

Детальное изучение внутреннего строения кимберлитовых трубок как необходимый элемент уточнения методики и повышения эффективности поисковых, разведочных и добычных работ на алмазы

Аннотация. Особенности строения и вещественного состава детально разбуренных кимберлитовых трубок можно использовать для уточнения: 1) тектонических предпосылок выделения перспективных участков, 2) «образа» отражения трубок в геофизических полях, 3) направления перемещения кимберлитового материала на палеоповерхности, 4) петрографических критериев выделения рудных блоков, 5) возраста трубок, 6) косвенных признаков возможного присутствия в районе проявлений кимберлитового (в том числе и алмазоносного) магматизма. Такое обоснованное уточнение, дополнение методики проведения поисковых, разведочных и добычных работ может привести к повышению их эффективности при минимальных дополнительных затратах. Необходимо на уровне требований Министерства Природных Ресурсов РФ и Государственной Комиссии по Запасам полезных ископаемых РФ утвердить введение такого вида работ, как детальное и всестороннее изучение геологического строения и вещественного состава геологических объектов в качестве обязательного вида на всех стадиях геологоразведочного процесса.

Ключевые слова: кимберлиты, мелилититы, трубки, морфология, тектоника, петрология, магнитные аномалии, возраст, Зимний Берег, Архангельск, Средний Тиман, Накынское поле, Якутия.

САБЛУКОВ СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, генеральный директор, Sablukoff@rambler.ru

ООО ИНПК «РУСГЕО», г. Москва

A detailed study of the internal structure of kimberlite pipes as a necessary element for refining the methodology and increasing the efficiency of the geological prospecting, exploration, and mining for diamonds

S. M. SABLUKOV

ООО INPK "RUSGEO", Moscow

Abstract. The structural and compositional features of kimberlite pipes studied in details by drilling can be used to clarify: 1) tectonic prerequisites for identifying promising areas, 2) "image" of the pipe reflection in geophysical fields, 3) direction of the kimberlite material movement on the paleosurface, 4) petrographic criteria for identifying the ore blocks, 5) age of the pipes, and 6) indirect evidence of the possible presence of kimberlite magmatism (including diamond-bearing one) in the area. Such a substantiated refinement and supplementation of the prospecting, exploration, and mining methodologies can lead to increasing their efficiency with minimal additional costs. It is necessary to introduce detailed and comprehensive studies of the geological structure and composition of geological objects as a mandatory work type at all stages of the geological exploration process and to approve its status as requirements of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation and the State Commission on Mineral Reserves of the Russian Federation.

Key words: kimberlites, mellilitites, pipes, morphology, tectonics, petrology, magnetic anomalies, age, Zimniy Bereg, Arkhangelsk, Middle Timan, Nakyn Field, Yakutia.

Возможности использования информации разведочных работ для решения попутных научно-практических задач. Подготовка к разработке коренных месторождений алмаза (кимберлитовых трубок) предполагает большой объём разведочных буровых работ для максимально точного, достоверного и обоснованного выделения рудных блоков и корректного подсчёта запасов рудной массы и алмазов. При этом густая сеть разведочных буровых скважин и (или) горных выработок (иногда очень густая сеть, рис. 1, А) может быть использована не только для обоснованного подсчёта запасов (для чего она, сеть, собственно только изначально и предназначена), но и для, казалось бы, совершенно не предполагавшегося заранее уточнения самых разных сторон геологических процессов – от научной стороны (генетической) до практической (производственной поисково-разведочной). Но для этого необходимо попутное и дополнительное, детальное и всестороннее изучение геологического строения и вещественного состава кимберлитовых трубок, не входящее в утверждённый состав обязательных видов разведочных работ при подсчёте запасов (впрочем, такое как будто бы «необязательное», но полезное попутное детальное и всестороннее изучение кимберлитовых трубок желательнее и даже необходимо проводить на любом этапе поисковых, разведочных и добычных работ).

Всестороннее изучение геологического строения и вещественного состава детально разбуренных на всех этапах геолого-разведочных работ кимберлитовых трубок разных районов позволяет использовать некоторые выявленные их особенности как дополнительные благоприятные предпосылки для выбора наиболее перспективных поисковых участков, уточнения «образа» вероятного отражения искомого магматического объекта в наблюдаемых геофизических полях, уточнения направления перемещения кимберлитового материала, выброшенного на палеоповерхность Земли, уточнения времени внедрения трубок, корректного выделения обособленных рудных столбов и разведочных блоков, а также выявления косвенных признаков возможного присутствия в районе проявлений кимберлитового (в том числе и алмазоносного) магматизма. Такое обоснованное уточнение, дополнение методики проведения поисковых, разведочных и добычных работ может привести к повышению их эффективности. Примеры такого использования выявленных особенностей

кимберлитовых трубок при их детальном (и, к сожалению, необязательном в настоящее время) изучении приводятся в этой статье как обоснование необходимости их детального изучения.

Выявление благоприятных поисковых предпосылок. Процесс образования кимберлитовых трубок продолжителен и многогранен. Разные стороны этого процесса оставляют своеобразные отчётливые «следы» в расположении на местности, внутреннем геологическом строении, а также структуре и вещественном составе пород кимберлитовых трубок. Выявление подобных «следов» при детальном изучении кимберлитовых трубок в процессе их оценки и разведки позволяет восстанавливать характер процессов на разных этапах их образования, а значит, и прогнозировать развитие аналогичных процессов в подобных условиях при поисках новых кимберлитовых объектов. Можно выделить несколько типов выявленных таким способом дополнительных благоприятных поисковых предпосылок:

- тектонические;
- геофизические;
- шлихо-минералогические;
- петрографические;
- геохронологические;
- петрологические.

Тектонические предпосылки.

1. *Трубка им. В. Гриба, Зимнебережный кимберлитовый район Архангельской алмазоносной провинции.* При разведке на трубке им. В. Гриба пробурено около 40 тыс. пог. м скважин (в 2 раза больше, чем на примерно такой же по размеру трубке Архангельская месторождения им. М. В. Ломоносова), поскольку изначально предполагался подземный способ её отработки (см. рис. 1, А). Поэтому удалось выявить некоторые интересные особенности строения этой трубки, в том числе в наиболее глубокой её части. Тонкие морфологические особенности тела трубки им. В. Гриба до горизонта -900 м (или до глубины 940 м от палеоповерхности трубки) проявлены в виде серии разнонаправленных линейных элементов, которые отражают отчётливое влияние тектонических процессов на зарождение и формирование вулканического канала (см. рис. 1, Б). Образование вулканического жерла произошло в зоне пересечения двух основных разломов: главного северо-восточного рудоконтролирующего разлома и северо-западного разлома (связанного с зоной разломов северного борта Падунского грабена), вдоль которого

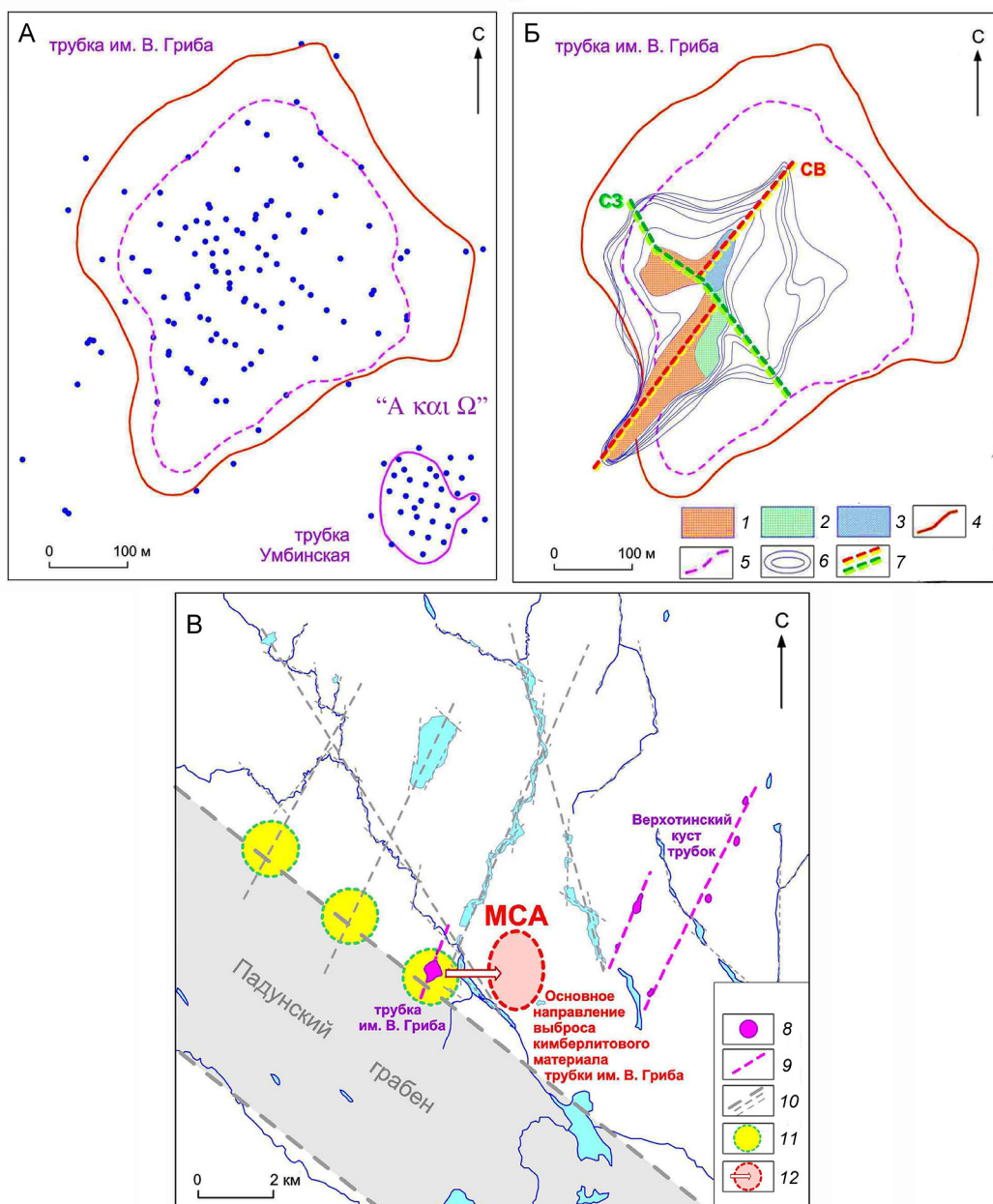
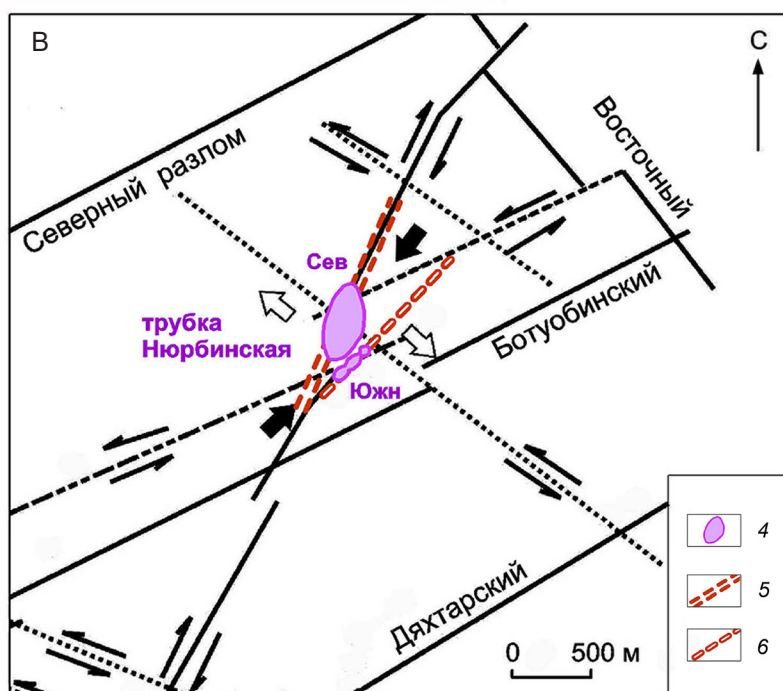
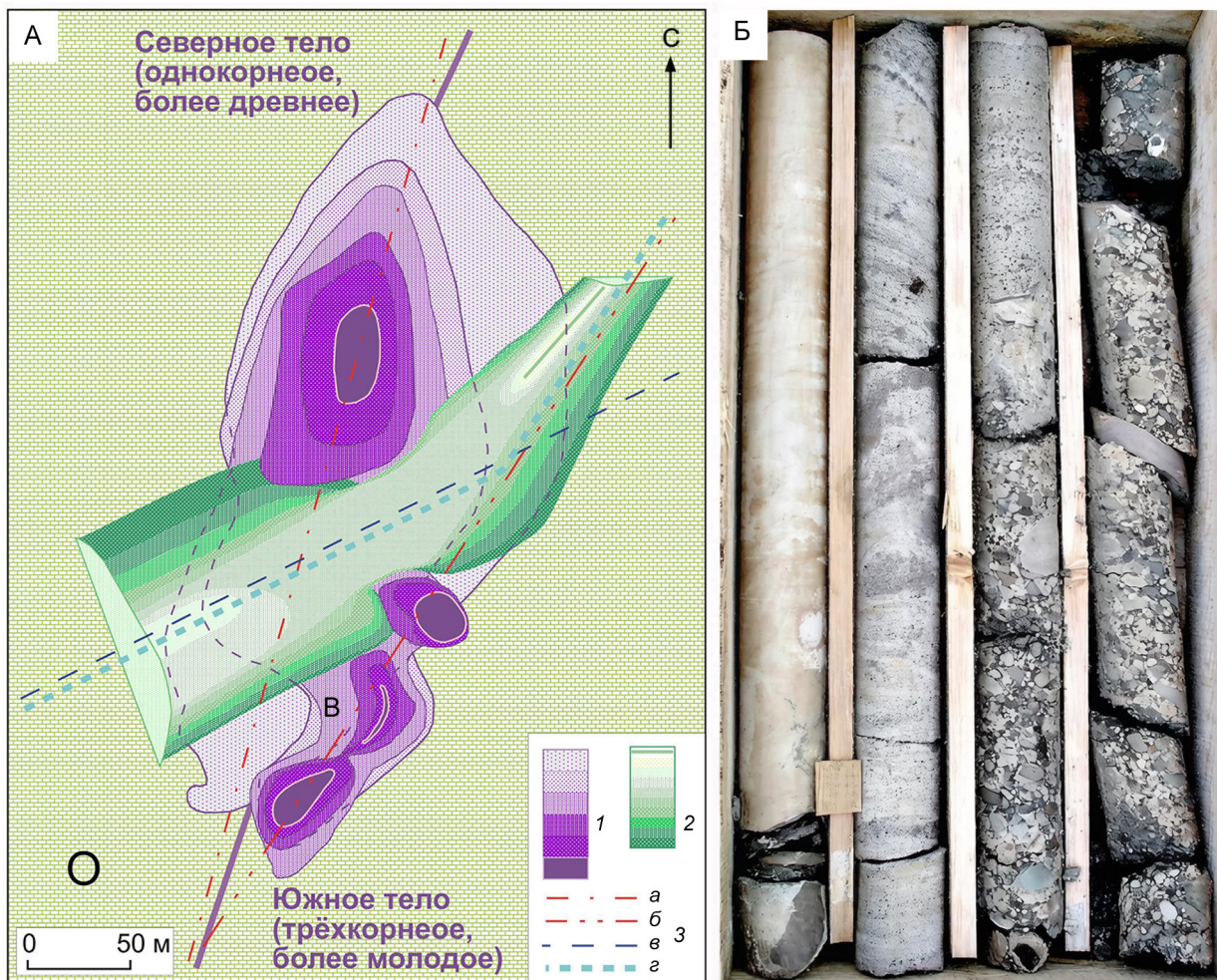


Рис. 1. Тектоническая позиция трубки им. В. Гриба в системе рудоконтролирующих разломов:

А – точки расположения (устья) буровых скважин на трубке им. В. Гриба в сравнении с трубкой Умбинская (Средний Тиман); «Альфа и Омега» («А και Ω») кимберлитового магматизма Русской платформы: трубка Умбинская (первая кимберлитовая трубка, 1977 г.) и трубка им. В. Гриба (заключительное (пока) месторождение алмазов, 1996 г.); Б – тектоническая позиция «зарождения» вулканического канала и распределение типов кимберлитовых пород трубки им. В. Гриба на максимальной доступной для изучения глубине (горизонте -900 м): 1–3 – кимберлитовые породы: 1 – столб эруптивных («выброшенных») пород, 2 – туффзиты, 3 – лавы; 4–5 – контуры поверхности части трубки: 4 – кратерной и 5 – жерловой; 6 – контуры жерловой части трубки на горизонтах от -900 до -300 м; 7 – зоны предполагаемых рудоконтролирующих разломов (использованы данные ЗАО «Архангельскгеолразведка»); В – расположение возможных перспективных поисковых участков в окрестностях трубки им. В. Гриба на основании учёта благоприятных тектонических и шлихо-минералогических факторов: 8 – трубки кимберлитовых пород; 9 – зоны рудоконтролирующих разломов; 10 – зоны тектонических нарушений разного порядка; 11 – перспективные поисковые площади; 12 – область и направление преимущественного выброса кимберлитового материала из вулканической трубки им. В. Гриба



произошёл левый сдвиг главного разлома с амплитудой примерно 50 м. Именно эта локальная ослабленная зона пересечения двух разломов со сдвигом могла дать начало возникновению вулканического канала и затем – длительному процессу извержений кимберлитового материала с преимущественной эксплозивной эрозией стенок канала именно вдоль тектонически ослабленных линейных зон, подчёркивая их направления. Причём, если максимальная амплитуда удлинённых «лепестков» проработки вулканического канала, постепенно заполненных столбом эруптивных пород («ксенотуфобрекчий»), характерна для первой, эксплозивной фазы извержения кимберлитового материала, то S-образная морфология кимберлитовых тел двух последующих фаз внедрения: туффизитов («автолитовых брекчий») 2-й фазы и лав («порфировых кимберлитов») 3-й фазы указывает на то, что и зарождение, и «работа» вулканического канала трубки им. В. Гриба от начальных до конечных извержений приурочены именно к локальной зоне левого сдвига рудоконтролирующего северо-восточного разлома. На основании учёта этих выявленных благоприятных тектонических факторов можно прогнозировать расположение возможных новых перспективных поисковых участков в окрестностях трубки им. В. Гриба в соседних областях пересечения северо-западной зоны разломов северного борта Падунского грабена с потенциальными рудоконтролирующими северо-восточными разломами (см. рис. 1, В). Аналогичная структурная приуроченность к области левого сдвига рудоконтролирующего разлома отмечается и для высокоалмазоносной кимберлитовой трубки Нюрбинская Накынского поля Якутской кимберлитовой провинции [5] (рис. 2, В). Таким образом, зоны сдвига рудоконтролирующего разлома могут являться благоприятным тектони-

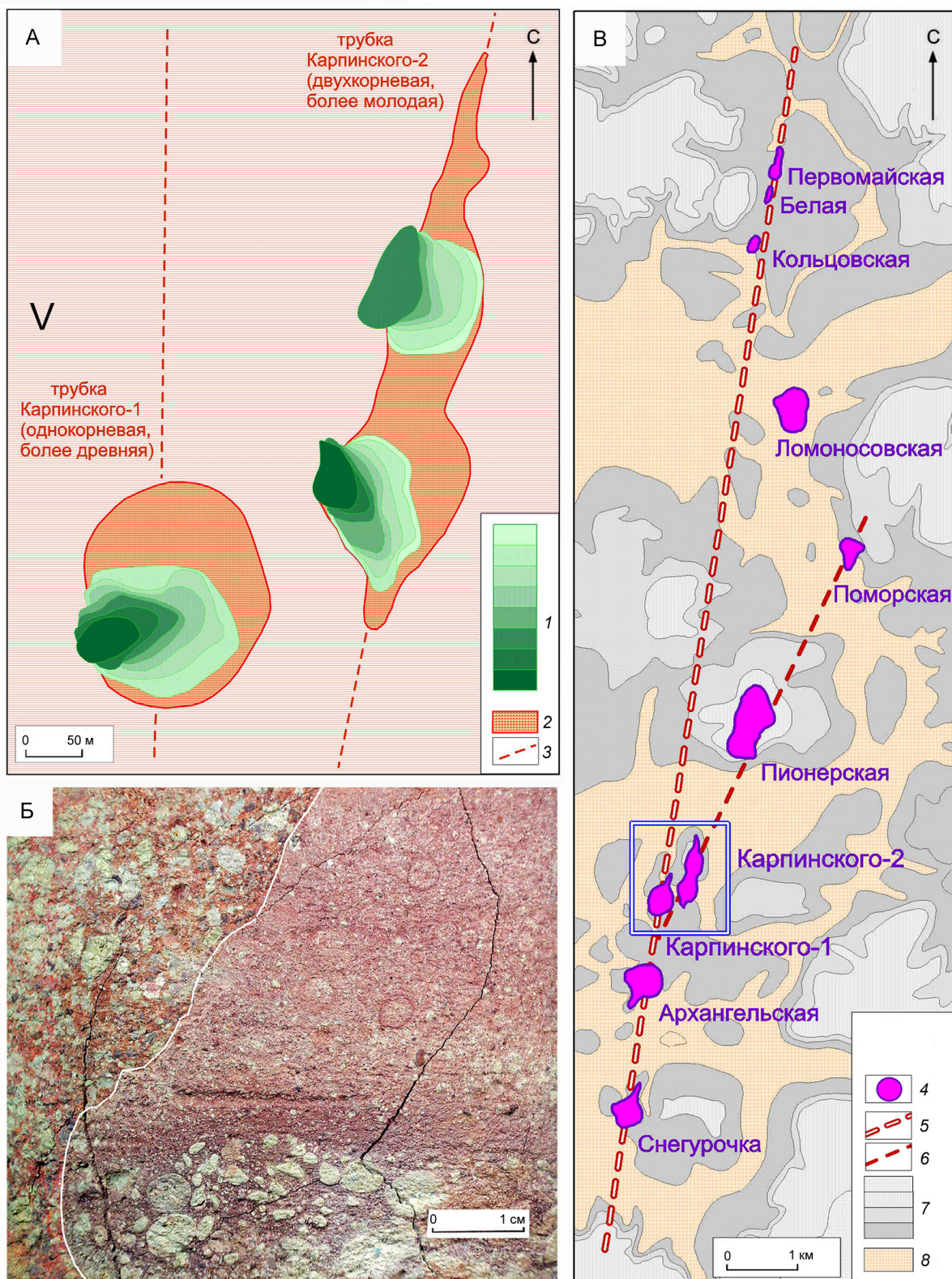
ческим фактором при выборе наиболее перспективных участков для детальных поисков в районах кимберлитового магматизма. В связи с этим необходимо отметить, что расположение в окрестности трубки им. В. Гриба некоторых выделенных нами в 2021 г. самых интенсивных и контрастных шлиховых ореолов пикроильменита ближнего сноса в перекрывающих трубки породах грубоборучейской свиты нижнего карбона (C_1gr) совпадает с зонами наиболее благоприятных тектонических предпосылок.

Детальное изучение некоторых многокорневых кимберлитовых трубок показывает, что они представляют собой разновозрастные обособленные геологические объекты, имеющие к тому же и разную тектоническую приуроченность и даже (иногда) разную петрологическую сущность.

2. В *Накынском кимберлитовом поле (Якутская алмазоносная провинция)* трубка Нюрбинская состоит из двух кимберлитовых тел: Северного тела (основного, однокорневого) и Южного тела (сопутствующего, трёхкорневого), которые совмещаются в верхней части трубки (см. рис. 2, А). По косвенным признакам Южное тело внедрилось позже Северного – в нём присутствуют многометровые блоки («плавающие рифы») кимберлитовых пород кратерной фации с отчётливо проявленной градационной слоистостью (от конгломератов, туфогравелитов и туфопесчаников до мелкозернистых карбонатных песчаников с исчезающе малой примесью кимберлитового материала) (см. рис. 2, Б). То есть Южное тело трубки внедрялось, прорывая уже литифицированные расслоенные вулканогенно-осадочные кимберлитовые породы кратерной части Северного тела. При этом основное, Северное тело трубки внедрилось вдоль главного рудоконтролирующего разлома (СВ 15°), а трёхкорневое Южное тело

Рис. 2. Особенности тектонической приуроченности соседних Северного и Южного тел трубки Нюрбинская к основному рудоконтролирующему и оперяющему разломам:

А – модельный погоризонтный план трубки Нюрбинская с условно снятыми кимберлитовыми породами выше контакта со штоком базитов (использованы данные Мирнинской ГРЭ АК «АЛРОСА»): 1–2 – изменение контура: 1 – трубки и 2 – штока базитов с глубиной; 3 – разломы: а – кимберлитов рудоконтролирующий, б – кимберлитов оперяющий, в – базитов магмоконтролирующий, г – простираение штока базитов в трубке; Б – блок («плавающий риф») кимберлитовых пород кратерной фации – расслоенных туфоконгломератов, туфогравелитов, туфопесчаников и карбонатных песчаников (кern скважины № 9/470, интервал глубин 450,0–454,0 м, расположение kern в kernовом ящике по глубине – сверху вниз и слева направо, длина ячейки в ящике один метр); В – приуроченность тел трубки Нюрбинская к основному рудоконтролирующему и оперяющему разломам на тектоно-динамической схеме центральной части Накынского поля, по [5]; 4 – кимберлитовая трубка; 5 – основной рудоконтролирующий разлом; 6 – оперяющий разлом



трубки – вдоль оперяющего разлома (СВ 32°). Интересно отметить, что шток посткимберлитовых базитов внедрился в ослабленную зону между Северным и Южным телом кимберлитов трубки Нюрбинская (см. рис. 2, А), причём западнее трубки шток имеет азимут простирания, типичный для основных магмоконтролирующих разломов базальтовых тел Накынско-го поля (СВ 64°), а восточнее трубки – резко меняет простирание на СВ 32° – строго вдоль оперяющего разлома Южного кимберлитового тела трубки, что косвенно подчёркивает высокую степень тектонической проработки разлома и резкое увеличение проницаемости кимберлитовмещающего цоколя в зоне оперяющего разлома трубки Нюрбинская [16].

3. В Зимнебережном кимберлитовом районе (Архангельская алмазоносная провинция) аналогичное тектоническое положение-сочетание в месторождении им. М. В. Ломоносова занимают две сближенные трубки – Карпинского-1 (однокорневое тело, главный контролирующий разлом, СВ 10°) и Карпинского-2 (двухкорневое тело, оперяющий разлом, СВ 25°) (рис. 3, А). Несмотря на присутствие в кимберлитовых породах обеих трубок однотипных фрагментов обугленной древесины руководящей формы позднего девона (*Callixylon* sp.), трубка Карпинского-2 (также как и Южное тело трубки Нюрбинская) является относительно более молодой, поскольку содержит многочисленные ксенолиты (глыбы и щебень) кимберлитовых пород параллельнослоистой и даже пизолитовой текстуры (лапиллиевых и пепловых туфов, туффов, туфопесчаников (см. рис. 3, Б), не отличимых от аналогичных пород кратерной фации трубки Карпинского-1 [17]) – то есть фрагменты уже литифицированных пород кратерной фации (или прикратерного вала) более древней трубки. В данном случае эти две предельно (до

100 м!) сближенные трубки не только приурочены к разным тектоническим рудоконтролирующим элементам, но и относятся к двум разным петрологическим типам кимберлитов месторождения им. М. В. Ломоносова (и Золотицкого куста в целом). Трубка Карпинского-1 принадлежит к Южной группе трубок Золотицкого куста, для которых характерна изометричная форма и резкое (подавляющее) преобладание мантийного материала гроспидитовой субфации глубинности С2 (давление образования 27–34 кбар [21]), а трубка Карпинского-2 принадлежит к Северной группе трубок, характеризующихся удлинённой (до сильно вытянутой) формой и резким (подавляющим) преобладанием мантийного материала коэситовой субфации глубинности С3 (давление образования 34–40 кбар [21]) [1].

Возможно, похожий характер сочетания имеют и резко различающиеся по строению соседние трубки Ан-7466-Северная и Ан-7466-Южная, поскольку в ксенотуффитах («ксенотуфобрекчиях») жерловой фации трубки Ан-7466-Северная присутствуют многочисленные ксенолиты (щебень) туфопесчаников кимберлитов – уже литифицированных пород кратерной фации соседней, более древней Южной трубки.

Таким образом, сближенные, сдвоенные кимберлитовые трубки соответственно, основная, однокорневая, более древняя приурочены к основному рудоконтролирующему разлому, а более молодая, многокорневая (нередко) – к оперяющему разлому. Поэтому при проведении поисковых работ в районе внимание нужно уделять не только зоне основного рудоконтролирующего разлома, но и зонам разломов оперяющих, по которым тоже могут внедряться кимберлитовые тела, в том числе и, возможно, на значительном расстоянии от основного рудоконтролирующего разлома (см. рисунки 2, В и 3, В).

Рис. 3. Особенности тектонической приуроченности соседних кимберлитовых трубок Карпинского-1 и Карпинского-2 к основному рудоконтролирующему и оперяющему разломам:

А – модельный погоризонтный план столбов туффизитов («автолитовых брекчий») кимберлитов трубок Карпинского-1 и Карпинского-2 (использованы данные ГРЭ №17 ПГО «Невское»): 1 – совмещённые планы столбов туффизитов («автолитовых брекчий») кимберлитов жерловой фации трубок на горизонтах от -600 до +60 м; 2 – планы столбов эруптивных пород («ксенотуфобрекчий») кимберлитов жерловой фации трубок на палеоповерхности; 3 – простирание основного и оперяющего рудоконтролирующих разломов; Б – крупный ксенолит расслоенного пизолитового туфа кратерной фации (справа) во вмещающем ксенотуффите («ксенотуфобрекчий») кимберлитов жерловой фации (слева) трубки Карпинского-2 (контур ксенолита подчёркнут белой линией); В – схема расположения кимберлитовых трубок Золотицкого куста Зимнебережного кимберлитового района: 4 – контуры трубок (со снятыми перекрывающимися отложениями); 5–6 – предполагаемые зоны разломов: 5 – основного рудоконтролирующего, 6 – оперяющего; 7 – перекрывающие отложения карбона; 8 – вмещающие породы венда

Геофизические предпосылки. Кимберлиты наиболее богатых месторождений алмазов (туффизиты или, по-другому, «автолитовые брекчии» кимберлитов) практически не отличаются по своим физическим характеристикам от вмещающих пород, поэтому трубки, образованные только (или преимущественно) такими породами, могут никак не выделяться магнитной съёмкой при поисковых работах. Это, например, две самые крупные трубки месторождения им. М. В. Ломоносова – Архангельская и Пионерская (Зимнебережный район, Архангельская область), а также высокоалмазоносные трубки Ботуобинская и Майская Накынского поля (Якутия). При этом некоторые подобные кимберлитовые трубки в этих районах всё же отражаются в магнитном поле из-за необычных особенностей их внутреннего строения, выявленных только при их детальном изучении. Так, в немагнитные кимберлиты трубки Нюрбинская (Накынное поле, Якутия) до глубины 300 м от палеоповерхности трубки внедрился шток базитов (рис. 4, А), в двадцатиметровой экзоконтактной зоне которого кимберлиты подверглись термическому воздействию с изохимическим новообразованием и ростом кристаллов магнетита (в основной массе породы, в псевдоморфозах по оливину, каймах на пиропсах) и, соответственно, с повышением магнитной восприимчивости пород в этой зоне в 50–100 раз (до $6000\text{--}8000 \times 10^{-5}$ ед. СИ) [3, 16]. Это, вероятно, и обусловило существование на поверхности слабой магнитной аномалии, при заверке которой бурением и была открыта трубка. Возможно, похожая ситуация сложилась и в образовании слабой магнитной аномалии у трубки им. В. Гриба в Зимнебережном районе. Здесь на глубине более 300 м бурением вскрыт шток лав порфириновых кимберлитов с резко (в 50–100 раз) повышенной магнитной восприимчивостью – до 4300×10^{-5} ед. СИ (см. рис. 4, Б) (первым обратил на это внимание В. В. Третьяченко, АК «АЛРОСА», устное сообщение). Породы этого штока (столба) лав кимберлитов образовались в изохимическом процессе термального метаморфизма с элементами скарнирования (новообразованные магнетит, гидрогранат, съегренит, а также мощные реакционные каймы и (или) фигуры травления на зёрнах минералов-спутников алмаза). В отличие от трубки Нюрбинская, где реализовался подобного рода наложенный термальный **аллометаморфический** процесс воздействия на кимберлиты остывающей магмы внедрившегося

штока базитов, в трубке им. В. Гриба более вероятной причиной возникновения пород с аномальными магнитными свойствами (столба лав кимберлитов 3-й, вероятно, заключительной фазы внедрения) является наложенный **автометаморфический** процесс, обусловленный воздействием поздних порций тепловой энергии (без привноса вещества), поскольку здесь пока не выявлены более поздние магматические тела, которые могли бы оказать активное термическое воздействие на уже литифицированное (а может быть, даже уже и серпентинизированное!) тело лав кимберлитов.

Как показала практика поисковых работ, и в некоторых других трубках Зимнебережного района присутствуют отдельные тела («пачки» или «столбы») пород с повышенной магнитной восприимчивостью, вид магнитной аномалии над которыми не соответствует реальной морфологии исходного вулканического тела. Например, из-за присутствия в кратерной части трубки пластов («пачки») относительно высокомагнитных пород аномалия над реальным телом «трубочного типа» может иметь вид аномалии горизонтального «безкорневого пласта» (трубка Чидвинская), а крупная и почти изометричная в плане трубка может отражаться в магнитном поле как сильно вытянутый в меридиональном направлении небольшой объект из-за морфологии тела (столба) эруптивных брекчий («ксенотуфобрекчий») кимберлитов с относительно повышенной намагничённостью (трубка Ломоносовская).

В связи с этим необходимо проводить целенаправленное детальное изучение магнитных характеристик кимберлитовых пород трубок (включая определение направления вектора намагничённости [10]) для оценки параметров величины и направления возможного смещения эпицентра наземной магнитной аномалии от реального контура кимберлитового тела, а также подтверждения расчётной глубины залегания кровли и морфологии магнитовозмущающего объекта для более обоснованного в дальнейшем выбора аэромагнитных аномалий к наземной детализации, а также для оптимального расположения точек заложения заверочных буровых скважин.

Шлихо-минералогические предпосылки. Густая сеть разведочных скважин на трубке им. В. Гриба позволяет выявить закономерное вертикальное изменение морфологических характеристик полости трубки с глубины -940 м до палеоповерхности. Это даёт возможность определить

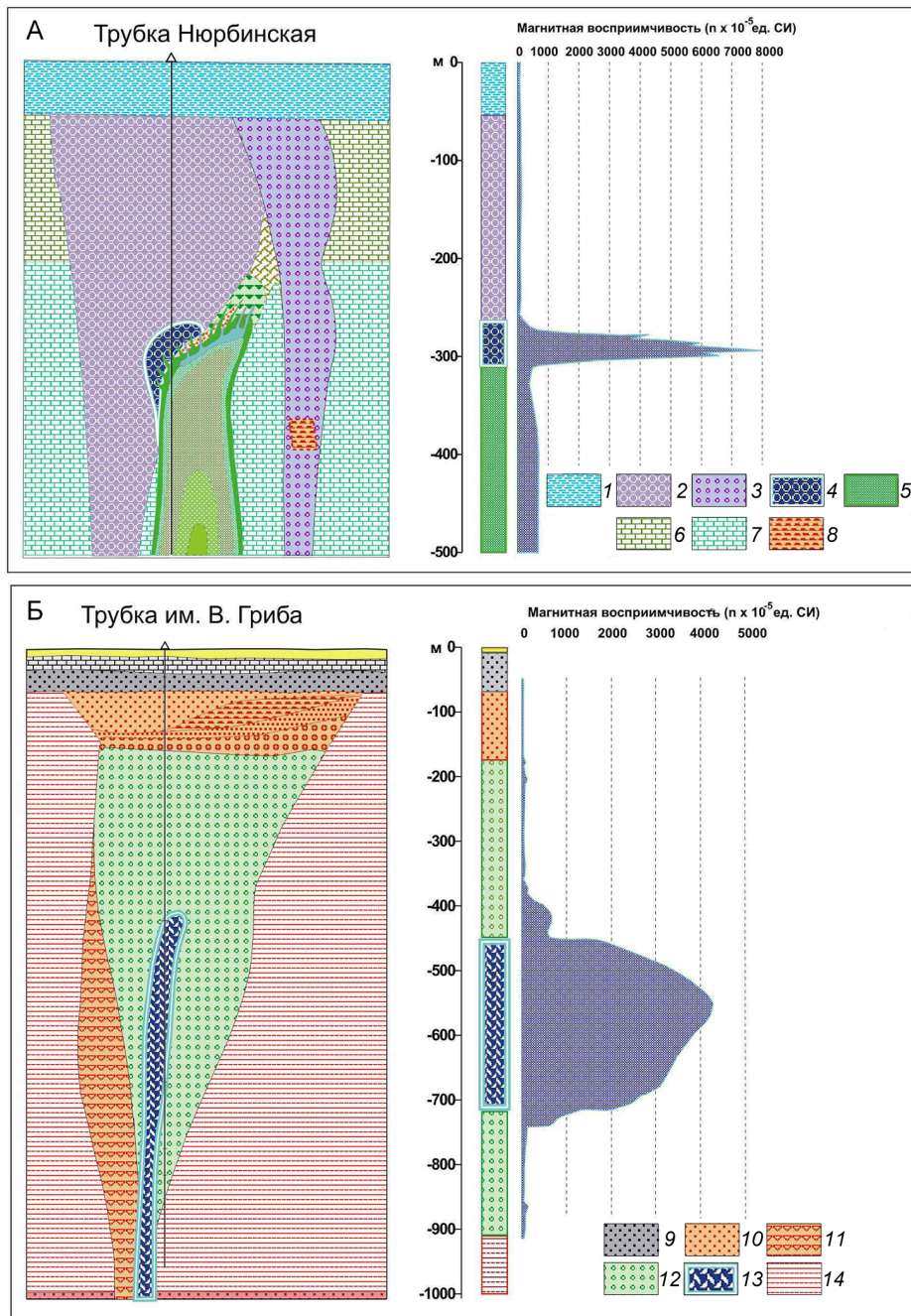
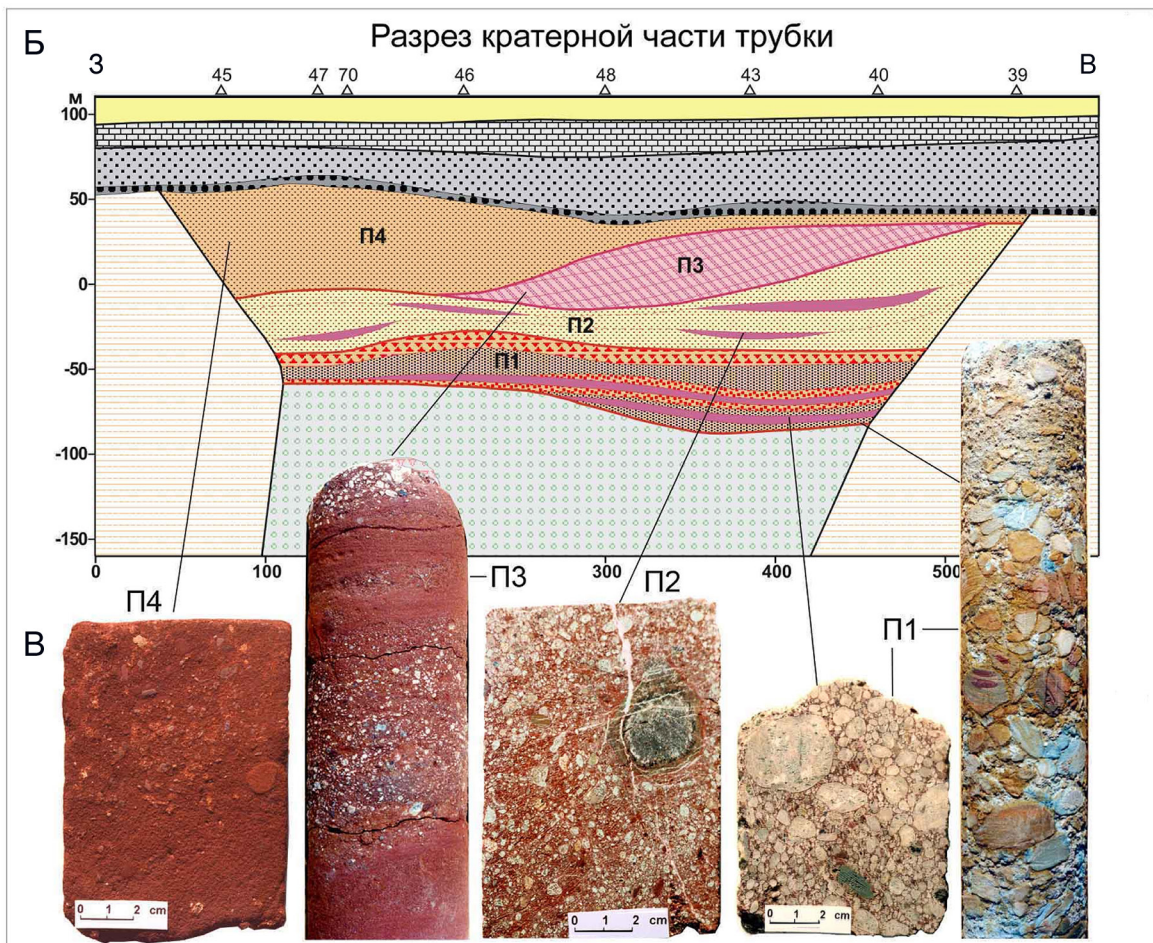
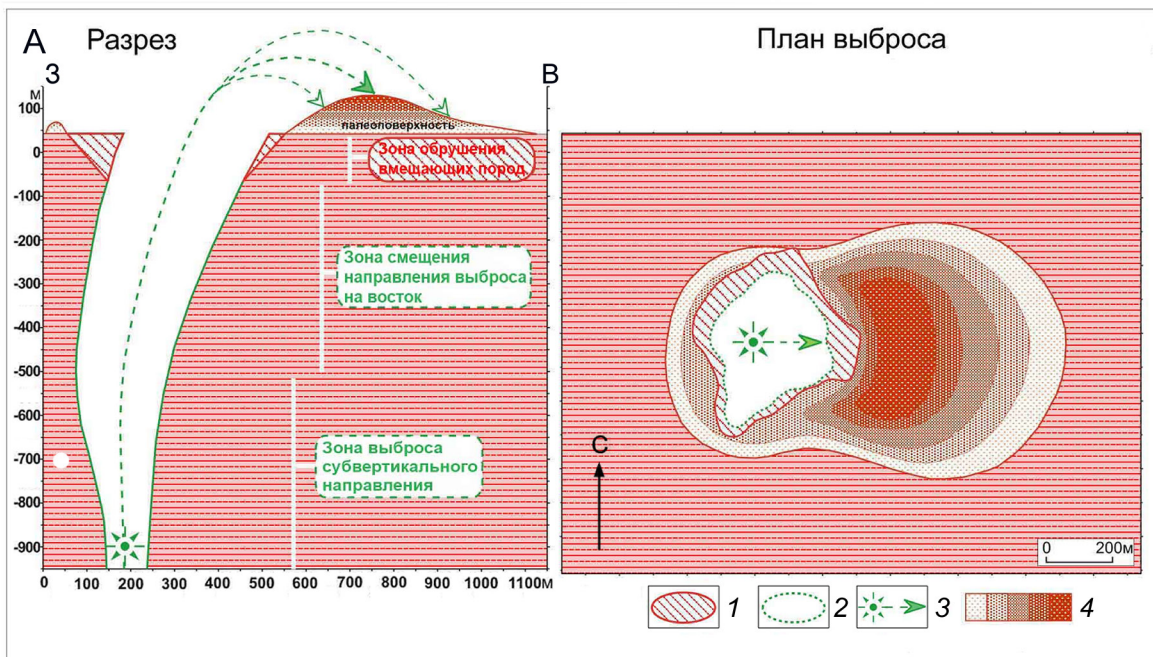


Рис. 4. Потенциальные аномалообразующие зоны высокомагнитных пород, выявленные при детальном изучении кимберлитовых трубок:

А – кимберлитовые породы, подвергшиеся наложенному термальному метаморфизму в зоне экзоконтакта внедрившегося штока базитов (трубка Нюрбинская, Накынское поле, Якутия): 1 – перекрывающие юрские отложения; туффизиты кимберлитов: 2 – Северного тела, 3 – Южного тела; 4 – высокомагнитные туффизиты кимберлитов в зоне экзоконтакта штока базитов; 5 – шток базитов; вмещающие породы: 6 – ордовика, 7 – кембрия, 8 – крупный ксенолит (блок, «плавающий риф») отложений кратерной фации в туффизитах кимберлитов Южного тела; Б – столб лав кимберлитов завершающей фазы внедрения кимберлитового расплава (трубка им. В. Гриба, Зимнебережный район, Архангельская провинция): 9 – перекрывающие отложения карбона; 10 – кимберлитовые породы кратерной фации трубки; 11 – ксенотуффиты («ксенотуффобрекчи») кимберлитов; 12 – туффизиты («автолитовые брекчи») кимберлитов; 13 – высокомагнитные лавы кимберлитов («порфиновые кимберлиты»); 14 – вмещающие породы венда



характер изменения направления движения – подъёма из глубины и выброса на палеоповерхность магматического материала из вулканического канала (жерла) трубки, особенности формирования прикратерного вала и заполнения кратерной части трубки. В самой глубокой части жерла трубки (горизонты от -940 до -500 м) отчётливо выделяется **зона субвертикального направления** движения (выброса) магматического материала, которая выше (горизонты от -500 до -80 м) сменяется **зоной смещения направления выброса магматического материала на восток** (рис. 5, А, разрез). Такое преимущественно восточное направление выброса магматического материала в верхней части жерла могло привести к ассиметричному строению прикратерного вала кимберлитовой тефры на палеоповерхности (см. рис. 5, А, план), что подтверждается ассиметричным строением и составом пород кратерной части трубки с градиентом делювиального заполнения кратера противоположного направления – восток-запад (см. рис. 5, Б). В этом направлении постепенно уменьшается содержание в породах кратера кимберлитового материала, мощность первых трёх пачек, насыщенных кимберлитовым материалом, а также доля туфов и туффитов среди пород этих пачек (см. рис. 5, В). Напротив, в направлении восток-запад резко увеличивается мощность самой верхней, 4-й пачки кратерной фации, образованной, по сути, переотложенным материалом дезинтегрированных терригенных пород венда с исчезающе малым содержанием кимберлитового материала. Пологие борта чашеобразного расширения кратера («раструба») формировались уже в зоне гравитационного обрушения вмещающих пород (коллювия), что хорошо видно по бортам кратерной фации трубки, угол наклона которых соответствует углу естественного откоса вмещающих слабосцементированных терригенных пород венда. Преимущественный выброс кимберлитового ма-

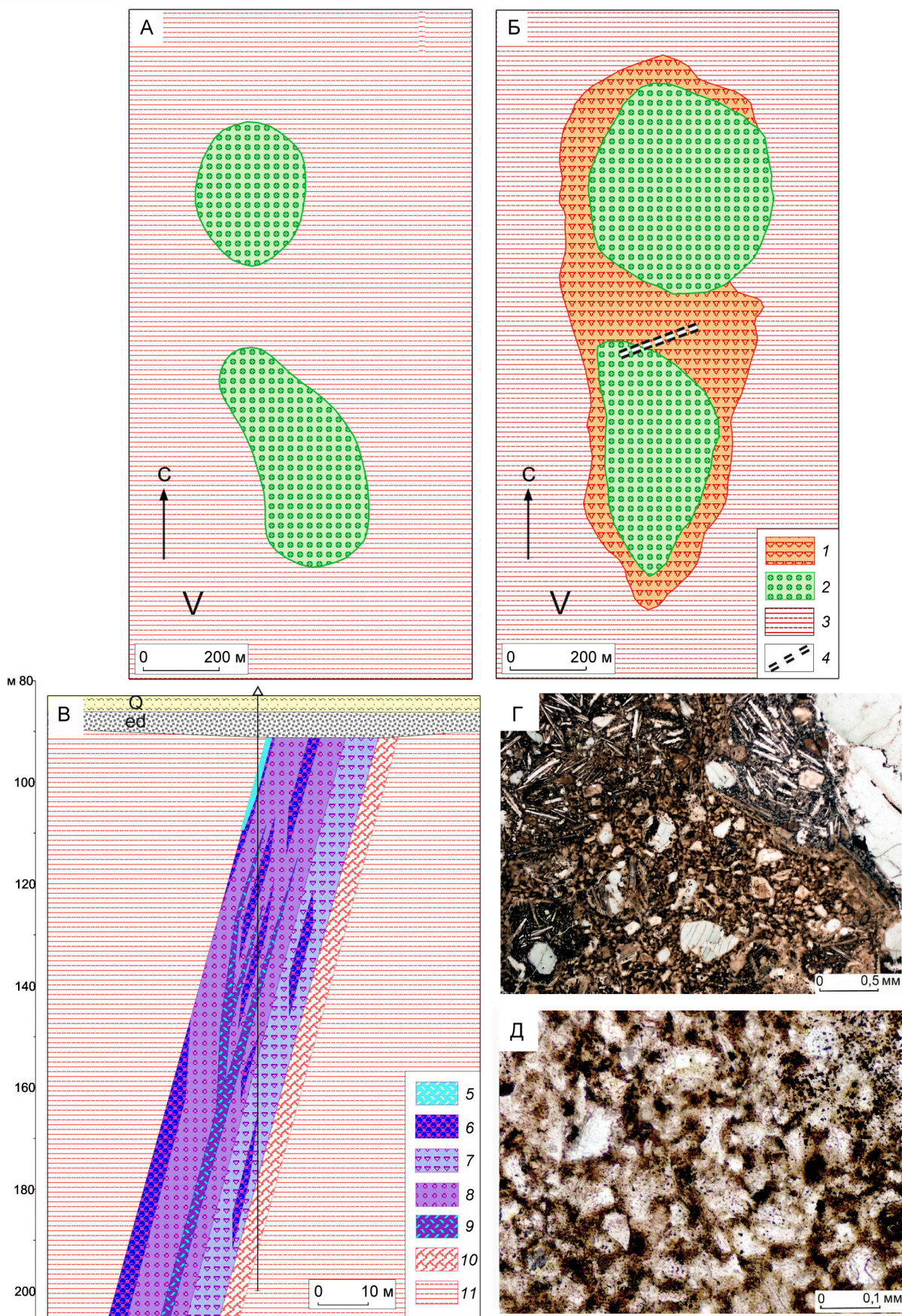
териала из жерла в восточном направлении мог привести к формированию в дальнейшем удалённых к востоку от трубки шлиховых ореолов минералов-спутников алмаза, напрямую не связанных с разрывом тела самой трубки им. В. Гриба, но обладающих всеми типоморфными особенностями минералов-спутников ближнего («прямого») сноса (см. рис. 1, В), что необходимо учитывать при планировании и проведении шлихо-минералогических поисковых работ по промежуточным коллекторам в районе.

Петрографические предпосылки. Детальное изучение **петрографических особенностей** пород кимберлитовых трубок позволяет также не только серьёзно уточнить геологическое строение трубок, но тем самым и более обоснованно выделять и оконтуривать («геометризовать») разные фазы внедрения кимберлитового материала, образующие разные по составу обособленные геологические тела, а значит и разные (в том числе и по степени алмазоносности) рудные столбы, а вслед за этим – и разные разведочные блоки. При этом широкие возможности для детального изучения пород предоставляет не только густая сеть разведочных геологических пересечений, но и нечасто встречающиеся обнажения или слабоперекрываемые коренные выходы геологических тел.

Ярким примером такого «коренного» изменения представлений о геологическом строении, морфологии и даже размерах трубки взрыва является изучение трубки Болванцы, проведённое нами летом 1983 г. Трубка Болванцы расположена на Онежском полуострове, в долине реки Верховка, в Нёнокском поле трубок взрыва оливиновых мелилититов. Трубка перекрыта четвертичными отложениями небольшой мощности (до ~ 8 м), а в правом крутом борту узкой, глубоко врезанной долины ручья Болванец образует небольшие коренные выходы вулканических пород, обнаруженные в 1958 г. Е. Я. Бубликовой и А. И. Ореховым.

Рис. 5. Модель формирования резко ассиметричного строения прикратерного вала и кратерной части трубки им. В. Гриба:

А – схематический разрез и схематический план: контур: 1 – кратерной части трубки на палеоповерхности и зона коллювиальных образований и 2 – жерловой части трубки на палеоповерхности; 3 – направления выброса магматического материала; 4 – предполагаемое относительное изменение мощности отложений прикратерного вала трубки; Б – схематический геологический разрез кратерной части трубки; В – внешний облик типичных кимберлитовых пород разных пачек кратерной фации трубки (справа налево): пачка П1, нижняя – конгломерат прорванных пород (справа) и лапиллиевый туф кимберлита (слева); пачка П2, средняя – однородный ксенотуффит кимберлита; пачка П3, средняя – переслаивание параллельнослоистых туфов, туффитов и туфопесчаников кимберлитов; пачка П4, верхняя – однородный глинистый песчаник



Породы трубки (как и породы нескольких других вулканических трубок поля, открытых после проведения геофизических съёмок М. А. Даниловым в 1965–1967 гг.) были отнесены к щёлочно-ультраосновным породам, родственным кимберлитам [7, 8, 20, 22]. В 1975–1977 гг. из вулканических пород трубки Болванцы была отобрана и обогащена крупнообъёмная проба в 50 м³ (ГУЦР). И хотя достоверные кристаллы алмаза в пробе обнаружены не были, возможная связь проявлений выявленного вулканизма с кимберлитовым вулканизмом стала одной из важных дополнительных благоприятных предпосылок для постановки поисковых работ на алмазы на соседних площадях, в том числе на Зимнем Берегу Белого моря (где впоследствии были открыты и в настоящее время разрабатываются два коренных месторождения алмазов – им. М. В. Ломоносова и им. В. Гриба).

На карте магнитного поля трубка Болванцы выделялась в виде двух резких максимумов овальной формы, что, вероятно, и позволило рассматривать этот объект как две отдельные, хотя и сближенные вулканические трубки «эруптивных брекчий пикритовых порфиритов» [20] (см. схематический план трубки Болванцы в [8], рис. 6, А). Геологи Новодвинской ГФЭ предложили нам на примере обнажения пород трубки Болванцы изучить характер геохимического воздействия вулканических трубок района на вмещающие породы венда для разработки критериев поиска вулканических трубок взрыва по первичным геохимическим ореолам.

Летом 1983 г. при изучении обнажений и искусственных расчисток, выполненных предшественниками в 1958–1977 гг., мы не обнаружили контакта тёмно-зелёных «эруптивных брекчий пикритовых порфиритов» [20] с вмещающими крас-

ноцветными алевролитами и аргиллитами венда. Не был обнаружен контакт трубки с вмещающими породами венда и после проходки вдоль руч. Болванец серии шурфов и канав, вскрывших коренные породы на глубине 1,5–4 м под четвертичными отложениями. Но при этом было установлено отчётливое двухфазное строение трубки Болванцы (см. рис. 6, Б): 1-я фаза внедрения – тело буровато-красных эруптивных брекчий или «ксенотуфобрекчий» (прослежено двенадцатью шурфами на 100 м вниз по ручью), 2-я фаза внедрения – тело тёмно-зеленовато-серых туффизитов или «автолитовых брекчий» оливиновых мелилититов (прослежено пятью шурфами и двумя канавами на 40 м вверх по ручью) [12]. Таким образом, при детальном изучении геологического строения коренных пород в естественных обнажениях и пройденных горных выработках породы, ранее считавшихся зонами приконтактных тектонических брекчий (вмещающими терригенными породами венда с нарушенным залеганием и брекчированными вмещающими породами), были диагностированы нами как отдельная фаза внедрения вулканических пород трубки – эруптивные брекчии («ксенотуфобрекчии») оливиновых мелилититов. Это позволило определить истинные размеры, морфологию, внутреннее строение и условия образования трубки Болванцы (а значит и других трубок Нёнокского поля). Трубка Болванцы по внутреннему геологическому строению и структурно-текстурным особенностям вулканических пород является двухфазной двухкорневой (двухканальной) трубкой (см. рис. 6, Б), близкой по этим показателям с трубкой Карпинского-2 Золотицкого куста Зимнего Берега (см. рис. 3, А). Кроме того, в породах, диагностированных как эруптивные брекчии («ксенотуфобрекчии») оли-

Рис. 6. Характер уточнения геологического строения и петрографического состава вулканических пород трубок взрыва Нёнокского поля Онежского полуострова при их детальном изучении:

А – первоначальный план геологического строения трубки Болванцы [8]; Б – геологический план трубки Болванцы после проведения горных работ и детального изучения петрографического состава вулканических пород [12]: 1 – ксенотуффиты оливиновых мелилититов; 2 – туффизиты оливиновых мелилититов; 3 – вмещающие терригенные породы венда; 4 – линия горных выработок (расчисток, шурфов и канав), пройденных в 1983 г.; В – геологический разрез сложнопостроенного тела киммелилититов Ан-G056 (использованы данные ЗАО «Архангельские алмазы»): разновидности (фазы внедрения) вулканических пород: 5 – лава афировая; 6 – спёкшийся туффизит; 7 – ксенотуффизит; 8 – туффизит; 9 – лава средне-мелкопорфировая; 10 – приконтактная тектоническая брекчия; 11 – вмещающие породы венда; Г, Д – детали строения новой структурной разновидности родственных кимберлитам пород – спёкшегося туффизита киммелилититов трубки Ан-G056 [17]: Г – общий вид, Д – детали строения витрокластической связующей массы характерной «рогульчатой» или «черепковой» микроструктуры; проходящий свет, николи II

виновых мелилититов, нами были обнаружены обугленные растительные остатки, которые позволили впервые доказать девонский возраст трубок взрыва Нёнокского поля [12, 13], ранее считавшихся венд-кембрийскими [20].

Детальное изучение петрографического состава пород других вулканических трубок Нёнокского поля Онежского полуострова позволило также выявить не только крайне сложное геологическое строение небольшой трубки киммелилититов Ан-G056 (см. рис. 6, В), но и впервые для пород трубок взрыва Севера Русской платформы (а может быть и мира) выявить в этой трубке новую и для кимберлитов, и для родственных кимберлитам пород вообще структурно-генетическую разновидность пород трубок взрыва – «спёкшиеся туффизиты киммелилититов» (см. рис. 6, Г) с тонкообломочным (пепловым) витрокластическим характером цемента «рогульчатой», «черепковой» структуры (см. рис. 6, Д) [19]. Эта структурная особенность подчёркивает типичную вулканическую природу проявлений кимберлитового и родственного ему магматизма, что вызывает необходимость шире использовать общепринятые методы вулканологии и палеовулканологии при изучении кимберлитовых полей.

Фазы внедрения, тела вулканических трубок, образованные насыщенными раздробленным материалом вмещающих пород эруптивными брекчиями («ксенотуфобрекчиями») кимберлитов, аналогичные по структурно-текстурным особенностям «ксенотуфобрекчиям» трубки Болванцы, хотя и уступают туффизитам и лавам кимберлитов по степени алмазоносности, но также нередко образуют тела с балансовыми запасами алмазов, например, в трубке им. В. Гриба. Аналогично трубке Болванцы породы, ранее считавшиеся зонами приконтактных тектонических брекчий вмещающих пород, были диагностированы нами как отдельная фаза внедрения вулканических пород трубки (тело эруптивных брекчий), и в некоторых других кимберлитовых трубках. Так, в трубке Нюрбинская (Накынское поле, Якутия) был выделен и диагностирован как отдельное рудное тело блок эруптивных брекчий кимберлитов, ранее отправляемый в отвалы как безрудная брекчия вмещающих пород. В трубке Водораздельная (Умбинское поле, Средний Тиман) был выделен, геометризован и диагностирован как отдельное рудное тело блок эруптивных брекчий киммелилититов (ранее принимаемый за вмещаю-

щие породы с нарушенным залеганием и брекчированные вмещающие породы), необычные морфологические особенности которого позволили усомниться в венд-кембрийском возрасте кимберлитов района, что в дальнейшем привело к **реальному установлению** позднедевонского возраста кимберлитового магматизма – впервые для Русской платформы (см. далее).

Геохронологические предпосылки. Достоверное определение возраста кимберлитов является одним из важнейших условий правильного выбора направлений поисковых работ месторождений алмазов. Первая кимберлитовая трубка Русской платформы (трубка Умбинская) была открыта Ухтинской геологоразведочной экспедицией Ухтинского геологического управления (УГРЭ УГУ) в 1977 г. в пределах выступа рифейских пород на Вольско-Вымской гряде Среднего Тимана [24]. В 1978 г. здесь же, в Умбинском районе, были открыты трубки Среднинская и Водораздельная. Поскольку это были первые достоверные кимберлиты Европейской части СССР, поисково-оценочные работы на них по параметрам разведочной сети приближались к детальной разведке. Так, на трубке Умбинская диаметром 100 м пробурены 34 скважины (см. рис. 1, А), в результате чего плотность разведочной сети на этой трубке (34 скв./га) в 5 раз выше, чем плотность сети буровых скважин при детальной разведке месторождения алмазов им. В. Гриба (6,6 скв./га)! По аналогии с ранее определённым венд-кембрийским возрастом даек щелочных пикритов («лампрофиров») на соседнем выступе рифея – Четласском камне Среднего Тимана [4], а также с предполагаемым в то время венд-кембрийским возрастом родственных кимберлитам трубок взрыва Нёнокского поля Онежского полуострова [22], три открытые трубки взрыва в Умбинском районе также были отнесены к проявлениям позднебайкальской, венд-кембрийской тектоно-магматической активизации Севера Русской платформы [24]. Однако геологические разрезы трубок, построенные в соответствии с предполагаемыми элементами залегания венд-кембрийских тел, выглядели неправдоподобно. Переинтерпретация результатов детальных наземных магнитных съёмок на участках этих трёх трубок (построении карт **изолиний** магнитного поля по данным исходных **карт-графиков** магнитного поля профильной съёмки (рис. 7, А–В)) позволила определить азимут склонения этих трубок как ЮЗ-ЮЮЗ и ЮВ (а не ССЗ,

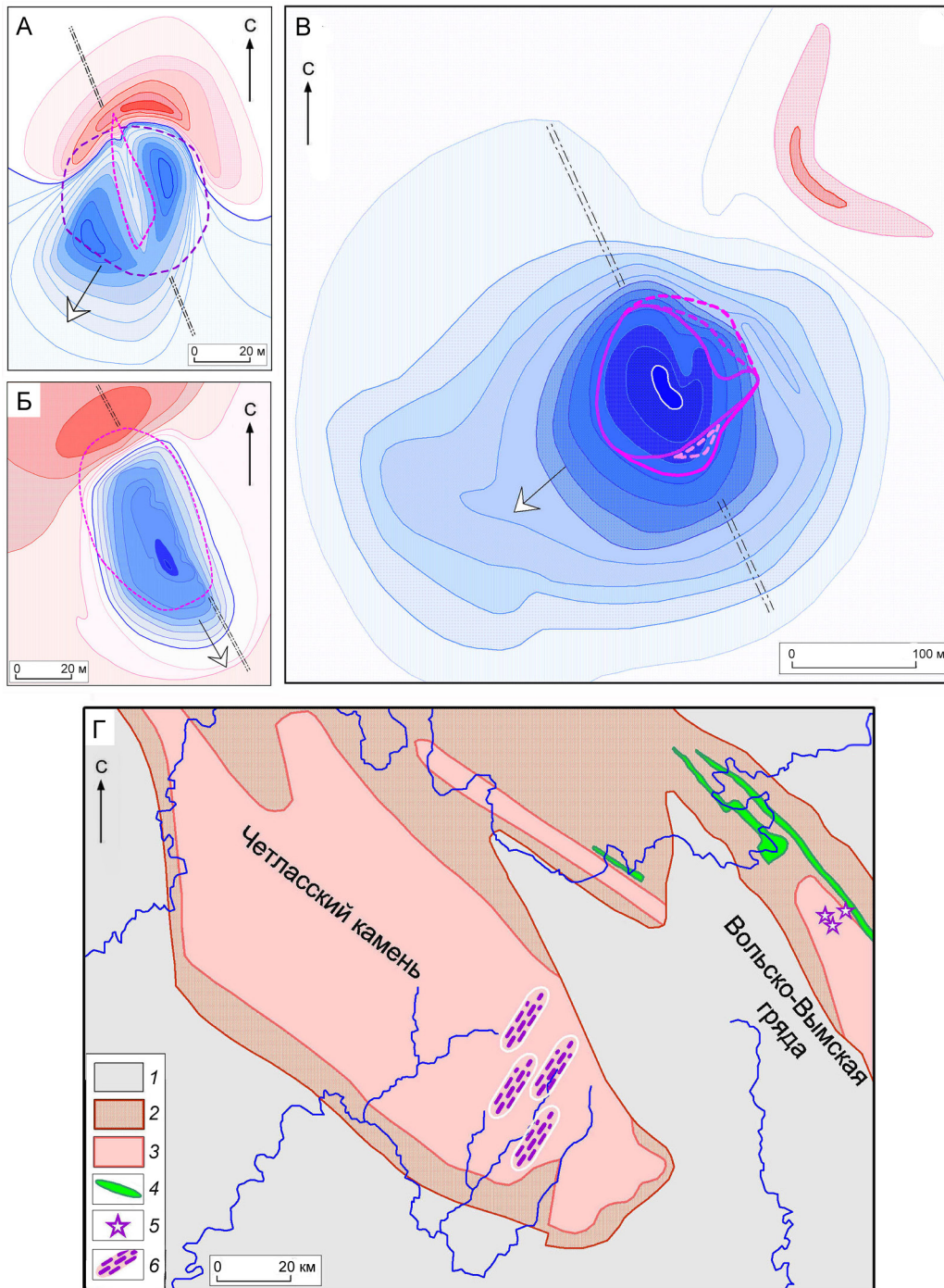


Рис. 7. Характер элементов залегания разновозрастных основных и ультраосновных пород Среднего Тимана: А–В – карты изолиний аномального магнитного поля трубок взрыва Умбинского района Среднего Тимана: А – Водораздельная, Б – Среднинская, В – Умбинская (стрелкой показано направление склонения трубок, двойной штрихпунктирной линией – направление удлинения вулканических тел); Г – схема геологического строения Среднего Тимана [4]: отложения: 1 – карбона, 2 – девона, 3 – рифея; девонские: 4 – базальты и 5 – кимберлитовые трубки Умбинского района; 6 – поля венд-кембрийских даек и штоков щелочных пикритов и ультраосновных лампрофиров

как считалось ранее), а простираение длинных осей линейных элементов этих трубок – как ССЗ. Эти элементы залегания были совершенно нехарактерны для щелочно-ультраосновных магматических тел позднебайкальского этапа активизации (венд–кембрий), известных на Четласском Камне, и, напротив, были обычны для магматических проявлений (базальтов) раннегерцинского этапа активизации региона (девон–карбон) (см. рис. 7, Г). Это противоречило устоявшемуся мнению о венд-кембрийском возрасте трубок кимберлитов Умбинского района и вызвало необходимость подтверждения определением реального абсолютного возраста этих трубок. Измерения, проведённые К-Аг методом, показали, что наиболее вероятный возраст образования кимберлитовых трубок Среднего Тимана – средний девон, эйфель [13, 15] (а по современным параметрам Международной геохронологической шкалы – это уже низы позднего девона!). Это было первое *реальное* определение девонского возраста кимберлитов Русской платформы, а определение в дальнейшем девонского же возраста вулканических трубок Зимнего Берега (в том числе месторождений алмазов им. М. В. Ломоносова и им. В. Гриба) [2, 11, 13], мелилититов Онежского полуострова [12], мелилититов и кимберлитов Терского Берега Кольского полуострова [6], щелочных пикритов Жлобинского поля в Белоруссии [23] подтвердило значение раннегерцинского, девонского этапа тектоно-магматической активизации как наиболее важного в отношении кимберлитового (в том числе алмазоносного) и родственного ему вулканизма Русской платформы.

Петрологические предпосылки. В отличие от Якутской алмазоносной провинции, в южных районах которой кимберлитовый (в том числе и алмазоносный) магматизм вполне однороден по составу и не сопровождается проявлениями родственного щелочно-ультраосновного магматизма (мелилититами, щелочными пикритами и др.), магматизм Архангельской алмазоносной провинции на Севере Русской платформы чрезвычайно разнообразен по составу и типам пород, для него характерна тесная пространственно-временная связь кимберлитового (в том числе и алмазоносного) вулканизма с мелилититовым, пикритовым и даже базальтовым вулканизмом. В целом для всех районов раннегерцинского вулканизма севера Русской платформы характерно широкое разнообразие кимберлитовых пород, обра-

зующих в каждом районе дифференцированные по уменьшению степени ультраосновности магматические серии: кимберлиты – киммелилиты (кимпикриты) – беспироксеновые оливиновые мелилититы (беспироксеновые щелочные пикриты) – мелилититы (щелочные пикриты) [11, 14, 17, 18, 25]. Следствием этого служит присутствие близкорасположенных вулканических объектов с резко различающимися признаками, в том числе и содержанием алмазов. Однако, несмотря на сближенность в пространстве до 2–4 км, ни в одном из этих районов не отмечалось совмещения в одной трубке (т. е. в едином вулканическом комплексе) фаз внедрения (столбов, тел), образованных разными типами пород из ряда дифференцированной магматической серии. Это не позволяло уверенно говорить об их генетической связи наряду с отчётливо проявленной и очевидной пространственно-временной связью кимберлитового и родственного ему магматизма.

Возможно, отсутствие выявления подобных совмещений разных типов пород в едином вулканическом комплексе связано с относительно редкой сетью буровых скважин на большинстве трубок. В то же время необычно густая сеть разведочных скважин на трубке Умбинская (20 × 20 м, см. выше) позволила выявить тонкие детали геологического строения и условий образования этой кимберлитовой трубки как вероятной «модели» строения кимберлитовых трубок Умбинского района Среднего Тимана и Севера Русской платформы в целом.

По результатам детального изучения геологического строения и вещественного состава пород, в вулканическом комплексе трубки Умбинская совместились в пространстве кимберлитовые породы разных петрологических типов трёх последовательных фаз внедрения [15] (рис. 8, А, Б): 1-я фаза – собственно кимберлиты, а также породы промежуточного типа между кимберлитами и родственными им породами (мелилититами и пикритами [9, 14]); 2-я фаза – кимпикриты и 3-я фаза – киммелилиты. Кимберлиты 1-й фазы (лавы или «порфиновые кимберлиты») резко выделяются почти на порядок более крупными размерами и повышенным содержанием глубинного, мантийного материала (макрокристов оливина-1, деформированного флогопита-1, пиропы, пикроильменита, хромшпинелида, включений эклогитов) (см. рис. 8, В). В породах 2-й и 3-й фазы внедрения (ксенотуффизитах или «автолитовых брек-

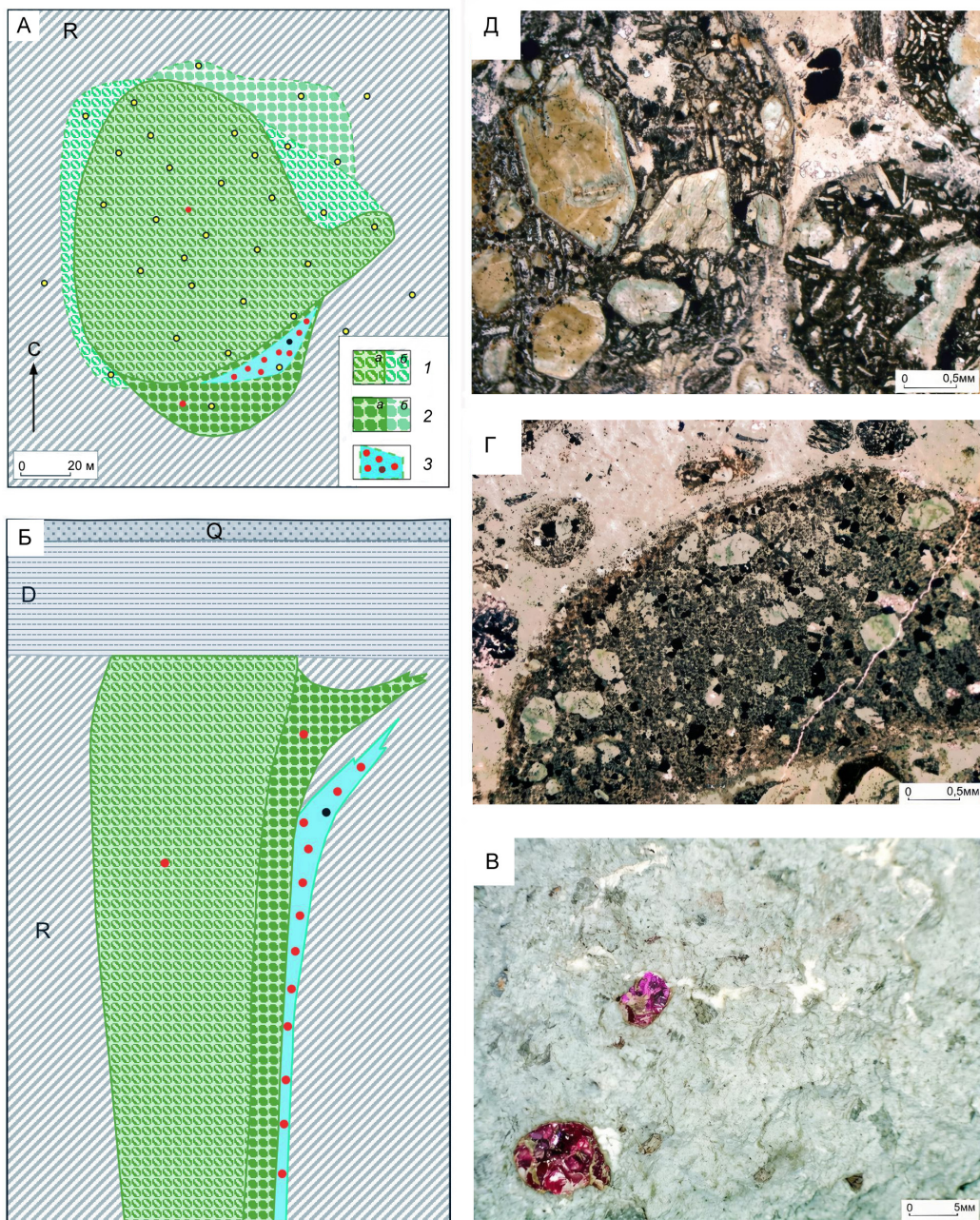


Рис. 8. Взаимоотношения и характерные петрографические особенности разных петрологических типов кимберлитовых пород в пределах одного вулканического аппарата трубки Умбинская (Умбинский район Среднего Тимана):

А – схематический геологический план трубки Умбинская (со снятыми перекрывающимися отложениями): фазы внедрения: 1 – первая, лава крупнопорфировых кимберлитов («порфировый кимберлит») с очень высоким содержанием мантийного материала, 2 – вторая, ксенотуффизит кимпикритов, 3 – третья, ксенотуффизит («автолитовая брекчия») киммелилититов (вулканические тела: а – выходящие на палеоповерхность, б – под «козырьком» вмещающих пород рифея); жёлтыми точками показаны устья буровых скважин (использованы данные Ухтинской ГРЭ); Б – схематический геологический разрез трубки Умбинская; фазы внедрения: В – первая, лава крупнопорфировых кимберлитов (рассеянный свет), Г – вторая, ксенотуффизит кимпикритов (проходящий свет, николи II), Д – третья, ксенотуффизит киммелилититов (проходящий свет, николи II)

чиях» кимпикритов и киммелилититов, соответственно) содержание глубинного материала почти одинаковое, низкое до умеренного, между ними проявляются в основном петрографические различия. Во включениях киммелилититов 3-ей фазы по сравнению с включениями кимпикритов 2-й фазы заметно повышена степень окристаллизованности пород литокластов («лапиллей»), что проявляется в увеличении размеров и содержания фенокристов оливина-2, широком развитии микролитов мелилита в основной массе породы и, соответственно, уменьшении доли апостекловатой основной массы (см. рис. 8, Г, Д). Вероятно, это связано с временным перерывом между внедрением 2-й и 3-й фазы вулканического материала, в течение которого в промежуточном магматическом очаге продолжался рост кристаллов оливина-2 и происходила кристаллизация из расплава микролитов мелилита. В данном локальном и редком случае чётко фиксируется постепенное, последовательное (хотя и поэтапное) уменьшение в кимберлитовых породах доли глубинного (мантийного) материала с соответствующим увеличением доли продуктов кристаллизации кимберлитового расплава, что ранее отмечалось как основной и яркий визуальный признак дифференциации кимберлитового расплава, но наблюдаемый обычно лишь в породах разных трубок одной кимберлитовой серии [11, 14, 18, 25]. При этом, несмотря на заметные петрографические различия вулканических пород трёх фаз внедрения и серьёзные различия содержания в них фрагментов глубинного материала, набор типов мантийных пород и минералов, а также химический состав мантийных минералов в породах всех трёх фаз внедрения совершенно одинаков, что может указывать на происхождение всех типов вулканических пород трубки Умбинская из единого мантийного источника. Это, в свою очередь, позволяет сделать вывод о существовании не только отчётливо проявленной и вполне очевидной пространственно-временной связи кимберлитового и родственного ему магматизма, но об их генетической связи. Поэтому родственные кимберлитам породы – беспироксеновые оливинные мелилититы и беспироксеновые щелочные пикриты – могут являться индикаторами потенциального присутствия в районе генетически с ними связанных кимберлитов, в том числе (при благоприятных условиях) и алмазоносных кимберли-

тов. Петрологические поисковые предпосылки должны шире использоваться в прогнозных построениях разного масштаба наряду с геофизическими, тектоническими, минералогическими и др.

Заключение. Огромный объём разведочных пересечений при разведке и разработке геологических объектов в настоящее время используется только для уточнения параметров будущей или уже происходящей добычи полезных ископаемых (сырья или т.н. «природных ресурсов») с целью их продажи и в конечном счёте извлечения максимальной прибыли от «освоения» месторождения. При этом ценнейший для науки и повышения эффективности поисковых работ на алмазы геологический материал безвозвратно, невосполнимо и неотвратно уходит в хвосты обогащения (в смысле – «обогачительной фабрики») без сколько-нибудь заметного попутного извлечения важнейшей для науки и практики информации.

Вместе с тем дополнительное и попутное всестороннее изучение геологического строения и вещественного состава детально разбуренных на всех этапах геолого-разведочных работ кимберлитовых трубок разных районов позволяет использовать некоторые выявленные их особенности как дополнительные поисковые предпосылки при выборе наиболее перспективных участков, уточнения «образа» вероятного отражения искомого магматического объекта в наблюдаемых геофизических полях, уточнения направления перемещения кимберлитового материала, выброшенного на палеоповерхность Земли, уточнения возраста внедрения трубок, корректного выделения обособленных рудных столбов и разведочных блоков, а также выявления косвенных признаков возможного присутствия в районе проявлений кимберлитового (в том числе и алмазоносного) магматизма и др. Такое обоснованное уточнение, дополнение критериев прогноза и методики проведения поисковых, разведочных и добычных работ может привести к повышению их эффективности при минимальных дополнительных затратах. Примером эффективности такого уточнённого прогноза, основанного на детальном изучении всех магматических объектов Зимнебережного района, может служить рекомендация 1990 г. к первоочередным поискам неизвестного тогда в районе типа пород – алмазоносных кимберлитов Fe-Ti-серии (с пикроильменитом, с немаг-

нитными туффизитами кимберлитов в жерле и с мощной кратерной частью), реализованная открытием в 1996 г. трубки именно такого строения, состава и алмазности – трубки им. В. Гриба [2, 17].

В связи с этим вполне очевидно, что научное сопровождение геологопоисковых, геологоразведочных и геологодобывных работ – совершенно необходимый элемент общей производственной деятельности в геологической отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будкина Л. И. Предварительные результаты изучения глубинных включений кимберлитовых трубок // Труды ЦНИГРИ. – 1987. – Вып. 218. – С. 41–45.
2. Веричев Е. М., Саблуков С. М., Саблукова Л. И., Журавлёв Д. З. Новый тип алмазоносных кимберлитов Зимнего Берега (Архангельская алмазоносная провинция) // Докл. РАН. – 1999. – Т. 368, № 2. – С. 226–229.
3. Зинчук Н. Н., Бондаренко А. Т., Гарат М. Н. Петрофизика кимберлитов и вмещающих пород. – М. : Недра-Бизнесцентр, 2002. – 695 с.
4. Ивенсен Ю. П. Магматизм Тимана и полуострова Канин. – М.–Л. : Наука, 1964. – 144 с.
5. Игнатов П. А., Бушков К. Ю., Толстов А. В., Яныгин Ю. Т. Картирование скрытых сдвиговых кимберлитоконтролирующих структур в Накынском поле // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях : Материалы конференции, посвящённой 40-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. – С. 325–332.
6. Калинин М. М., Арзамасцев А. А., Поляков И. В. Кимберлиты и родственные породы Кольского региона // Петрология. – 1993. – Т. 1, № 2. – С. 205–214.
7. Каминский Ф. В. Щёлочно-базальтоидные брекчии Онежского полуострова // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1976. – № 7. – С. 50–59.
8. Каминский Ф. В., Клюев Ю. А., Константиновский А. А., Пиотровский С. В., Сочнева Э. Г., Южаков В. М. Признаки алмазности щелочных базальтоидов Севера Русской платформы // Докл. АН СССР. – 1975. – Т. 222, № 4. – С. 939–941.
9. Милашев В. А. Термин «кимберлит» и классификация кимберлитовых пород // Геология и геофизика. – 1963. – № 4. – С. 42–52.
10. Пенделяк Р. Н., Морозов А. В., Могутова В. А. Геологическое строение трубки им. В.П. Гриба и её индикаторные особенности в геофизических полях // Отечественная геология. – 2019. – № 5. – С. 53–59.
11. Саблуков С. М. Вулканизм Зимнего Берега и петрологические критерии алмазности кимберлитов : автореф. дис. ...канд. геол.-мин. наук. – М. : ЦНИГРИ, 1995. – 24 с.
12. Саблуков С. М. К вопросу о фазах формирования и возрасте трубок взрыва Онежского полуострова // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 277, № 1. – С. 168–170.
13. Саблуков С. М. О возрасте трубок взрыва ультраосновных пород // Труды ЦНИГРИ. – 1987. – Вып. 218. – С. 24–27.
14. Саблуков С. М. О петрохимических сериях кимберлитовых пород // Доклады АН СССР. – 1990. – Т. 313, № 4. – С. 935–939.
15. Саблуков С. М., Дудар Л. П., Довжикова Е. Г., Фишман М. В. Фазы формирования и возраст кимберлитовых трубок Среднего Тимана // Труды ЦНИГРИ. – 1983. – Вып. 182. – С. 64–74.
16. Саблуков С. М., Саблукова Л. И. Взаимоотношения кимберлитового и базальтового магматизма в трубке Нюрбинская (Накынское поле, Якутия) // Геодинамика и тектонофизика. – 2022. – Т. 13, № 4. – С. 1–7.
17. Саблуков С. М., Саблукова Л. И. Некоторые новые «штрихи к портрету магматизма Зимнебережного кимберлитового района Архангельской алмазоносной провинции (XXI век, первая четверть) // Отечественная геология. – 2025. – № 1. – С. 58–78.
18. Саблуков С. М., Саблукова Л. И. Система раннегерцинского кимберлитового магматизма Севера Русской платформы как основа для диагностики пород и оценки их потенциальной алмазности // Материалы научно-практической конференции, посвящённой 50-летию открытия первой алмазоносной кимберлитовой трубки «Зарница» : Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее (Алмазы-50)». МПР РФ, ВСЕГЕИ, «АЛРОСА». – СПб. : ВСЕГЕИ, 2004. – С. 288–291.
19. Саблуков С. М., Саблукова Л. И., Белов А. В. Щелочной ультраосновной магматизм Нёнокского поля Онежского полуострова – отражение плюмовых и субдукционных процессов Беломорского региона (Архангельская алмазоносная провинция) // Труды X Международного Семинара «Глубинный магматизм, его источники и плюмы» (г. Судак). – Иркутск : Изд-во. Института географии СО РАН, 2010. – С. 157–186.
20. Сеницын А. В., Станковский А. Ф., Данилов М. А. Кимберлитоподобные эруптивные брекчии Нё-

ноксы и перспективы алмазоносности севера Русской платформы // Состояние и перспективы расширения минерально-сырьевой базы Северо-Запада РСФСР. – Л. : Недра, 1973. – С. 292–301.

21. *Соболев Н. В.* Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. – Новосибирск : Наука, 1974. – 264 с.
22. *Станковский А. Ф., Данилов М. А., Гриб В. П., Синицын А. В.* Трубки взрыва Онежского полуострова // Советская геология. – 1973. – № 8. – С. 69–79.
23. *Штефан Л. В.* Петрология щелочно-ультраосновного магматизма Жлобинского поля (Беларусь) в связи с его возможной алмазоносностью : специаль-

ность 04.00.08 «Петрология, вулканология» : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Лариса Васильевна Штефан. – Минск, 2000. – 21 с.

24. *Шутов Б. С., Смирнов Ю. Д., Лукьянова Л. И., Михайловская Л. Н.* Краткая минералого-петрографическая характеристика кимберлитов Среднего Тимана // Записки Всесоюзного Минералогического Общества. – 1983. – Ч. 112, Вып. 4. – С. 436–443.
25. *Sablukov S. M.* Petrochemical series of kimberlite rocks of Arkhangelsk province // Sixth International Kimberlite Conference : Extended abstracts. – Novosibirsk, 1995. – P. 481–483.

REFERENCES

1. *Budkina L. I.* Predvaritel'nyye rezultaty izucheniya glubinnykh vklucheniyy kimberlitovykh trubok [Preliminary results of the study of deep inclusions of kimberlite pipes], Trudy TSNIGRI, 1987, Is. 218, pp. 41–45. (In Russ.)
2. *Verichev Ye. M., Sablukov S. M., Sablukova L. I., Zhuravlov D. Z.* Novyy tip almazonosnykh kimberlitov Zimnego Berega (Arkhangel'skaya almazonosnaya provintsiya) [New type of diamond-bearing kimberlites of the Winter Coast (Arkhangelsk diamond-bearing province)], Dokl. RAN, 1999, V. 368, No. 2, pp. 226–229. (In Russ.)
3. *Zinchuk N. N., Bondarenko A. T., Garat M. N.* Petrofizika kimberlitov i vmeshchayushchikh porod, Moscow, Nedra-Biznesssentr publ., 2002, 695 p. (In Russ.)
4. *Ivensen Yu. P.* Magmatizm Timana i poluostrova Kanin [Magmatism of Timan and the Kanin Peninsula], Moscow-Leningrad, Nauka publ., 1964, 144 p. (In Russ.)
5. *Ignatov P. A., Bushkov K. Yu., Tolstov A. V., Yanygin Yu. T.* Kartirovaniye skrytykh sdvigovykh kimberlitokontroliruyushchikh struktur v Nakynskom pole [Mapping of hidden shear kimberlite-controlling structures in the Nakyn field], Materialy konferentsii, posvyashchonnoy 40-letiyu YANIGP TSNIGRI AK ALROSA. – Yakutsk, YANTS SO RAN publ., 2008, pp. 325–332. (In Russ.)
6. *Kalinkin M. M., Arzamastsev A. A., Polyakov I. V.* Kimberlity i rodstvennyye porody Kol'skogo regiona [Kimberlites and related rocks of the Kola region], Petrologiya, 1993, V. 1, No. 2, pp. 205–214. (In Russ.)
7. *Kaminskiy F. V.* Shcholochno-bazal'toidnyye brekchii Onezhskogo poluostrova [Alkaline-basaltoid breccias of the Onega Peninsula], Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya, 1976, No. 7, pp. 50–59. (In Russ.)
8. *Kaminskiy F. V., Klyuyev Yu. A., Konstantinovskiy A. A., Piotrovskiy S. V., Sochneva E. G., Yuzhakov V. M.* Priznaki almazonosnosti shchelochnykh bazal'toidov Severa Russkoy platformy [Evidence of diamond potential in alkaline basaltoids of the Northern Russian Platform], Doklady AN SSSR, 1975, V. 222, No. 4, pp. 939–941. (In Russ.)
9. *Milashev V. A.* Termin «kimberlit» i klassifikatsiya kimberlitovykh porod [The term “kimberlite” and classification of kimberlite rocks], Geologiya i geofizika, 1963, No. 4, pp. 42–52. (In Russ.)
10. *Pendelyak R. N., Morozov A. V., Mogutova V. A.* Geologicheskoye stroyeniye trubki im. V.P. Griba i yeyo indikatornyye osobennosti v geofizicheskikh polyakh [Geological structure of the V. P. Grib pipe and its indicator features in geophysical fields], Otechestvennaya geologiya, 2019, No. 5, pp. 53–59. (In Russ.)
11. *Sablukov S. M.* Vulkanizm Zimnego Berega i petrologicheskiye kriterii almazonosnosti kimberlitov [Volcanism of the Winter Coast and petrological criteria for diamond potential of kimberlites], Moscow, TSNIGRI publ., 1995, 24 p. (In Russ.)
12. *Sablukov S. M.* K voprosu o fazakh formirovaniya i vozraste trubok vzryva Onezhskogo poluostrova [On the question of the phases of formation and age of the eruption pipes of the Onega Peninsula], Doklady AN SSSR, 1984, V. 277, No. 1, pp. 168–170. (In Russ.)
13. *Sablukov S. M.* O vozraste trubok vzryva ul'traosnovnykh porod [On the age of volcanic vents in ultrabasic rocks], Trudy TSNIGRI, 1987, Is. 218, pp. 24–27. (In Russ.)
14. *Sablukov S. M.* O petrokhimicheskikh seriyakh kimberlitovykh porod [On petrochemical series of kimberlite rocks], Doklady AN SSSR, 1990, V. 313, No. 4, pp. 935–939. (In Russ.)

15. *Sablukov S. M., Dudar L. P., Dovzhikova E. G., Fishman M. V.* Fazy formirovaniya i vozrast kimberlitovykh trubok Srednego Timana [Formation phases and age of kimberlite pipes of the Middle Timan], Trudy TSNIGRI, 1983, Is. 182, pp. 64–74. (In Russ.)
16. *Sablukov S. M., Sablukova L. I.* Vzaimootnosheniya kimberlitovogo i bazalt'ovogo magmatizma v trubke Nyurbinskaya (Nakynskoye pole, Yakutiya) [Relationships between kimberlite and basalt magmatism in the Nyurbinskaya pipe (Nakyn field, Yakutia)], Geodinamika i tektonofizika, 2022, V. 13, No. 4, pp. 1–7. (In Russ.)
17. *Sablukov S. M., Sablukova L. I.* Nekotoryye novyye «shtrikhi k portretu magmatizma Zimniberezhnogo kimberlitovogo rayona Arkhangel'skoy almazonosnoy provintsii (XXI vek, pervaya chetvert') [Some new “strokes to the portrait of magmatism of the Zimniberezhny kimberlite region of the Arkhangel'sk diamondiferous province (XXI century, first quarter)], Otechestvennaya geologiya, 2025, No. 1, pp. 58–78. (In Russ.)
18. *Sablukov S. M., Sablukova L. I.* Sistema rannegertsinskogo kimberlitovogo magmatizma Severa Russkoy platformy kak osnova dlya diagnostiki porod i otsenki ikh potentsial'noy almazonosnosti [The system of early Hercynian kimberlite magmatism in the Northern Russian Platform as a basis for diagnosing rocks and assessing their potential diamond content], Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchonnoy 50-letiyu otkrytiya pervoy almazonosnoy kimberlitovoy trubki «Zarnitsa», Effektivnost' prognozirovaniya i poiskov mestorozhdeniy almazov: proshloye, nastoyashcheye i budushcheye (Almazy-50), St. Petersburg, VSEGEI publ., 2004, pp. 288–291. (In Russ.)
19. *Sablukov S. M., Sablukova L. I., Belov A. V.* Shchelochnoy ul'traosnovnoy magmatizm Nonokskogo polya Onezhskogo poluostrova – otrazheniye plyumovykh i subduktsionnykh protsessov Belomorskogo regiona (Arkhangel'skaya almazonosnaya provintsia) [Alkaline ultrabasic magmatism of the Nenok field of the Onega Peninsula – a reflection of plume and subduction processes of the White Sea region (Arkhangel'sk diamondiferous province)], Trudy X Mezhdunarodnogo Seminara «Glubinnyy magmatizm, yego istochniki i plyumy» (g. Sudak), Irkutsk, Institut geografii SO RAN publ., 2010, pp. 157–186. (In Russ.)
20. *Sinitsyn A. V., Stankovskiy A. F., Danilov M. A.* Kimberlitopodobnyye eruptivnyye brekchii Nonoksa i perspektivy almazonosnosti severa Russkoy platformy [Kimberlite-like eruptive breccias of Nyonoksa and diamond potential in the north of the Russian platform], Sostoyaniye i perspektivy rasshireniya mineral'no-syr'yevoy bazy Severo-Zapada RSFSR, Leningrad, Nedra publ., 1973, pp. 292–301. (In Russ.)
21. *Sobolev N. V.* Glubinnyye vklucheniya v kimberlitakh i problema sostava verkhney mantii [Deep inclusions in kimberlites and the problem of the composition of the upper mantle], Novosibirsk, Nauka publ., 1974, 264 p. (In Russ.)
22. *Stankovsky A. F., Danilov M. A., Grib V. P., Sinitsyn A. V.* Trubki vzryva Onezhskogo poluostrova [Explosion pipes of the Onega Peninsula], Sovetskaya geologiya, 1973, No. 8, pp. 69–79. (In Russ.)
23. *Shtefan L. V.* Petrologiya shchelochno-ul'traosnovnogo magmatizma Zhlobinskogo polya (Belarus') v svyazi s yego vozmozhnoy almazonosnost'yu [Petrology of alkaline-ultramafic magmatism of the Zhlobin field (Belarus) in connection with its possible diamond potential], Minsk, 2000, 21 p. (In Russ.)
24. *Shutov B. S., Smirnov Yu. D., Luk'yanova L. I., Mikhaylovskaya L. N.* Kratkaya mineralogo-petrograficheskaya kharakteristika kimberlitov Srednego Timana [Brief mineralogical and petrographic characteristics of kimberlites of the Middle Timan], Zapiski Vsesoyuznogo Mineralogicheskogo Obshchestva, 1983, Pt. 112, Is. 4, pp. 436–443. (In Russ.)
25. *Sablukov S. M.* Petrochemical series of kimberlite rocks of Arkhangel'sk province. Sixth International Kimberlite Conference, Extended abstracts, Novosibirsk, 1995, pp. 481–483.

Статья поступила в редакцию 18.02.26; одобрена после рецензирования 08.04.26; принята к публикации 08.04.26.
The article was submitted 18.02.26; approved after reviewing 08.04.26; accepted for publication 08.04.26.