,0 нТл), на фоне которого выделяются отдельные максимумы близизометрической и вытянутой форм; Золотицкие (с месторождением им. Ломоносова), Кепинские и Верхотинские (с месторождением им. Гриба) кимберлиты и родственные породы ограничены пределами региональных максимумов поля. Для промышленно-алмазоносных полей Якутии по данным количественной интерпретации – выражена депрессией расчётной магнитоактивной поверхности (связываемой с размагничиванием до глубин порядка 5 км пород фундамента), осложнённой высокочастотными положительными аномалиями, в том числе так называемого даечного типа

1	2
Глубинные геофизические: <i>Область преобразования (с аномальными свойствами, соизмеримая с размерами, принятыми для поля) мантийно-коровой толщи, связываемая с формированием и развитием здесь гетерогенной кимберлитовобразующей системы в составе мантийного диапира, флюидно-магматической колонны, несущей базитовые, базит-гипербазитовые и кимберлитовые расплавы.</i> Проявлена: • в аномальных особенностях электрического поля: - приуроченность к крупным (до десятков тыс. км²) корово-мантийным областям высокого (200–600 и более Ом·м) сопротивления; - в пределах корово-мантийной области высокого сопротивления позицию поля определяет субвертикальная мантийно-коровая геоэлектрическая неоднородность (или группа сближенных локальных субвертикальных геоэлектрических неоднородностей) с пониженными (десятки Ом·м) значениями удельного электрического сопротивления (с повышенной проводимостью); - наличие локальных геофизических аномалий (магнитных, электрических) «трубочного» типа.	Интерпретационные материалы (разрезы, карты, схемы) региональных профильных глубинных магнитотеллурических зондирований (МТЗ)
Геолого-структурные: - приуроченность к тектоническим узлам, образованным пересечением различно ориентированных минерагенических (кимберлитоконтролирующих) зон или одной минерагенической зоны с секущими зонами тектоно-магматической активизации, зонами поперечных к рифтогенным структурам глубинных разломов, активизированными на момент внедрения кимберлитов	Данные геологических съёмок м-ба 1 : 1 000 000 – 1 : 200 000, геоструктурных исследований (в виде геологических, тектонических карт, разрезов), дешифрирования аэро- космических и/или интерпретационные данные геофизических съёмок: региональных глубинных сейсмических (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, ТСЗ, МОГТ, КМПВ), и/или глубинных магнитотеллурических зондирований (МТЗ), и/или гравиметрических м-ба 1 : 200 000 и крупнее, и/или магнитометрических м-ба 1 : 200 000 и крупнее
• в поверхности кристаллического фундамента: - наличие участка (соизмеримого с размерами, принятыми для поля) нарушения структурного плана положительной структуры или приуроченность к локальным положительным структурам (их периферическим частям)	Материалы геологических съёмок м-ба 1 : 1 000 000 – 1 : 200 000, геоструктурных исследований (в виде геологических, тектонических карт, разрезов) с использованием данных глубокого бурения и/или интерпретационные данные региональных глубинных сейсмических (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, ТСЗ, МОГТ, КМПВ) съёмок и/или глубинных магнитотеллурических зондирований (МТЗ)
• в рудовмещающей (кимберлитовмещающей) толще осадочного чехла: - участок (соизмеримый с размерами, принятыми для поля) нарушения структурного плана в пределах и/или на периферии более региональной положительной структуры (выражен малоамплитудной депрессией, осложнённой более мелкими малоамплитудными положительными и отрицательными структурами); - область с повышенной остаточной мощностью кимберлитовмещающих пород	Данные геолого-структурного анализа осадочного чехла; литолого-фациального анализа основных терригенных горизонтов дочетвертичных пород (с воссозданием палеогеографических условий их формирования) м-ба 1 : 200 000 (с использованием данных геологического картирования и бурения)



Продолжение табл. 3

3	4
Промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля <i>среднепалеозойского возраста</i> Якутии (Мирнинское, Накынское, Далдынское, Алакит-Мархинское и Верхнемунское) и Архангельской области (Зимнебережное в составе Золотицких, Кепинских и Верхотинских с трубкой им. Гриба кимберлитов и родственных им пород)	За пределами крупных высокоомных блоков промышленно-алмазоносных полей в настоящее время не выявлено, но встречаются слабоалмазоносные кимберлитовые поля различного возраста, приуроченные к субвертикальным коровым проводящим неоднородностям
Промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля <i>среднепалеозойского возраста</i> Якутии, Архангельской области	<i>При наличии указанных локальных геофизических аномалий может учитываться как дополнительный благоприятный фактор</i>
Промышленно-алмазоносные <i>разновозрастные</i> кимберлитовые и лампроитовые поля Якутии, Архангельской области, Западной Австралии, Канады	Для промышленно-алмазоносных полей Якутии – узлы пересечения отдельных ветвей кимберлитоконтролирующих зон (Вилуй-Мархинской, Далдыно-Оленёнской) с секущими тектоно-магматическими зонами (их краевыми или выклинивающимися частями), представляющими собой рифтоподобные структуры, развивающиеся (ответвляющиеся) из авлакогенных структур
Промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля <i>среднепалеозойского возраста</i> Якутии и Архангельской области	Применяются в условиях частей древних платформ, перекрытых осадочным чехлом (плитных частей)
Промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля <i>среднепалеозойского возраста</i> Якутии (Мирнинское, Накынское, Далдынское, Алакит-Мархинское)	

1	2
Геолого-структурные: • положительная морфоструктура с радиально-концентрическим строением размером в поперечнике ~ 80–100 км (входящая в единую систему более региональных радиально-кольцевых структур), связанная с очагом тектоно-магматической активизации в нижней (на глубине 20–40 км) части земной коры; • наличие блока с изотропной ориентировкой трещиноватости	Данные морфоструктурного анализа современного рельефа и речной сети; дешифрирования аэро-, космоматериалов среднего разрешения Данные морфоструктурного анализа современного рельефа и речной сети
Магматические: • области, характеризующиеся существенным сокращением мощности пластовых тел раннеэриасовых долеритов, интрузирующих нижнепалеозойские кимберлитомещающие породы; • наличие тел (трубок, даек, жил) кимберлитов и/или родственных им пород и/или трубок взрыва основного состава, синхронных по возрасту кимберлитовому магматизму	Материалы геологических съёмок м-ба 1 : 200 000, геоструктурных исследований (в виде геологических разрезов) с использованием данных бурения, интерпретационные данные сейсмических (МОВ и др.) съёмок Материалы геологических съёмок м-ба 1 : 200 000 и крупнее (в виде геологических карт, разрезов) с использованием данных бурения

4. Геолого-геофизические индикационные прогнозируемых кустов кимберлитовых тел в пределах

4. Geological and physical indicative prerequisites that determine the position of

(1) Индикационные предпосылки	(2) Виды съёмки и материалы, обеспечивающие наиболее достоверное выделение предпосылок
Глубинные геофизические, проявленные в аномальных особенностях поля силы тяжести: • сочетание в плане малоамплитудных положительных аномалий эффективной плотности или локальных составляющих поля силы тяжести (размером в поперечнике до первых десятков км и менее), обусловленных (по данным гравитационного моделирования) гравитирующими объектами, расположенными на глубине в первые км (с выходом на поверхность кристаллического фундамента), интерпретируемыми как погребённые верхнекоровые ареалы базит-гипербазитового магматизма; отрезков секущих зон нарушения структурного плана локальных гравитационных аномалий или отрезков зон горизонтального градиента локальной составляющей поля силы тяжести, интерпретируемых как зоны повышенной проницаемости кристаллического фундамента; • линейные зоны повышенного градиента и/или слабо интенсивных (до первых мГл) положительных локальных аномалий, характеризующие зоны кимберлитоконтролирующих разломов, определяющих позицию кустов тел	Карты и цифровые модели аномального поля силы тяжести (в редукции Буге) и его трансформант (локальных составляющих, горизонтального градиента и др.), составленные по материалам гравиметрических съёмок м-ба 1 : 200 000 – 1 : 50 000 и крупнее; результаты количественной интерпретации (с использованием компьютерных технологий), включая гравитационное моделирование



Окончание табл. 3

3	4
Промышленно-алмазоносные <i>разно-возрастные</i> кимберлитовые и лампроитовые поля Якутии, Архангельской области, Западной Австралии, Южной Африки, Канады	
Промышленно-алмазоносные <i>разно-возрастные</i> кимберлитовые и лампроитовые поля Якутии, Архангельской области	<i>Может учитываться как дополнительный благоприятный фактор</i>
Промышленно-алмазоносные <i>разно-возрастные</i> кимберлитовые и лампроитовые поля Якутии	<i>При наличии трапповых образований может учитываться как дополнительный благоприятный фактор</i>
Промышленно-алмазоносные <i>разно-возрастные</i> кимберлитовые и лампроитовые поля Якутии, Архангельской области	<i>При наличии указанных проявлений магматизма может учитываться как дополнительный благоприятный фактор</i>

предпосылки, определяющие позицию потенциально алмазоносных кимберлитовых полей

the predicted kimberlite field clusters in the size of diamondiferous kimberlite field

(3) Эталонные объекты, на которых выполнена апробация предпосылок	(4) Примечания
Группы тел Зимнебережного (выделенного по геофизическим данным и включающего Золотицкие с месторождением им. Ломоносова, Кепинские и Верхотинские с месторождением им. Гриба кимберлиты и родственные им породы) промышленно-алмазоносного кимберлитового поля среднепалеозойского возраста (Архангельская область)	
Кусты тел Мирнинского и Накынского промышленно-алмазоносных полей среднепалеозойского возраста (Якутия)	В Мирнинском промышленно-алмазоносном поле в узлах пересечения зон кимберлитоконтролирующих разломов (определяющих позицию кустов тел) с кимберлитовмещающими разломами отмечено понижение амплитуды гравитационных аномалий

1	2
в аномальных особенностях магнитного поля: • сочетание в плане положительных аномалий эффективной намагниченности или локальных составляющих магнитного поля (размером до первых десятков км и менее, интенсивностью до сотен нТл), обусловленных (по данным аналитических расчётов) магнитовозмущающими объектами, расположенными в верхних (с выходом на поверхность кристаллического фундамента) горизонтах земной коры, интерпретируемых как верхнекоровые ареалы базит-гипербазитового магматизма; по данным съёмов м-ба 1 : 25 000 – 1 : 5 000 – узких (шириной первые и менее км) зон локальных магнитных аномалий или остаточных аномалий распределения эффективной намагниченности, носящих секущий характер по отношению к общему структурному плану магнитного поля, сформированных магнитными образованиями, расположенными (по данным аналитических расчётов) в осадочном чехле, и интерпретируемых как зоны повышенной проницаемости, унаследованно проявленные в осадочном чехле; • приуроченность к зонам линейных положительных аномалий (интенсивностью от первых десятков до первых сотен нТл) так называемого даечного типа, характеризующим зоны кимберлитоконтролирующих разломов, определяющих позицию кустов тел	Карты и цифровые модели аномального магнитного поля и его трансформант (частотные, градиентные характеристики), составленные по материалам аэромагнитных съёмов м-ба 1 : 200 000 – 1 : 50 000 – 1 : 25 000 и крупнее; результаты количественной интерпретации (с использованием компьютерных технологий)
• наличие локальных магнитных аномалий «трубчатого» типа	Карты и цифровые модели аномального магнитного поля и его трансформант (частотные, градиентные характеристики), составленные по материалам аэромагнитных съёмов м-ба 1 : 25 000 – 1 : 10 000 и крупнее
Глубинные геофизические, проявленные: в аномальных особенностях электрического поля: • приуроченность к линейным зонам повышенной электропроводности, интерпретируемым как зоны повышенной проницаемости осадочного чехла;	Интерпретационные материалы аэро- и наземных магнитометрических съёмов м-ба 1 : 25 000 – 1 : 10 000 и крупнее
• приуроченность к локальным субвертикальным сквозькоровым проводящим неоднородностям (с удельным электрическим сопротивлением десятки Ом·м на фоне сотен и более Ом·м);	Интерпретационные материалы (карты, разрезы) глубинных магнитотеллурических зондирований (МТЗ)
• приуроченность к связываемым с кимберлитовмещающим разломом: - границе резкого изменения фазы импеданса электромагнитного поля на низких (10–20 Гц) частотах - и/или - проводящей зоне на плане фазы импеданса на высоких частотах; • наличие локальных электрических аномалий «трубчатого» типа	Интерпретационные материалы электро-разведочных работ методом АМТЗ
	Интерпретационные материалы аэро- и наземных электроразведочных съёмов м-ба 1 : 25 000 – 1 : 10 000 и крупнее



Продолжение табл. 4

3	4
Группы тел Зимнебережного (выделенного по геофизическим данным и включающего Золотицкие с месторождением им. Ломоносова, Кепинские и Верхотинские с месторождением им. Гриба кимберлиты и родственные им породы) промышленно-алмазоносного кимберлитового поля среднепалеозойского возраста (Архангельская область)	Отдельные тела и группы тел Зимнебережного поля локализуются в узлах пересечения различно ориентированных зон повышенной проницаемости осадочного чехла, проявленных в магнитном поле обозначенными характеристиками
Кусты тел Мирнинского и Накынского промышленно-алмазоносных полей среднепалеозойского возраста (Якутия)	В Мирнинском промышленно-алмазоносном поле в узлах пересечения зон кимберлитоконтролирующих разломов (определяющих позицию кустов тел) с поперечными к ним (кимберлитовмещающими) разломами отмечено понижение амплитуды магнитных аномалий смещение или изгибы их осей В Накыньском промышленно-алмазоносном поле кимберлитовмещающий Диагональный разлом, определяющий здесь позицию Дяхтарского куста, отмечается слабо интенсивной фрагментарной (неярко проявленной) линейной аномалией, выделяемой в аномальных особенностях различных трансформант (частотные, градиентные характеристики)
Промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля среднепалеозойского возраста Якутии и Архангельской области	<i>При наличии указанных локальных магнитных аномалий «трубочного» типа может учитываться как дополнительный благоприятный фактор</i>
Группы тел Зимнебережного (выделенного по геофизическим данным и включающего Золотицкие с месторождением им. Ломоносова, Кепинские и Верхотинские с месторождением им. Гриба кимберлиты и родственные им породы) промышленно-алмазоносного кимберлитового поля среднепалеозойского возраста (Архангельская область)	Отдельные тела и группы тел Зимнебережного поля локализуются в узлах пересечения различно ориентированных зон повышенной проницаемости осадочного чехла, проявленных в электрическом поле обозначенными характеристиками
Золотицкие кимберлиты с месторождением им. Ломоносова и промышленно-алмазоносная трубка им. Гриба Зимнебережного (выделенного по геофизическим данным) промышленно-алмазоносного поля Архангельской области; кусты тел Мирнинского, Накынского (Параллельный и Дяхтарский соответственно), Далдынского и Алакит-Мархинского промышленно-алмазоносных полей Якутии	В Мирнинском (Западный куст), Далдыньском (в районе тр. Зарница) и Алакит-Мархинском (в районе тр. Юбилейная) промышленно-алмазоносных полях Якутии некоторые кусты тел приурочены к участку сочленения проводящей субвертикальной сквозькоревой неоднородности с высокоомным блоком земной коры
Дяхтарский куст тел Накынского промышленно-алмазоносного поля Якутии	Фактор установлен при проведении опытно-методических электроразведочных работ в пределах Накыньского поля
Промышленно-алмазоносные кимберлитовые поля среднепалеозойского возраста Якутии и Архангельской области	<i>При наличии указанных локальных электрических аномалий «трубочного» типа может учитываться как дополнительный благоприятный фактор</i>

1	2
в особенностях сейсмического разреза: в верхней части сейсмических разрезов на глубинах, соответствующих кимберлитовмещающим породам, наличие грабенообразных структур сложной морфологии (шириной до 4 км, амплитудой до 100 м), участков нарушения корреляции (прослеживаемости) отражающих границ, интенсивных явлений дифракции сейсмических волн, характеризующих отдельные разломы в составе региональной минерагенической зоны, контролирующей позицию кимберлитового поля	Интерпретационные материалы площадной средне- крупномасштабной (расстояние между профилями 4 и 0,5–2 км соответственно) высокочастотной и среднечастотной сейсморазведки МОВ-ОГТ
Геолого-структурные: • приуроченность к участкам с относительно повышенной мощностью кимберлитовмещающих пород; • приуроченность к линейным тектоническим зонам, в ряде случаев сопряжённым с депрессиями различной морфологии, проявленными в верхних горизонтах кимберлитовмещающих пород и по возрасту синхронных с проявлениями кимберлитового магматизма (в перекрывающих отложениях депрессии не фиксируются)	Данные детального палеотектонического анализа (с детальным стратиграфическим расчленением кимберлитовмещающих отложений) с использованием результатов бурения в комплексе с ГИС и/или интерпретационных материалов сейсморазведки МОВ-ОГТ
<i>в кровле кимберлитовмещающих пород</i> приуроченность: • к крутым склонам и периклинальным окончаниям валообразных осложнений шириной и протяжённостью первые км; или • к линейной (субмеридиональной) совокупности мульд проседания в околотрубочном пространстве; <i>в перекрывающих кимберлиты осадочных толщах</i> приуроченность: • к конседиментационным нарушениям, устанавливаемым по осям палеодолин и резким перепадам мощностей, перекрывающих отложений (урзугская свита); или • к паре сближенных (до расстояния 1 км) разломов субмеридионального простирания с грабенообразным понижением (на 20–30 м) внутри, фиксируемых по подошве перекрывающих (урзугской свиты) отложений	Данные геолого-структурного анализа осадочного чехла м-ба 1 : 100 000–1 : 5 000
Магматические: наличие тел (трубок, даек, жил) кимберлитов и/или родственных им пород и/или трубок взрыва основного состава, синхронных по возрасту кимберлитовому магматизму	Материалы геологических съёмок м-ба 1 : 200 000 и крупнее (в виде геологических карт, разрезов) с использованием данных бурения



Окончание табл. 4

3	4
Кусты тел Мирнинского, Накынского, Далдынского и Алакит-Мархинского промышленно-алмазоносных полей среднепалеозойского возраста (Якутия)	В Мирнинском промышленно-алмазоносном поле Якутии отмеченные грабенообразные структуры, проявленные в верхней части разреза (на глубинах, соответствующих кровле мирнинской свиты среднего кембрия), непосредственно определяют позицию кустов тел (Западного и Параллельного). При этом для Западного куста на глубинах, соответствующих нижней части разреза осадочного чехла, отмечается слабовыраженный прогиб в картине отражений. В Накыском промышленно-алмазоносном поле Якутии Дяхтарский куст кимберлитовых тел занимает секущее положение по отношению к отмеченным грабенообразным структурам. Диагональный кимберлитовмещающий разлом, определяющий позицию данного куста, отмечается одиночными разрывами, флексуриобразными перегибами сейсмоотражающих границ на глубинах, соответствующих нижнепалеозойским кимберлитовмещающим породам в верхней части осадочного чехла.
Кусты тел Мирнинского, Накынского, Далдынского и Алакит-Мархинского промышленно-алмазоносных полей среднепалеозойского возраста (Якутия)	Для более достоверного выделения указанных предпосылок требуется густая сеть (порядка $(4 \times 2) - (2 \times 1)$ км) буровых скважин. В Мирнинском промышленно-алмазоносном поле Якутии кимберлитовые тела Западного и Параллельного кустов локализованы в пределах линейных прогибов (грабенообразных структур), сопровождающих одноимённые разломы в составе Виллюй-Мархинской минерагенической зоны. Центральные части прогибов трассируются слепыми дайками долеритов. Позицию отдельных трубок определяют скрытые разломы северо-западного простираения, оперяющие зоны Западного и Параллельного разломов. В структуре кимберлитовмещающих и перекрывающих пород эти разломы не проявлены и за пределы грабенов в карбонатном цоколе не трассируются. Некоторые месторождения алмазов (тр. Интернациональная, им. XXIII съезда КПСС) находятся за пределами осевой части грабенообразной структуры. Слабоалмазоносные тела (тр. Таежная, Амакинская и др.) тяготеют к осевой части этой структуры. В Накыском промышленно-алмазоносном поле Якутии Дяхтарский куст кимберлитовых тел и Диагональный разлом, определяющий его позицию, занимают секущее положение по отношению аналогичным грабенообразным структурам. Дяхтарский куст приурочен к малоамплитудной мульде в структуре нижнепалеозойских пород.
Группы кимберлитовых тел Зимнебережного (выделенного по геофизическим данным) промышленно-алмазоносного поля Архангельской области	
Промышленно-алмазоносные разновозрастные кимберлитовые и лампроитовые поля Якутии, Архангельской области	<i>При наличии указанных проявлений магматизма может учитываться как дополнительный благоприятный фактор</i>

При локализации алмазоперспективных площадей ранга поля и куста тел в каком-либо регионе приведённый выше перечень индикационных предпосылок этих таксонов может быть сокращён (в зависимости от геолого-геофизической изученности района исследований) или дополнен (с учётом вновь полученных данных по закономерностям локализации алмазоносного магматизма). Достоверность выполненного прогноза зависит от степени изученности площади работ теми или иными геологическими и геофизическими съёмками.

Геолого-геофизические предпосылки рассмотренные как индикаторы алмазоперспективных площадей, были использованы ФГБУ «ЦНИГРИ» при проведении прогнозно-минералогического районирования различных масштабов (1:2 500 000 – 1:100 000) территорий Восточно-Европейской и Сибирской платформ, а

также при проведении поисковых работ на алмазы. В частности, успешный опыт их применения был изложен в статье Ю. К. Голубева с соавторами [6]. В ней показано, что выделение локальных участков, перспективных на вскрытие кимберлитовых тел, позволяет сосредоточить поисковые работы в пределах конкретных наиболее перспективных участков, что резко повышает эффективность ГРП на алмазы.

Изложенный в данной статье комплекс геолого-геофизических индикационных предпосылок, рекомендуемых при локализации поисковых площадей на коренную алмазоносность, в концентрированном виде вошёл в состав Проекта Методических указаний по проведению алмазопроисловых работ в сложных поисковых обстановках, который подготовлен по заказу Роснедр и представлен в отчётах ФГБУ «ЦНИГРИ» за 2019 и 2020 гг.

Список литературы

1. Бессмертный С. Ф., Поспеева Е. В., Овчинникова О. И. Изучение особенностей строения консолидированной коры Далдыно-Алакитского района по данным региональной сейсморазведки МОВ-ОГТ и электроразведки МТЗ // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. – Якутск : ЯНЦ СО РАН. – 2008. – С. 55–62.
2. Биезайс Я. Я., Караев Н. А., Лебедкин П. А. Региональная сейсморазведка МОВ-ОГТ при решении прогнозно-поисковых задач на алмазы // Геология алмаза – настоящее и будущее (геологи к 50-летнему юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). – Воронеж : ВГУ, 2005. – С. 1111–1123.
3. Биланенко В. А., Балакишин Г. Д., Побережский В. А., Ушаков В. М. Структурно-тектонические критерии размещения кимберлитовых полей в южной части Якутской провинции // Геология, петрография и геохимия магматических образований северо-востока Сибирской платформы. – Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1976. – С. 5–11.
4. Ваганов В. И. Алмазные месторождения России и мира (Основы прогнозирования). – М. : Геоинформмарк, 2000. – 371 с.
5. Голубев Ю. К., Гаранин К. В., Кошкарёв Д. А., Голубева Ю. Ю., Шахурдина Н. К. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы алмазов России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2020. – № 6. – С. 1–9.
6. Голубев Ю. К., Прусакова Н. А., Лукьянова Л. И. Опыт выявления возможных коренных источников алмазных россыпей Арктической зоны Якутии // Отечественная геология. – 2017. – № 1. – С. 54–67.
7. Горев Н. И., Герасимчук А. В., Проценко Е. В., Толстов А. В. Тектонические аспекты строения Вилюйско-Мархинской зоны, их использование при прогнозировании кимберлитовых полей // Наука и образование. – 2011. – № 3. – С. 5–10.
8. Горев Н. И., Проценко Е. В. Тектонические особенности размещения кимберлитовых тел и их использование при прогнозировании (на примере кимберлитовых полей Западной Якутии) // Руды и металлы. – 2017. – № 4. – С. 62–69.
9. Илупин И. П., Ваганов В. И., Прокопчук Б. И. Кимберлиты. – М. : Недра, 1990. – 248 с.
10. Костровицкий С. И., Яковлев Д. А., Алымова Н. В. Кимберлитовый вулканизм Якутской провинции – тектонический контроль, мантийные источники // Вулканизм и геотектоника. Материалы IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Том 1. – Петропавловск-Камчатский, 2009. – С. 381–384.



11. Потехина И. А., Маковчук И. В., Гладков А. С. Разрывная тектоника месторождения трубка «Комсомольская» // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2008. – № 4 (36). – С. 25–31.
12. Потехина И. А. Разломно-блоковое строение и кимберлитовые тела Алакит-Мархинского алмазонального поля (тектонифизический анализ) : специальность 25.00.03 «Геотектоника и геодинамика» : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Потехина Инна Александровна. – Иркутск : ИЗК СО РАН, 2010. – 163 с.
13. Потуроев А. А. О трещинно-разрывной тектонике Далдыно-Алакитского района // Магматические образования северо-востока Сибирской платформы. – Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1975. – С. 57–72.
14. Прусакова Н. А. Геолого-геофизическая прогноз-поисковая модель Зимнебережного кимберлитового поля : специальность 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Прусакова Наталья Александровна. – М., 2004. – 167 с.
15. Прусакова Н. А. Глубинная структура Зимнебережного кимберлитового поля, Архангельская область // Руды и металлы. – 2006. – № 2. – С. 53–64.
16. Прусакова Н. А. Локализация площадей под поисковые работы на основе геолого-геофизических предпосылок коренной алмазональности // Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути её повышения. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию Алмазной лаборатории ЦНИГРИ – НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО). – Мирный, 2018. – С. 152–156.
17. Прусакова Н. А. Принципы выделения локальных участков ранга куста кимберлитовых трубок на основе структурно-геофизического районирования // Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее (Алмазы-50). – Санкт-Петербург, 2004. – С. 272–274.
18. Серокуров Ю. Н., Калмыков В. Д., Зуев В. М. Дистанционный прогноз кимберлитового магматизма. – М. : Триумф, 2017. – 312 с.
19. Серокуров Ю. Н., Калмыков В. Д., Зуев В. М. Космические методы при прогнозе и поисках месторождений алмазов. – М. : Недра-Бизнесцентр, 2001. – 198 с.

References

1. Bessmertnyi S. F., Pospeeva E. V., Ovchinnikova O. I. Izuchenie osobennosti stroeniya konsolidirovannoi kory Daldyno-Alakitskogo raiona po dannym regional'noi seismorazvedki MOV-OGT i elektro-razvedki MTZ [Study of the structural features of the consolidated crust of the Daldyn-Alakit region according to the regional seismic survey MOV-CDP and electrical exploration MTZ], *Problemy prognozirovaniya i poiskov mestorozhdenii almazov na zakrytykh territoriyakh* [Problems of forecasting and prospecting for diamond deposits in closed areas], Yakutsk, YaNTs SO RAN Publ., 2008, pp. 55–62.
2. Biezais Ya. Ya., Karaev N. A., Lebedkin P. A. Regional'naya seismorazvedka MOV-OGT pri reshenii prognozno-poiskovykh zadach na almazy [Regional seismic survey MOV-CDP in solving forecasting and prospecting problems for diamonds], *Geologiya almaza – nastoyashchee i budushchee (geologi k 50-letnemu yubileyu g. Mirniy i almazodobyvayushchei promyshlennosti Rossii)* [Geology of diamond – the present and the future (geologists for the 50th anniversary of Mirny and the diamond mining industry of Russia)], Voronezh, VGU Publ., 2005, pp. 1111–1123.
3. Bilanenko V. A., Balakshin G. D., Poberezhskii V. A., Ushakov V. M. Strukturno-tektonicheskie kriterii razmeshcheniya kimberlitovykh polei v yuzhnoi chasti Yakutskoi provintsii [Structural-tectonic criteria for the location of kimberlite fields in the southern part of the Yakutsk province], *Geologiya, petrografiya i geokhimiya magmaticheskikh obrazovaniy severo-vostoka Sibirskoi platformy* [Geology, petrography and geochemistry of magmatic formations in the north-east of the Siberian platform], Yakutsk, YaF SO AN SSSR Publ., 1976, pp. 5–11.
4. Vaganov V. I. Almaznye mestorozhdeniya Rossii i mira (Osnovy prognozirovaniya) [Diamond Deposits in Russia and the World (Forecasting Basics)], Moscow, Geoinformmark Publ., 2000, 371 p.

5. Golubev Yu. K., Garanin K. V., Koshkarev D. A., Golubeva Yu. Yu., Shakhurdina N. K. Sostoyanie i perspektivy razvitiya mineral'no-syr'evoi bazyalmazov Rossii [State and prospects of development of the mineral resource base of diamonds in Russia], *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie [Mineral resources of Russia. Economics and Management]*, 2020, No 6, pp. 1–9. (In Russ.).
6. Golubev Yu. K., Prusakova N. A., Luk'yanova L. I. Opyt vyyavleniya vozmozhnykh korennykh istochnikovalmaznykh rossypei Arkticheskoi zony Yakutii [Experience in identifying possible primary sources of diamond placers in the Arctic zone of Yakutia], *Otechestvennaya geologiya [National Geology]*, 2017, No 1, pp. 54–67. (In Russ.).
7. Gorev N. I., Gerasimchuk A. V., Protsenko E. V., Tolstov A. V. Tektonicheskie aspekty stroeniya Vilyuisko-Markhinskoi zony, ikh ispol'zovanie pri prognozirovani kimberlitovykh polei [Tectonic aspects of the structure of the Vilyui-Markha zone, their use in forecasting kimberlite fields], *Nauka i obrazovanie [Science and education]*, 2011, No 3, pp. 5–10. (In Russ.).
8. Gorev N. I., Protsenko E. V. Tektonicheskie osobennosti razmeshcheniya kimberlitovykh tel i ikh ispol'zovanie pri prognozirovani (na primere kimberlitovykh polei Zapadnoi Yakutii) [Tectonic features of the distribution of kimberlite bodies and their use in forecasting (on the example of kimberlite fields in Western Yakutia)], *Rudy i metally [Ores and Metals]*, 2017, No 4, pp. 62–69. (In Russ.).
9. Ilupin I. P., Vaganov V. I., Prokopchuk B. I. Kimberlity [Kimberlites], Moscow, Nedra Publ., 1990, 248 p.
10. Kostrovitskii S. I., Yakovlev D. A., Alymova N. V. Kimberlitovyi vulkanizm Yakutskoi provintsii – tektonicheskii kontrol', mantiinye istochniki [Kimberlite volcanism of the Yakut province – tectonic control, mantle sources], *Vulkanizm i geotektonika. Materialy IV Vserossiiskogo simpoziuma po vulkanologii i paleovulkanologii. Tom 1 [Volcanism and geotectonics. Materials of the IV All-Russian Symposium on Volcanology and Paleovolcanology. Volume 1]*, Petropavlovsk-Kamchatsky, 2009, pp. 381–384.
11. Potekhina I. A., Makovchuk I. V., Gladkov A. S. Razryvnaya tektonika mestorozhdeniya trubka “Komsomol'skaya” [Fracture tectonics of the Komsomol'skaya pipe deposit], *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]*, 2008, No 4 (36), pp. 25–31. (In Russ.).
12. Potekhina I. A. Razlomno-blokovoe stroenie i kimberlitovye tela Alakit-Markhinskogo almazonosnogo polya (tektonofizicheskii analiz) [Fault-block structure and kimberlite bodies of the Alakit-Markha diamondiferous field (tectonophysical analysis): Extended abstract of candidate's thesis], Irkutsk, IZK SO RAN Publ., 2010, 163 p.
13. Poturoev A. A. O treshchinno-razryvnoi tektonike Daldyno-Alakitskogo raiona [About fracture-rupture tectonics of the Daldyn-Alakit region], *Magmaticheskie obrazovaniya severo-vostoka Sibirskoi platformy [Magmatic formations of the north-east of the Siberian platform]*, Yakutsk, YaF SO AN SSSR Publ., 1975, pp. 57–72.
14. Prusakova N. A. Geologo-geofizicheskaya prognoznoposkovaya model' Zimneberezhnogo kimberlitovogo polya [Geological and geophysical forecasting and prospecting model of the Zimneberezhny kimberlite field: Extended abstract of candidate's thesis], Moscow, 2004, 167 p.
15. Prusakova N. A. Glubinnaya struktura Zimneberezhnogo kimberlitovogo polya, Arkhangel'skaya oblast' [Deep structure of the Zimneberezhny kimberlite field, Arkhangelsk region], *Rudy i metally [Ores and Metals]*, 2006, No 2, pp. 53–64. (In Russ.).
16. Prusakova N. A. Lokalizatsiya ploshchadei pod poiskovye raboty na osnove geologo-geofizicheskikh predposylok korennoi almazonosnosti [Localization of areas for prospecting work on the basis of geological and geophysical prerequisites for indigenous diamond content], *Effektivnost' geologorazvedochnykh rabot na almazy: prognoznno-resursnye, metodicheskie, innovatsionno-tekhnologicheskie puti ee povysheniya. Materialy V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 50-letiyu Almaznoi laboratorii TsNIGRI – NIGP AK “ALROSA” (PAO) [Efficiency of geological exploration for diamonds: predictive resource, methodological, innovative and technological ways to increase it. Materials of the V All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, dedicated to the 50th anniversary of the TsNIGRI Diamond Laboratory – NIGP PJSC ALROSA]*, Mirniy, 2018, pp. 152–156.
17. Prusakova N. A. Printsipy vydeleniya lokal'nykh uchastkov ranga kusta kimberlitovykh trubok na osnove strukturno-geofizicheskogo raionirovaniya [Principles of identifying local areas of the rank of a cluster of kimberlite pipes on the basis of structural-geophysical zoning], *Effektivnost' prognozirovaniya i*



poiskov mestorozhdenii almazov: proshloe, nastoyashchee i budushchee (Almazy-50) [Efficiency of forecasting and prospecting for diamond deposits: past, present and future (Almazy-50)], St. Petersburg, 2004, pp. 272–274.

18. Serokurov Yu. N., Kalmykov V. D., Zuev V. M. Distantsonnyi prognoz kimberlitovogo magmatizma [Re-

mote prediction of kimberlite magmatism], Moscow, Triumf Publ., 2017, 312 p.

19. Serokurov Yu. N., Kalmykov V. D., Zuev V. M. Kosmicheskie metody pri prognoze i poiskakh mestorozhdenii almazov [Space methods for forecasting and prospecting for diamond deposits], Moscow, Nedra-Biznestsentr Publ., 2001, 198 p.

Авторы

Прусакова Наталья Александровна

кандидат геолого-минералогических наук
заведующий лабораторией
prusakova@tsnigri.ru

Громцев Кирилл Владимирович

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
gromtsev@tsnigri.ru

Лаптев Михаил Михайлович

старший научный сотрудник
laptev@tsnigri.ru

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт цветных
и благородных металлов», г. Москва

Authors

Prusakova Natalya Alexandrovna

PhD
Head of laboratory
prusakova@tsnigri.ru

Gromtsev Kirill Vladimirovich

PhD
Senior researcher
gromtsev@tsnigri.ru

Laptev Mikhail Mikhaylovich

Senior researcher
laptev@tsnigri.ru

FSBI Central Research Institute of Geological
Prospecting for Base and Precious Metals,
Moscow, Russia