

Некоторые новые «штрихи к портрету» магматизма Зимнебережного кимберлитового района Архангельской алмазоносной провинции (XXI век, первая четверть)

Аннотация. В 80-90-е годы XX века было установлено, что различные по составу проявления позднедевонского магматизма Зимнебережного района образуют закономерную систему, в которую входят две полные серии кимберлитовых пород (глинозёмистая и железо-титанистая) и базальты. Открытые в XXI в. новые магматические тела добавили важные «штрихи» к уже известным особенностям петрологического типа, возраста, геологического строения и вещественного состава магматических объектов.

Ключевые слова: кимберлиты, пикриты, лампрофиры венда, система магматизма, Архангельская область, Зимний Берег.

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

САБЛУКОВА ЛЮДМИЛА ИВАНОВНА, коммерческий директор, lsablukova@rambler.ru

Общество с ограниченной ответственностью Инновационная научно-производственная компания «РУСГЕО» (ООО ИНПК «РУСГЕО»), г. Москва

Some new "strokes to the portrait" of magmatism of the zimneberezhny kimberlite area of the Arkhangelsk diamond-bearing province (XXI century, first quarter)

S. M. SABLUKOV, L. I. SABLUKOVA

Limited Liability Company Innovative scientific and production Company "(RUSGEO Limited)", Moscow

Annotation. In the 80^s – 90^s of the 20th century, it was established that the manifestations of the late Devonian magmatism of the Zimneberezhny district, diverse in composition, form a regular system, which includes two complete series of kimberlite rocks (alumina and iron-titanium) and basalts. New magmatic bodies discovered in the 21st century added important "strokes" to the already known features of the petrological type, age, geological structure and material composition of magmatic bodies.

Key words: kimberlites, picrites, Vendian lamprophyres, magmatic system, Arkhangelsk region, Zimny Bereg.

Изучение глубинного вещества верхней мантии (в том числе и как единственного реального на сегодняшний день первичного источника разрабатываемых коренных месторождений алмаза) всегда вызывало повышенный интерес у геологов. При этом для *непосредственного* изучения вещественного состава *реальных* мантийных пород можно использовать только глубинные включения («мантийные ксенолиты»), которые выносятся из глубины на поверхность Земли кимберлитовая магма, образуя жерла древних вулканов – кимберлитовые трубки. Фрагменты мантийных пород в кимберлитовых трубках весьма неоднородны по внешнему облику, строению, веще-

ственному составу и глубине образования (судя по расчётам температуры и давления формирования их минеральных парагенезисов). В 1984 г. академик Алексей Александрович Маракушев впервые доказал, что мантийные породы (ксенолиты в кимберлитах) образуют две закономерные магматические (*плутонические*) серии, дифференцированные по степени ультраосновности от дунитов до эклогитов: «магнезиально-глинозёмистую» и «железо-титанистую» [8]. Изучение нами геологического строения и вещественного состава *всех* (около 100) магматических объектов Зимнебережного кимберлитового района Архангельской области позволило сделать вывод о том,

что кимберлитовые породы также образуют две закономерные, но *вулканические* серии, дифференцированные по степени ультраосновности и во многом согласующиеся с двумя плутоническими сериями, выделенными А. А. Маракушевым (рис. 1, Б) [17].

Зимнебережный район – уникальный объект для изучения кимберлитового магматизма, поскольку здесь в пределах одного района на площади около 10 тыс. км² сконцентрированы самые разнообразные типы кимберлитовых пород, аналоги которых, например в Якутской алмазональной провинции, рассредоточены по разным районам на площади около 1 млн км². Первая кимберлитовая трубка в Зимнебережном районе (Поморская) открыта в январе 1980 г., и уже в 1987 г. нами было установлено, что разнообразные по составу проявления позднедевонского [12, 13, 16] магматизма здесь образуют чёткую, стройную, закономерную систему, в которую входят две серии кимберлитовых пород: «глинозёмистая»¹ (Al-серия, безильменитовая) и «железотитанистая» (Fe-Ti-серия, ильменитовая), а также стоящие особняком, но тоже позднедевонские базальты [12, 17]. Внутри каждой из двух серий (Al-серии и Fe-Ti-серии) кимберлитовые породы образуют закономерные дифференцированные ряды по уменьшению степени ультраосновности от кимберлитов до мелилититов и мелилитовых пикритов (существование подобного непрерывного ряда пород «от кимберлитов до мелилитовых базальтов» для Южной Африки ранее отмечал А. Л. Дю Тойт [4]). Резкие различия между кимберлитовыми породами двух серий проявляются не только в особенностях химического, микроэлементного, минерального составов и наборе мантийных ксенолитов, но и в изотопных характеристиках Nd и Sr (включая eNd , eSr , $tNd_{(DM)}$, $tNd_{(CHUR)}$) и даже, что совершенно неочевидно и неожиданно, по особенностям петрографии и гео-

логического строения вулканических тел! [1, 12, 17, 19, 24, 25]. Изменение вещественного состава пород по уменьшению степени ультраосновности в рядах пород «кимберлиты – киммелилититы (кимпикриты) – беспироксеновые оливиновые мелилититы (беспироксеновые щелочные пикриты)» внутри обеих серий происходит, прежде всего, по уменьшению магнезиальности пород (см. рис. 1, В) и наиболее наглядно за счёт снижения (вплоть до исчезновения) доли ксеноморфных вкрапленников (макрокристов) глубинного оливина «1-й генерации» (от 70 до 0 %) и, соответственно, увеличения доли идиоморфных вкрапленников (фенокристов) магматического оливина и флогопита «2-й и 3-й генерации» (от 1 до 70 %) и апостекловатой основной массы, а также появления и увеличения доли микролитов мелилита, меньше – нефелина (см. рис. 1, А). При этом изменения Nd, Sr-изотопных и некоторых геохимических характеристик внутри ряда пород каждой из двух кимберлитовых серий происходят совершенно по-разному (возникают несколько своеобразных «подсерий») [19, 20, 31] (см. рис. 1, Г, Д), что подчёркивает существенно различное происхождение пород этих серий.

Отчётливые закономерности проявляются не только в характере изменения вещественного состава кимберлитовых пород, но и в симметричном характере расположения разных типов пород по площади района, что отражает петрологическую зональность Зимнебережного района. Использование закономерностей системы раннегерцинского магматизма (рис. 2, А) и схемы петрологической зональности района (см. рис. 2, Б) позволяет не только корректно проводить оперативную диагностику и оценку потенциальной алмазональности пород новых открытых объектов, но и выделять наиболее перспективные поисковые площади и прогнозировать существование ещё неоткрытых типов кимберлитовых пород. Так, если ряд выявленных кимберлитовых пород Al-серии Зимнего Берега (безильменитовых) изначально был законченным, «полным» (от неалмазональных беспироксеновых оливиновых мелилититов Ижемского куста, киммелилититов Чидвинского и Верхотинского кустов до промышленно алмазональных кимберлитов Золотицкого куста – ныне месторождения им. М. В. Ломоносова), то ряд кимберлитовых пород Fe-Ti-серии был «неполным», в нём отсутствовали породы крайней, самой ультраосновной его части – промышленно алмазональные кимберлиты. Это позволило нам в 1990 г. рекомендовать к первоочередным поискам в районе, прежде всего, именно этот

¹ Эти названия вулканических серий кимберлитовых пород соответствуют названиям плутонических серий глубинных пород А. А. Маракушева [8], однако вместо термина «магнезиально-глинозёмистая» нами для кимберлитовых пород предложен термин просто «глинозёмистая», поскольку приставка «магнезиально-» является в данном случае излишней, так как кимберлитовые породы с наибольшей степенью ультраосновности и в той, и в другой серии одинаково высокомагнезиальны, и на классической тройной диаграмме А. А. Маракушева в координатах «MgO – sFeO + TiO₂ – Al₂O₃» [8] (см. рис. 1, Б) тренды изменения состава пород обеих серий начинаются у вершины «MgO» (от среднего состава деплетированной мантии, по [22]) и идут в сторону вершины «Al₂O₃» для одной, «глинозёмистой» серии и в сторону вершины «sFeO + TiO₂» для другой, «железотитанистой» серии).

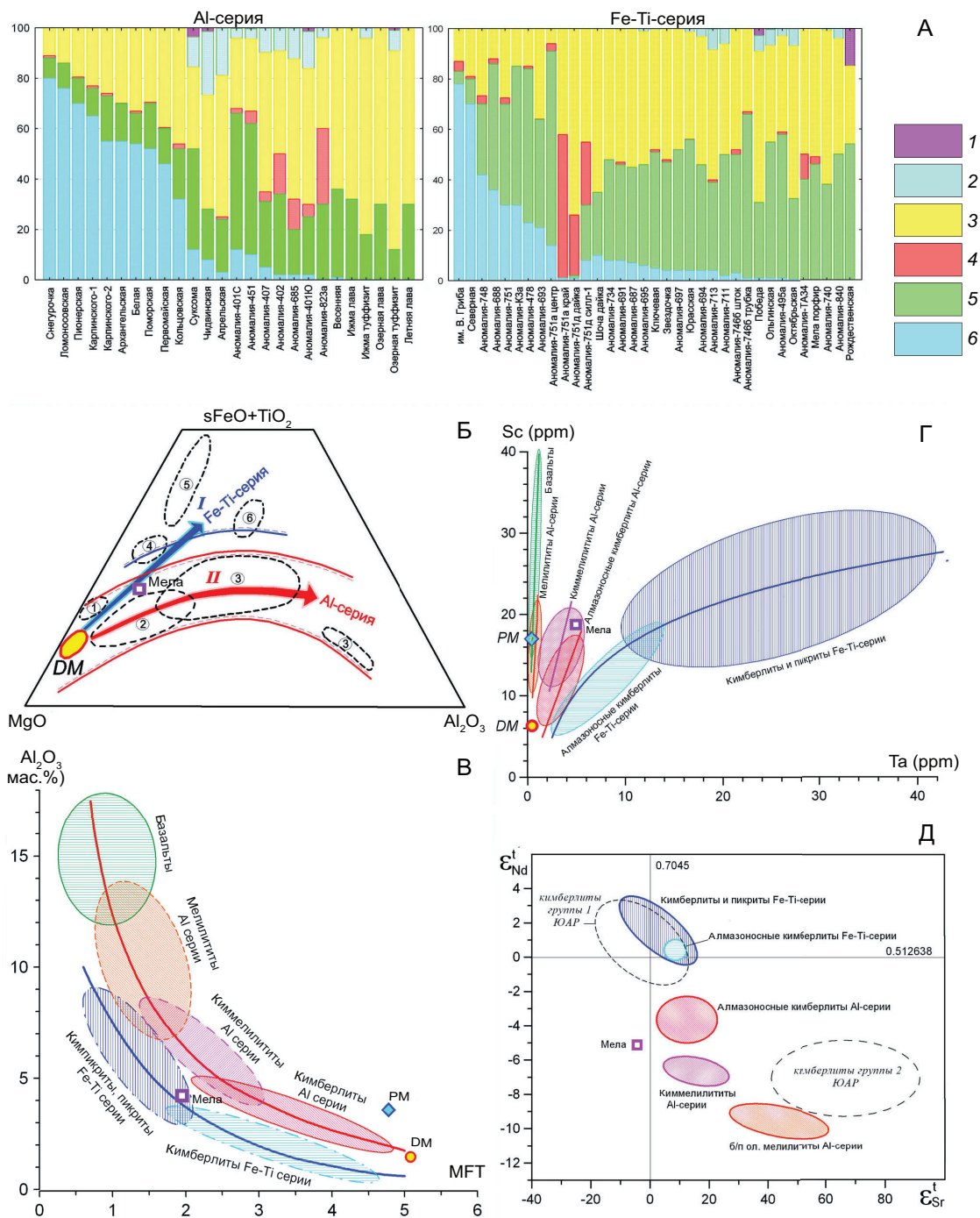


Рис. 1. Составляющие элементы системы раннегерцинского (позднедевонского) магматизма Зимнебережного кимберлитового района. Использованы результаты изучения и анализа только магматической составляющей пород всех объектов, а именно, включений автолитов в вулканокластических породах и вала пород лавового об-лика):

А – закономерные ряды изменения петрографического состава пород трубок и силлов двух кимберлитовых серий района; Б, В – тренды изменения состава кимберлитовых пород двух серий района на петрохимической диаграмме А. А. Маракушева [8, 17] (Б) и на петрохимической диаграмме MFT – Al_2O_3 ($MFT = (sFeO + TiO_2) / MgO$) [19] (В); Г – поля и тренды изменения состава кимберлитовых пород двух серий района на диаграмме Ta – Sc [19, 31]; PM – средний состав «примитивной мантии» [30], DM – состав «деплетированной мантии» [22]; Д – поля изменения Nd-Sr изотопного состава кимберлитовых пород двух серий района [20, 31]; 1 – нефелин; 2 – мелилит; 3 – осн. масса; 4 – флогопит; 5 – оливин-2; 6 – оливин-1

тип пород – кимберлиты Fe-Ti-серии с пикроильменитом (как во всех высокоалмазоносных кимберлитах Якутии в то время), с немагнитными туффизитами («автолитовыми брекчиями») кимберлитов в жерле и с мощной кратерной частью (хотя в то время на Зимнем Берегу все кимберлитовые трубки с пикроильменитом были неалмазоносными или в лучшем случае убогоалмазоносными, вследствие чего большинство геологов относилось к возможным перспективам промышленной алмазоносности такого типа ильменитосодержащих кимберлитовых пород весьма скептически).

Именно такой трубкой, завершающей и делающей полными ряд пород Fe-Ti-серии, и общую систему раннегерцинского (позднедевонского) магматизма Зимнего Берега, стала трубка Аномалия-441, теперь это трубка и месторождение алмазов им. В. Гриба [1]. И именно открытием этой трубки закончился так называемый «трубкопад», когда открывались сразу несколько трубок разного состава в год (за 16 лет с 1980 по 1996 г. были открыты около 60 магматических объектов, то есть в среднем по 3–4 новых объекта ежегодно), причём строение этих трубок было стандартным, близким к классическому. Все обнаруженные после этого уже в первой четверти XXI в. магматические тела разнообразного петрологического типа (около 20 тел разного состава за 29 лет) полностью вписались в систему магматизма и схему петрологической зональности района и лишь добавили некоторые «штрихи» к уже известным особенностям строения и вещественного состава магматических объектов – но очень яркие и важные «штрихи». Некоторые из этих необычных, дополнительных особенностей перечислены в этой статье.

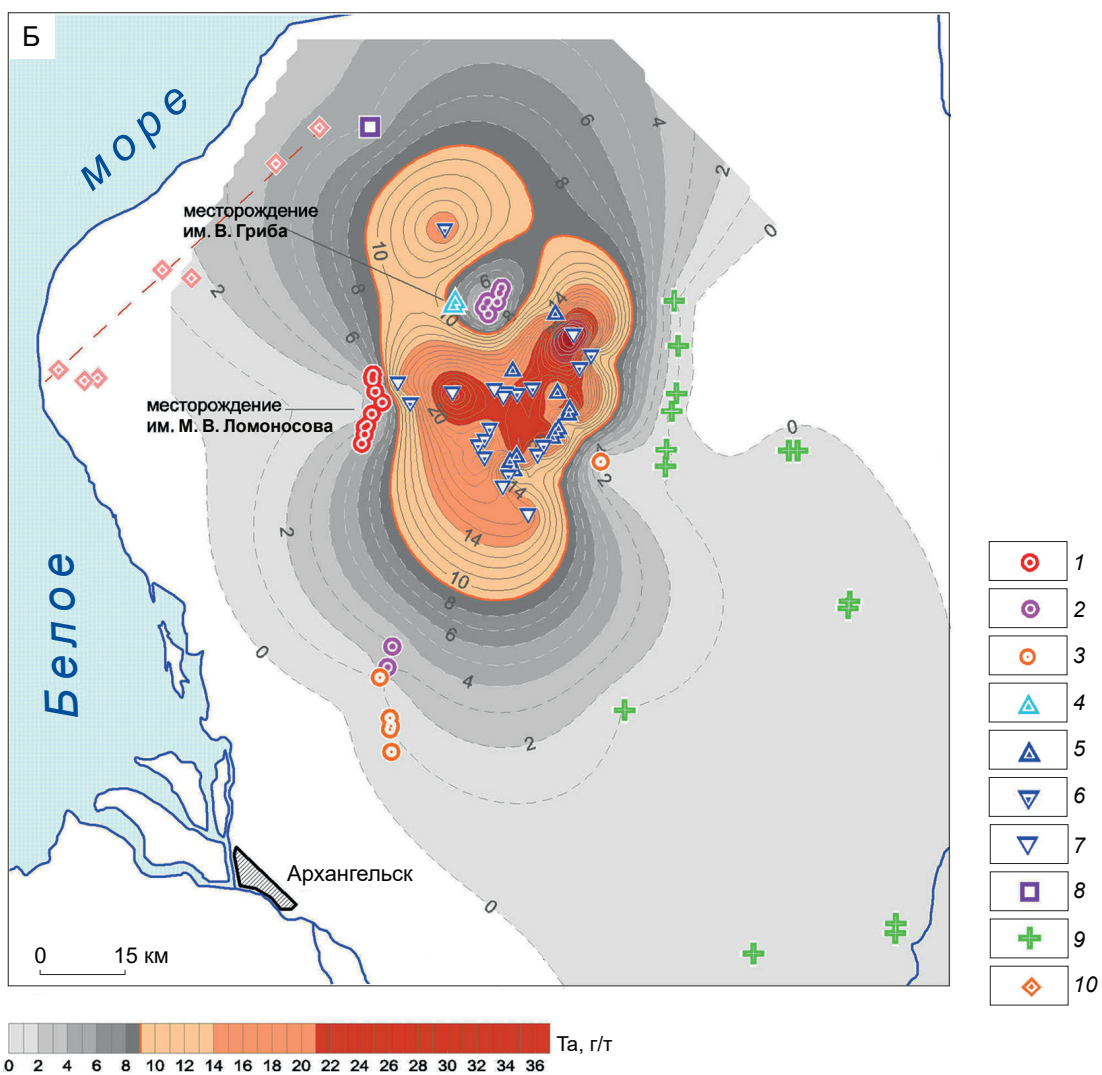
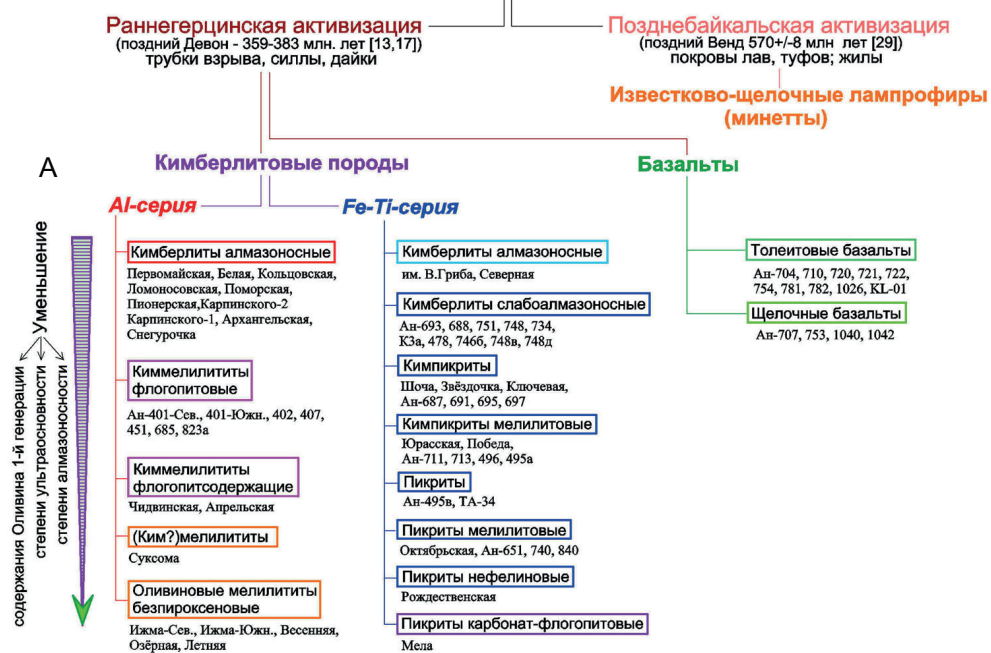
В целом и по сути процесс изучения («исследования») проявлений кимберлитового магматизма (а без него поиски месторождений алмазов неполноценны и невозможны) подобен работе следователя по выявлению и сбору улик, выстраиванию и прослеживанию логической цепочки фактов и событий до достижения искомой цели. В этой работе не бывает «мелочей». Такие факты и события («штрихи»), кажущие иногда, на первый взгляд, мелкими и незначительными, могут не только резко менять существующие представления о вещественном составе и процессах образования кимберлитов, но и дополнять, уточнять особенности строения и геологического развития

территории и даже корректировать направления поисковых работ на алмазы. В качестве иллюстрации можно привести три личных примера по Зимнебережному району.

В мае 1982 г. на базе ТОЭИ ЦНИГРИ (г. Тула) в первом же ящике с пробой ксенотуффитов («ксенотуфобрекчий») кимберлитов из недавно открытой тр. Ломоносовская (второй трубки Зимнебережного района) нами была найдена маленькая (8–9 мм) щепочка обугленной древесины (рис. 3, А), что сразу позволило считать возраст кимберлитов Зимнего Берега не древнее девонского [12, 13, 16], при том, что всеми геологами этот возраст хотя и умозрительно, но совершенно безоговорочно считался тогда венд-кембрийским. В дальнейшем, в 1983–1985 гг. лучшие палеоботаники СССР Сергей Викторович Мейен (ГИН АН СССР) и Наталия Сергеевна Снигиревская (БИН АН СССР) при детальном изучении обнаруженных нами растительных остатков сузили этот возраст до *позднего девона* – ни раньше, ни позже. Такое впервые *достоверно определённое* резкое «омоложение» возраста кимберлитового магматизма позволило перевести в разряд перспективных на поиски месторождений алмазов новые значительные площади на западе СССР (зону Карбонового Уступа, Главное Девонское Поле, Прибалтику), а в 1985 г. в Белорусской ССР были открыты трубки взрыва родственных кимберлитам пород именно *позднедевонского* возраста [28].

В августе 1982 г. при полевых работах на Зимнем Берегу в керне кимберлитовых пород трубки Светлая-Западная (третьей трубки района, теперь это трубка Карпинского-1) нами были найдены редкие мелкие (5–6 мм), невзрачные шарики зонального строения, отличающиеся от вмещающей основной массы породы псаммитового туфа только наличием тонкой тёмной пелитовой оболочки (см. рис. 3, Б). Эти шарики оказались пирокластическими пизолитами, которые образуются при прохождении капель дождя через пепловую тучу во время наземных (аэральных) вулканических извержений [7, 15]. Пирокластические пизолиты, впервые встреченные нами в кимберлитах, не только являются, по сути, единственным непосредственным вещественным доказательством поверхностных извержений древних кимберлитовых вулканов (то есть «несут все петрографические признаки пирокластических пород» [6]), но и осложняют проведение поисковых шлихоминералогических и заверочных буровых

Магматизм Зимнего Берега



работ в районе, поскольку их присутствие указывает на возможный значительный, не определимый ни по объёму, ни по направлению разброс кимберлитового материала на палеоповерхности (широкомасштабное площадное «засорение» выброшенным из жерла кимберлитовым материалом), что могло привести к возникновению в дальнейшем в перекрывающих породах шлиховых ореолов минералов-спутников алмаза формально «ближнего сноса», но без реальной возможности выхода к первоисточнику, а также, возможно, могло привести к маскирующему засорению краевых частей других, соседних трубок материалом иного вещественного состава [12, 14].

В июне 1985 г. при полевых работах на Зимнем Берегу в керне скважин трубок Чидвинская (Ан-Ц214) и Апрельская (Ан-Ц206) нами были обнаружены ксенолиты серых аргиллитов и алевролитов, визуально ничем не отличающиеся от широко распространённых в трубках ксенолитов прорванных терригенных пород венда. Однако в этих ксенолитах были встречены редкие мелкие (3–5 мм) тёмно-коричневые и чёрные овальные включения, которые оказались хитиновыми раковинами беззамковых брахиопод (лингулид и оболид) кембрий-ордовикского возраста (но никак не венда). Изучение специалистами собранной нами коллекции этой фауны показало, что большинство раковин принадлежит к видам и даже родам лингулид и оболид, ранее не описанным в литературе, то есть являющимся эндемиками [12]. Детальный анализ керна скважин других новых трубок разного состава (и кимберлитовых пород А1-серии и Fe-Ti-серии, и базальтов) выявил значительное распространение в них ксенолитов пород раннего палеозоя: терригенных (аргиллитов, алевролитов, глин, гравелитов) и кар-

бонатных (известняков и мергелей), содержащих разнообразную палеофауну позднего кембрия, ордовика и силура – замковые и беззамковые брахиоподы, мшанки, граптолиты. Это указывало на существование в Зимнебережном районе мощных (до 200–300 м) толщ морских отложений раннего палеозоя, эродированных в раннем карбоне и в настоящее время отсутствующих в геологическом разрезе территории, что в значительной степени изменило и уточнило имеющиеся представления о геологическом строении и истории геологического развития территории и сместило на палеогеографических картах границу существования раннепалеозойского морского бассейна на сотни километров к северу.

Таким образом, многолетний опыт проведения работ по детальному изучению весьма разнообразных магматических проявлений Зимнего Берега заставляет внимательно относиться даже к незначительным (на первый взгляд) фактам-дополнениям к уже установленной стройной системе магматизма района. Из наиболее заметных и важных новых дополняющих и уточняющих «штрихов» к системе магматизма, выявленных в первой четверти XXI в., можно отметить следующие.

1. В 2006 г. компанией АО «АЛРОСА-Поморье» *всего в 2 км* к северо-востоку от тр. Ломоносовская (алмазоносные кимберлиты А1-серии) была открыта тр. Рождественская, образованная кимберлитовыми породами Fe-Ti-серии. С открытием этой трубки в систему кимберлитового магматизма Зимнего Берега (см. выше) был добавлен новый, ранее не встречавшийся, крайний тип кимберлитовых пород Fe-Ti-серии с наименьшей степенью ультраосновности – нефелиновые пикриты. Фрагменты магматического материала («автолиты») в ксенотуфобрекциях трубки характеризуются широким развитием в их основной массе псевдоморфоз смектита по нефелину и полным отсутствием псевдоморфоз по микролитам мелилита (см. рис. 3, В, Г). Необычному петрографическому составу пород полностью соответствует и их химический состав, прежде всего – необычно высокое содержание натрия (Na_2O до 2,03 %) при резком преобладании натрия над калием ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ до 5), то есть принадлежность к породам натриевой серии, что ранее отмечалось только для наиболее дифференцированных кимберлитовых пород А1-серии Зимнего Берега – беспироксеновых оливиновых мелилититов (см. рис. 3, Д).

Рис. 2. Система магматизма (А) и схема петрологической зональности Зимнего Берега (Б):

изолиниями показано содержание тантала (г/т) в автолитах трубок и силлах; 1–3 – кимберлитовые породы А1-серии: 1 – алмазоносные кимберлиты, 2 – киммелититы, 3 – беспироксеновые оливиновые мелилититы; 4–8 – кимберлитовые породы Fe-Ti-серии: 4 – алмазоносные кимберлиты, 5 – слабоалмазоносные кимберлиты, 6 – кимпикриты, 7 – пикриты, 8 – пикриты карбонат-флогопитовые (силл Мела); 9 – базальты; 10 – известково-щелочные лампрофиры (минетты) венда

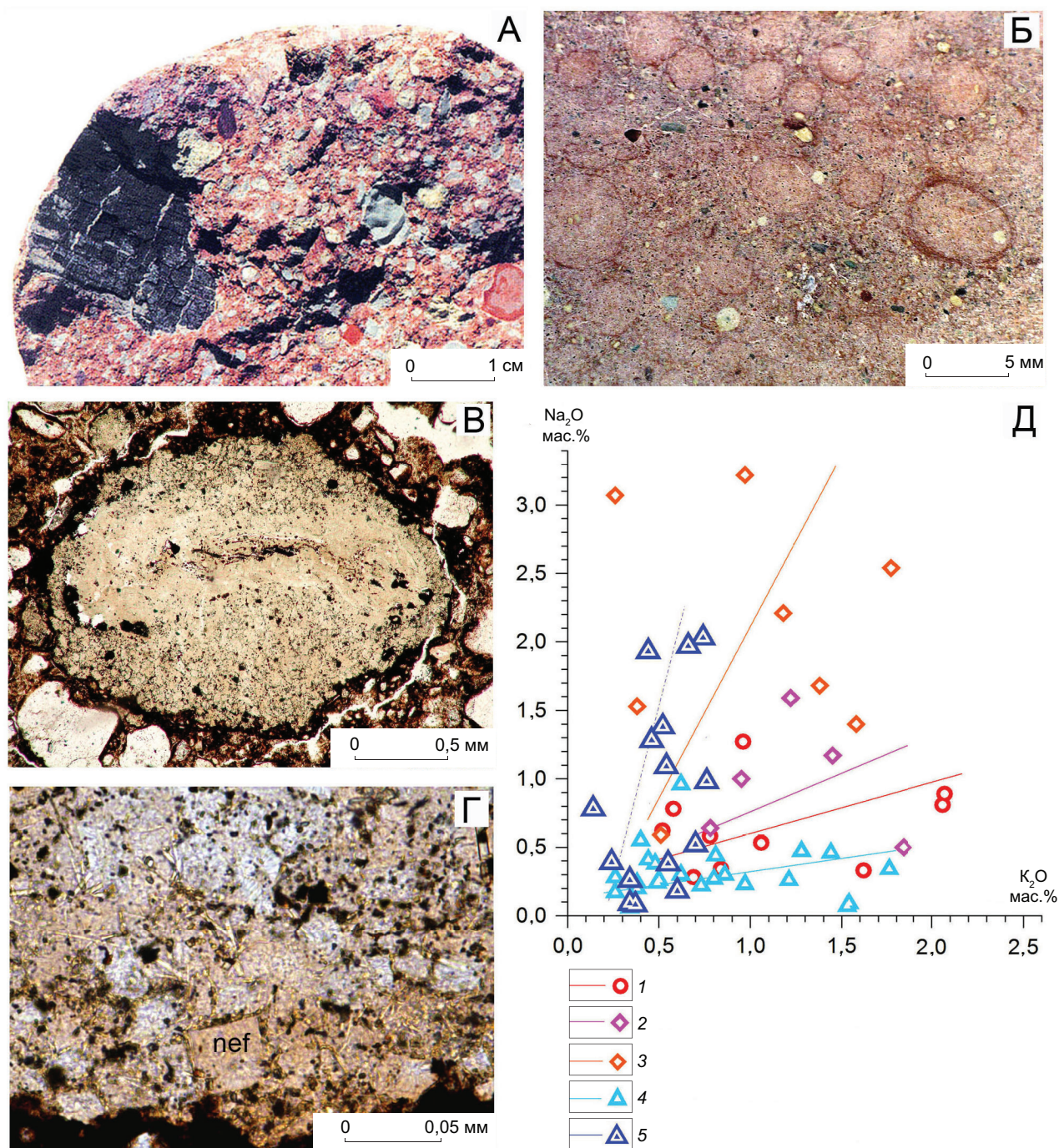


Рис. 3. Примеры важных уточнений общей системы раннегерцинского магматизма Зимнебережного кимберлитового района:

А – включение фрагмента обугленной древесины в ксенотуфитах кимберлитов трубки Карпинского-1 (месторождение им. М. В. Ломоносова); Б – пизолитовая текстура псаммитового туфа кимберлитов кратерной фации трубки Карпинского-1 (месторождение им. М. В. Ломоносова); В, Г, Д – определяющие особенности автолитов нефелиновых пикритов трубки Рождественская: В, Г – петрографический состав (проходящий свет, николи ||), nef – псевдоморфозы сапонита по микролитам нефелина; Д – точки и тренды изменения химического состава: кимберлитовые породы Al-серии: 1 – кимберлиты, 2 – киммелилититы, 3 – беспироксеновые оливиновые мелилититы, 4 – кимберлитовые породы Fe-Ti-серии, 5 – трубка Рождественская

2. Открытые АО «АЛРОСА-Поморье» в 2011–2015 г. новые магматические тела также уточняют и усложняют систему магматизма Зимнебережного района. В вулканическом комплексе (трубка + + силлы) Ан-751д и тр. Ан-751а некоторые фазы внедрения трубок образованы ксенотуфами слюдистых кимпикритов Fe-Ti-серии лампрофирового типа, содержание флогопита в которых составляет от 25 до 57 % (!) магматического материала, а содержание вкрапленников оливина исчезающее мало (рис. 4, А). Кроме того, рядом с тр. Юрасская обнаружен силл Ан-ТА34, также образованный слюдистыми мелкопорфировыми пикритами Fe-Ti-серии, характерной особенностью которых является широкое развитие бесцветного высокобариевого флогопита (переходной разности между флогопитом и киноситалитом) с содержанием BaO до 9,91 %. Присутствие существенно слюдистых разновидностей кимберлитов ранее не отмечалось для пород Fe-Ti-серии Зимнебережного района. Обогащённые флогопитом такого типа породы были характерны для пород Al-серии района: флогопитовые киммелилититы образуют трубки Верхотинского куста, а также фиксируются в виде редких ксенолитов в кимберлитах Золотицкого куста и в виде маломощной жилы в киммелилититах тр. Чидвинская (по данным ЗАО «Татнефть-Кратон»). Подобные высокофлогопитовые кимберлиты лампрофирового типа широко распространены в северных кимберлитовых полях Якутии [5] и (в виде ксенолитов) в трубках Нюрбинская и Ботуобинская Накынского кимберлитового поля [23]. Возможно, эти насыщенные флогопитом кимберлитовые породы лампрофирового типа являются продуктами внедрения дериватов обогащённых летучими компонентами протокимберлитовых и кимберлитовых магм. Эти необычные редкие и локально развитые породы лампрофирового типа не нарушают общую систему кимберлитового магматизма Зимнего Берега, а лишь дополняют и детализируют её небольшими, но яркими «штрихами» (как листики и цветочки на ветках дерева).

3. В 2001 г. ЗАО «Архангельскгеолразведка» при бурении регулярной гидрогеологической разведочной скважины в 300 м к северу от тр. им. В. Гриба случайно было вскрыто новое кимберлитовое тело – тр. Северная (устное сообщение А.Н. Буюна, первооткрывателя трубок им. В. Гриба и Северная). Эта трубка имеет очень небольшие размеры (примерно 80 × 30 м в плане), но является само-

стоятельным кимберлитовым телом, трубкой-«спутником», а не апофизой тр. им. В. Гриба, типа «хвостов» эруптивных брекчий (брекчированных пород) вдоль рудовмещающего разлома, отмеченных ранее у кимберлитовых трубок Снегурочка, Архангельская, Карпинского-1 и Карпинского-2 Золотицкого куста. Судя по опубликованным данным и результатам выборочного изучения каменного материала, тр. Северная представлена кимберлитами Fe-Ti-серии того же петрологического типа, что и тр. им. В. Гриба, но образована одной фазой внедрения, сильно засорённой ксеногенным и песчаным материалом – ксенотуфопесчаником («ксенотуфобрекчийей») кимберлитов с неожиданно и необычно мощной краевой частью (около 100 м), породы которой, насыщенные глинисто-песчаным материалом и ксенолитами венда, полностью преобразованы в условиях крайне зрелой коры выветривания (зона конечного окисления и конечного гидролиза, по [10]). Исходя из петрографического состава пород трубки, высокого содержания, размера и особенностей химического состава пикроильменита и пироба, тр. Северная аналогична тр. им. В. Гриба, но отличается повышенным содержанием хромшпинелида, сильной засорённостью ксеногенным и песчаным материалом и необычной, крайне высокой степенью и глубиной выветривания пород. Открытие маленькой тр. Северная показало, что высокоалмазоносная тр. им. В. Гриба является не единственной трубкой такого типа на Зимнем Береге, а значит, поиски новых подобных месторождений алмазов Fe-Ti-серии в районе имеют вполне реальную перспективу.

4. В Зимнебережном районе нередко отмечается наличие многоуровневых комплексов межпластовых тел – силлов кимберлитовых пород разных петрологического типа и структурно-текстурных характеристик. На сегодняшний день магматические тела в виде силлов наблюдаются в районе только в связи кимберлитовыми породами Fe-Ti-серии, силлы, образованные породами Al-серии, в районе до сих пор не встречены. Единственным исключением пока являются пока силлы реки Мела, породы которых стоят особняком в системе магматизма района: по некоторым геохимическим характеристикам, они приближаются к породам Al-серии района, по широкому развитию в основной массе пород сильно обогащённого железом и титаном хромшпинелида, аналогичны пикритам Fe-Ti-серии, а по Nd-Sr-изотопным

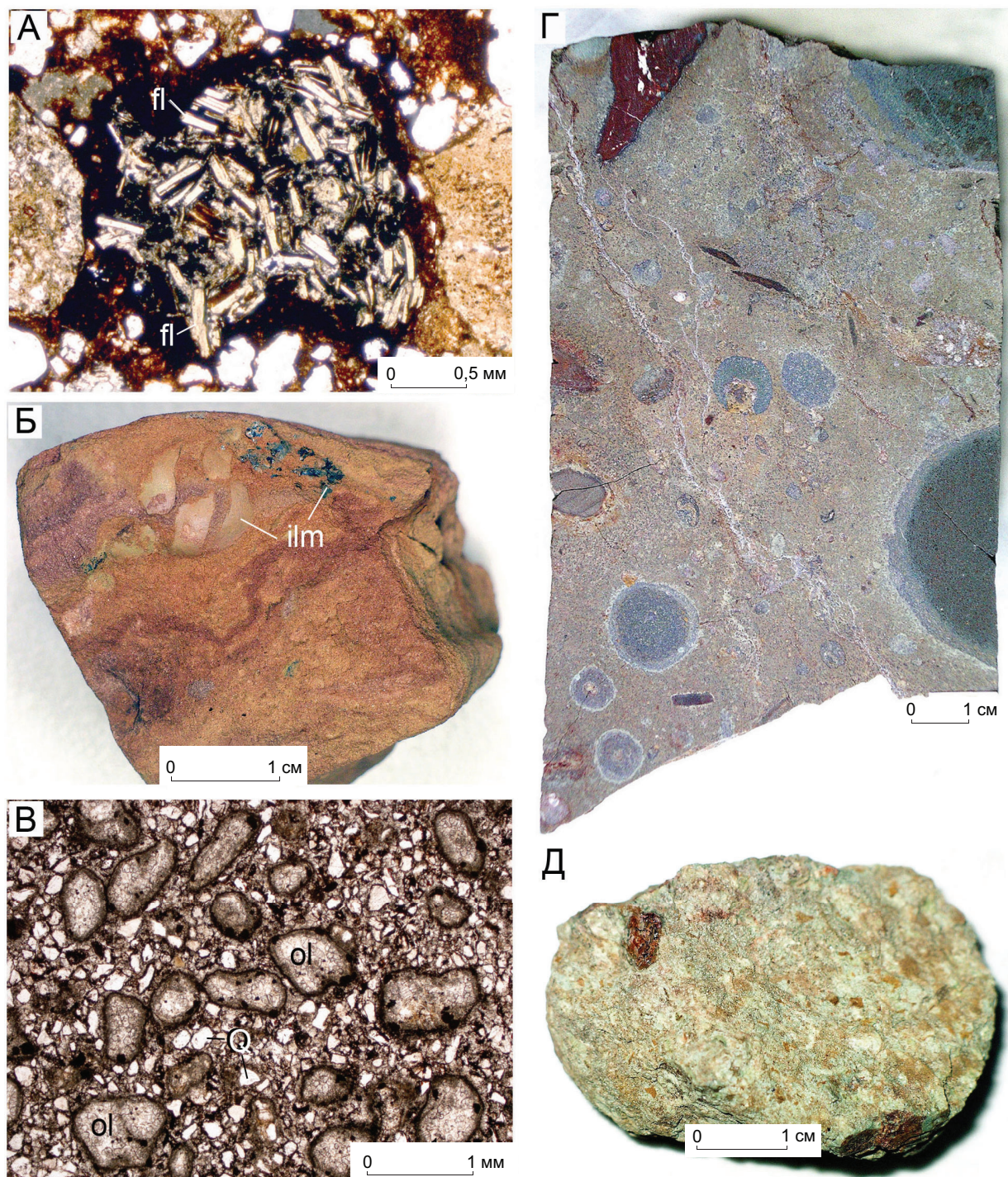


Рис. 4. Новые структурно-текстурные разновидности кимберлитовых пород железо-титанистой серии района:

А – трубка Ан-751д: включение автолита слюдистого кимберлита лампрофирового типа (шлиф, проходящий свет, николи ||), fl – лейсты флогопита; Б – силл Ан-748д: внешний облик туфопесчаника кимберлитов с крупными зёрнами пикроильменита (ilm); В – силл Ан-734: особенности петрографического строения туффита кимберлитов, засорённого кварцевым песчаным материалом (шлиф, проходящий свет, николи ||), ol – псевдоморфозы по оливину в плёнке застывшего расплава, Q – зёрна кварца; Г – трубка Ан-746б: внешний облик мелкопорфирового кимберлита с элементами шаровой текстуры; Д – трубка Ан-К3а (ЦНИГРИ-Архангельская): ксенолит катаклазированного гранатового перидотита, внешний облик

характеристикам занимают совершенно обособленное положение [18, 20]). Силлы кимберлитовых пород Fe-Ti-серии часто входят в единый вулканический комплекс с трубками взрыва (трубки Шоча, Ан-495а, Ан-695, Ан-748, Ан-751д), реже образуют обособленные комплексы силлов (Звёздочка, Ан-697, Ан-687, Ан-734, Ан-ТА34). Силлы обычно представлены породами лавового облика порфировой структуры: пикритами, кимпикритами или кимберлитами, иногда сильно карбонатизированными и (или) глинизированными.

Реже отмечаются межпластовые субгоризонтальные тела запесоченных пород типа ксенотуфопесчаников, туфопесчаников и глинистых песчаников, иногда с крупными зёрнами пикроильменита (см. рис. 4, Б) (Ан-748н, Ан-687, Ан-734 и др.). Эти необычные для силлов породы по внешнему облику и петрографическому составу не просто близки, а практически неотличимы от ксенотуфобрекчий трубок взрыва района (см. рис. 4, В), поэтому некоторые геологи предполагали, что подобные породы представляют собой лишь вскрытую скважинами краевую часть трубки взрыва, расположенной рядом. На самом деле, вероятно, сильно газонасыщенные расплавы не смогли прорваться на поверхность и образовать вертикальную трубку взрыва, поэтому сформировали субгоризонтальные межпластовые тела (формально, по морфологии – силлы) пород, петрографически близких к ксенотуфобрекчиям трубок взрыва. Такие «запесоченные» породы силлов отличаются от ксенотуфобрекчий трубок лишь горизонтальной, межпластовой морфологией тел и присутствием обломочного кварцевого материала только мелкосаммитовой и алевроитовой размерности (в соответствии с зернистостью вмещающих пород венда) при полном отсутствии более грубого крупносаммитового и гравийного кварцевого материала, попадающего в аналогичные породы трубок взрыва при прорыве на поверхность и опускании вниз материала близповерхностных рыхлых грубообломочных девонских отложений (существовавших в то время аналогов современных рыхлых «четвертичных» отложений).

5. В жерловой фации тр. Ан-746б и силлах Ан-748д (открыты АО «АЛРОСА-Поморье») обнаружена новая для района текстурная разновидность кимберлитовых пород Fe-Ti-серии – мелкопорфировые кимберлиты с элементами шаровой (сферической) текстуры (см. рис. 4, Г), свидетельствующей о сложных и непостоянных условиях

застывания вулканических пород. Шаровые обособления концентрически-зонального строения отличаются от вмещающей однородной матрицы более тёмным цветом, более плотным строением, повышенным содержанием рудного минерала в основной массе и нередко присутствием центрального «затравочного ядра». Возможно, такие «шаровые» обособления аналогичны по характеру образования «автолитам» (лапиллям) туфов и туффизитов кимберлитов и так же возникают в областях локального изменения условий застывания расплава, прежде всего, вокруг относительно «холодных» ксенолитов.

6. В кимберлитах Зимнебережного района отмечается значительное, разное для разных типов пород количество глубинных включений (мантийных ксенолитов), нами обнаружены и изучены около 5000 образцов таких пород примерно из 30 трубок и силлов района. Подавляющее большинство изученных ксенолитов мантийных перидотитов образованы породами крупнокристаллической равномернозернистой структуры («*coarse granular peridotites*»), включения же катаклазированных, деформированных перидотитов («*sheared peridotites*») встречаются гораздо реже: в трубках кимберлитов Al-серии Золотицкого куста – единичные образцы (не более 0,2 %), в тр. им. В. Гриба (кимберлиты Fe-Ti-серии) – десятки образцов (не более 5–7 %) [24, 26]. В тр. ЦНИГРИ-Архангельская (Ан-К3а или Ан-697б), открытой ФГУП ЦНИГРИ, отмечается гораздо более широкое распространение мантийных ксенолитов катаклазированных гранатовых перидотитов, что крайне необычно для кимберлитов Зимнебережного района (см. рис. 4, Д). Несмотря на небольшой объём изученного нами кернового материала по этой трубке, сильную изменённость кимберлитов в целом и мантийных ксенолитов, доля обнаруженных ксенолитов катаклазированных гранатовых перидотитов достигает здесь 20% (6 образцов из 30). Несомненный интерес вызывают дальнейшие выявление и изучение мантийных ксенолитов этой трубки на более представительном керновом материале.

7. В южной части Зимнебережного района в 2001 г. компанией ЗАО «Татнефть-Кратон» выявлены трубки Al-серии Летняя и Озёрная, близкие по вещественному составу пород ранее открытой сдвоенной тр. Ижма (сближенные трубки Ижма Южная и Ижма Северная). При этом в тр. Озёрная присутствует отдельная полноценная фаза

внедрения – тело витро-литокластических туфизитов беспироксеновых оливиновых мелилититов (ранее встреченная в тр. Ижма Северная лишь в виде локального, очень небольшого по размеру блока) [12]. Магматический материал (литокласты) этого тела туфизитов тр. Озёрная имеет порфириковую структуру, обусловленную развитием идиоморфных вкрапленников оливина «2-й генерации», погружённых в апостекловатую основную массу миндалекаменного строения с развитием микролитов мелилита (все перечисленные первичномагматические минералы только в виде псевдоморфоз) (рис. 5, А, Б).

Одна из фаз внедрения тр. Озёрная и практически полностью трубок Ижма Южная, Ижма Северная, Летняя и Весенняя (во всяком случае, вскрытые бурением части этих трубок) сложена породой лавового облика порфириковой структуры, обусловленной развитием идиоморфных вкрапленников оливина «2-й генерации» (иногда совершенно неизменённого), погружённых в основную массу породы, образованную однородным микропризматическим агрегатом клинопироксена (диопсида). Однако развитие этого агрегата клинопироксена имеет ярко выраженный наложенный автометасоматический и (или) автометаморфический, но не первичномагматический характер (перекристаллизация?), что хорошо видно по псевдоморфному замещению таким агрегатом клинопироксена даже идиоморфных вкрапленников оливина-2 (см. рис. 5, В), а также по проявлению других признаков метасоматоза – например, по развитию в микрожеодах (или апоминдалинах?) идиоморфных выделений рихтерита с отчётливо-ярким цветным плеохроизмом (Ng – розовый, Nr – жёлтый) (см. рис. 5, Г). Учитывая высокую степень наложенного автометасоматоза, резко изменившего первичную структуру и минеральный состав основной массы пород, трубки Ижма Южная, Ижма Северная, Озёрная, Летняя и Весенняя можно считать первоначально образованными лавами и туфизитами *беспироксеновых оливиновых мелилититов*.

Здесь же, в южной части Зимнебережного района, проявляется чёткая корреляция между тектонической позицией расположения трубок и особенностями их вещественного состава. Между сближенными в пространстве, но резко различающимися по составу трубками А1-серии Весенняя (Ижемский куст) и Апрельская (Чидвинский куст) проходит тектоническая граница между Ар-

хангельским выступом кристаллического фундамента (с трубками беспироксеновых оливиновых мелилититов Летняя, Ижма Южная, Ижма Северная, Озёрная и Весенняя) и Керецким грабенном (с трубками киммелилититов Апрельская и Чидвинская) (см. рис. 5, Д). При этом в беспироксеновых оливиновых мелилититах тр. Весенняя, максимально сближенной в пространстве с киммелилититами трубки Апрельская, присутствуют редкие ксеноморфные зёрна (макрокристы) глубинного оливина «1-й генерации», что приближает породы этой трубки к киммелилититам – промежуточному типу пород между кимберлитами и мелилититами [9, 12, 17].

8. Работами АО «АЛРОСА-Поморье» установлено сложное и необычное строение новых трубок Fe-Ti-серии (трубки Пачугского куста Ан-751а и Ан-751д, а также тр. Ан-746б и др.), отличающихся по строению от «классических» трубок района 1980-х годов, по-сути, только тр. Галина (Ан-478) имеет обычное строение и форму трубки взрыва. Наиболее ярко такое различие проявляется в группе кимберлитовых трубок на аномалии № 751. Здесь, рядом (буквально в первых сотнях метрах) с трубкой обычного строения Солоха (Ан-751), открытой в 1980-х годах, выявлены ещё две необычные по строению трубки – Ан-751д и Ан-751а (рис. 6).

Аномалия Ан-751д представляет собой удлинённый в северо-восточном направлении, небольшой по размерам (150 × 120 м), но сложно построенный вулканический комплекс, состоящий из вулканической трубки и многоуровневого (многоэтажного) комплекса силлов.

Вулканическая трубка Ан-751д имеет очень необычную для района форму так называемого «бокала шампанского», характерную для некоторых мааров, а также для некоторых вулканических трубок лампроитов Западной Австралии и слабоэродированных кимберлитовых трубок площади Бакванга (Заир). *Кратерная часть* трубки морфологически выражена в виде конусообразного раструба («воронки») с относительно пологими бортами (~ 45°), заполненного красноцветными глинизированными крупнопсефитовыми гетерогенными брекчиями осадочных пород венда (со значительным содержанием обломков эродированных формаций кембрия–ордовика в «придонной» части) с небольшой примесью кимберлитового материала. *Жерловая часть*, представленная в обычных трубках трубообразным

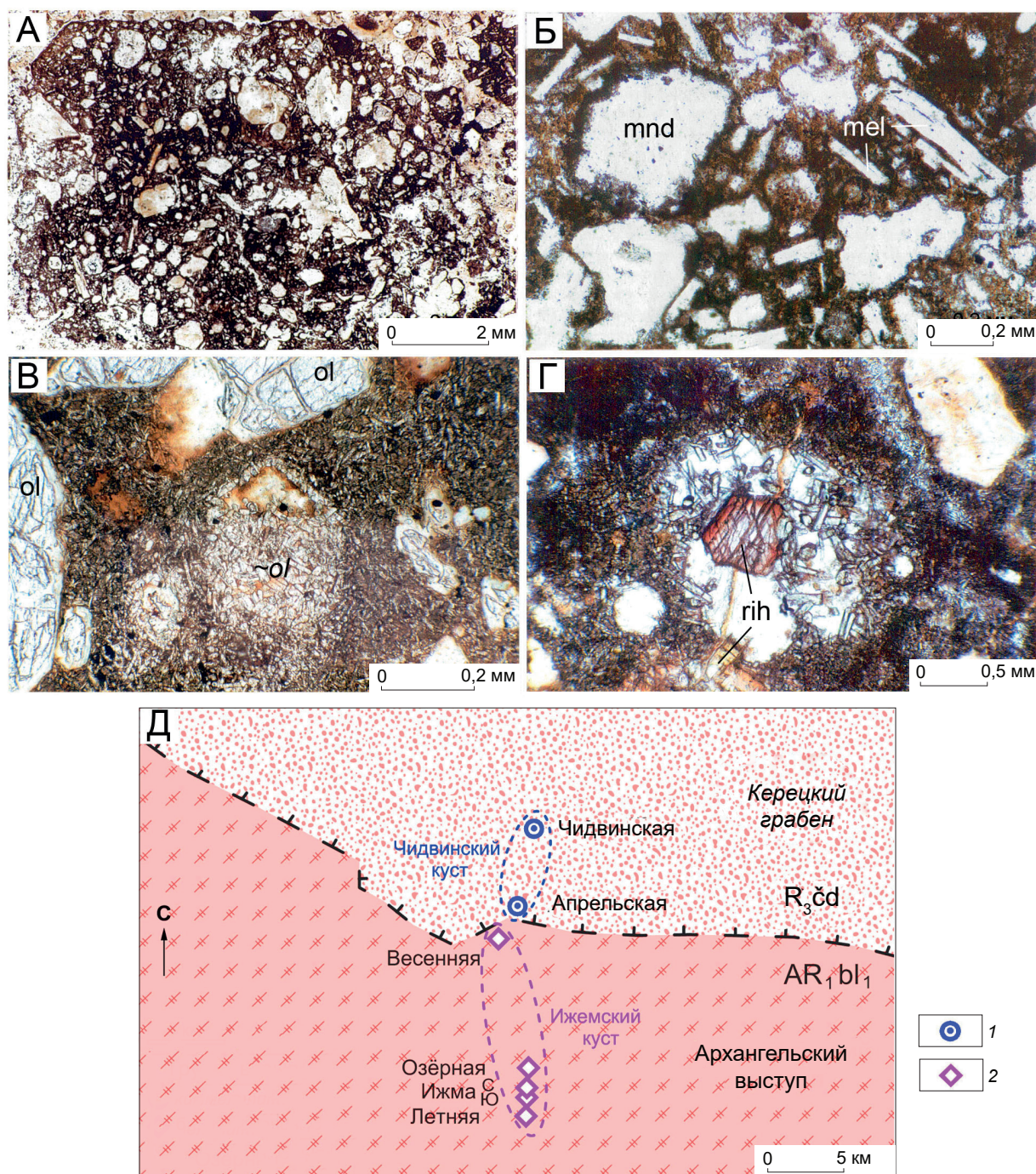


Рис. 5. Особенности петрографического строения и расположения новых трубок Ижемского куста Зимнебережного района:

А, Б – трубка Озёрная: включение автолита с характерными лейстами мелилита из витро-литокристаллических туф-физитов беспироксеновых оливиновых мелилититов (шлиф, проходящий свет, николи ||), mel – псевдоморфозы по микролитам мелилита, mnd – миндалины, ol – вкрапленники оливина-2, ~ol – вкрапленники оливина-2, замещённые микропризматическим агрегатом клинопироксена, rih – рихтерит; В, Г – трубка Озёрная: метасоматический характер развития микропризматического агрегата клинопироксена и рихтерита в основной массе пород лавового облика (шлиф, проходящий свет, николи ||); Д – корреляция между тектонической позицией расположения трубок [11] и особенностями их вещественного состава: трубки взрыва: 1 – киммелилититы, 2 – беспироксеновые оливиновые мелилититы

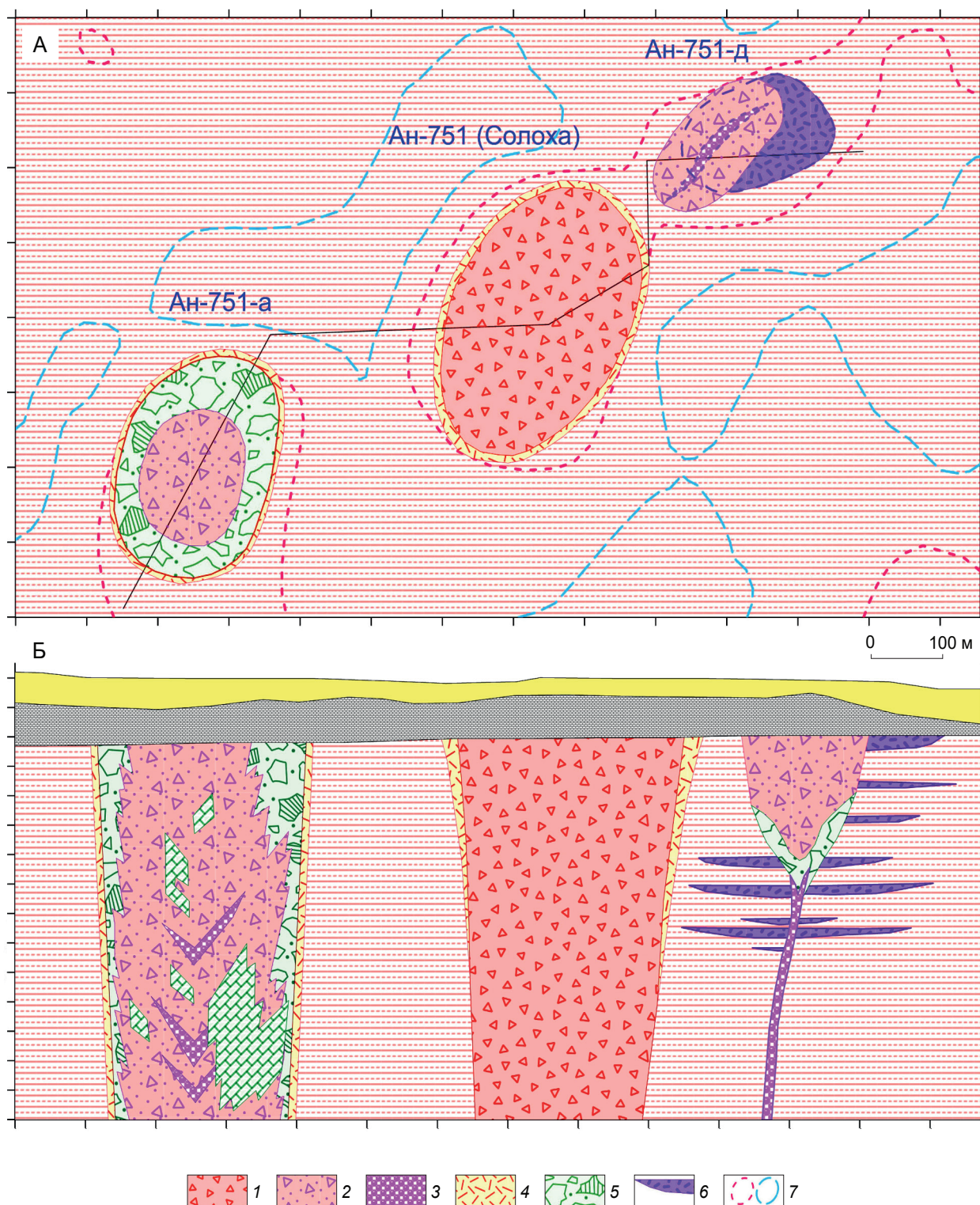


Рис. 6. Необычное, сложное строение новых трубок Пачугского куста (Ан-751а, Ан-751д) наряду с «классической» трубкой Ан-751 (Солоха). Схематический план (со снятыми перекрывающимися отложениями) – А и разрез – Б:

1–5 – породы кимберлитовых трубок: 1 – ксенотуффиты, 2 – ксенотуфопесчаники, 3 – ксенотуфы, 4 – приконтактные брекчии вмещающих пород венда, 5 – агломератовые гетерогенные брекчии и «плавающие рифы» пород ордовика; 6 – силлы кимберлитов; 7 – контуры положительных и отрицательных магнитных аномалий

«цилиндрическим» телом, здесь отсутствует, при этом раструб, вероятно, сразу переходит в сильно вытянутое в северо-восточном направлении маломощное тело взрывной дайки подводящего канала, образованной псефитовым ксенотуфом кимберлитов, состоящим почти на 50 % из автолитов слюдистых (лампрофировых) кимберлитов ядерного и ядерно-плёночного типов.

Отдельным морфологическим элементом вулканического аппарата Ан-751д является более ранний **комплекс силлов** кимберлитов. Силлы расположены на восьми уровнях, имеют мощность от 0,1 до 5 м и образованы в разной степени изменёнными (карбонатизированными и глинизированными) крупнопорфировыми слюдистыми (лампрофировыми) кимберлитами с высоким содержанием макрокристов оливина-1 и пикроильменита.

Аномалия Ан-751а представляет собой вулканическую трубку («трубку взрыва») с удлинённым в северо-восточном направлении овальным поперечным сечением с осями 300 × 200 м. В самом общем виде можно выделить два морфологических элемента, объединённых в вулканической трубке.

Средняя, основная, часть жерловой фации трубки образована грубостратифицированным *столбом эруптивных (выброшенных) вулканогенно-обломочных пород* (выброс вулканического материала, смешивание его с материалом прорванных пород и осадками и падение части этой смеси обратно в жерло). Внешний облик и структура пород меняются незакономерно, преобладают ксенотуфопесчаники (ксенотуфобрекчий), менее распространены ксенотуффиты, отдельные маломощные (первые десятки сантиметров) субдиагональные зоны образуют хорошо сортированные мелкопсефитовые ксенотуфы кимберлитов с неотчётливой субпараллельной расслоенностью. Встречаются зоны крупнопсефитовых и агломератовых брекчий осадочных пород, сложенные обломками как прорванных пород венда (песчаников, алевролитов, аргиллитов), так и эродированных формаций раннего палеозоя (глин, мергелей, известняков кембрия–ордовика), а также крупные блоки этих пород, так называемые «плавающие рифы».

Крайевая зона жерловой фации трубки образована преимущественно процессами обрушения в жерло вмещающих пород с небольшим участием собственно вулканических процессов (своеобразные коллювиальные свалы). Породы краевой зоны

развиты по периферии трубки и представлены гетерогенной агломератовой брекчийей («мегабрекчийей») различных осадочных пород венда (красноцветных аргиллитов, алевролитов, реже песчаников) и разнообразных осадочных пород раннего палеозоя (пестроцветных глин, алевролитов, мергелей, известняков и др.) со связующей массой из тонкообломочного материала тех же пород.

Гетерогенные мегабрекчийи краевой зоны трубки (своеобразные коллювиальные свалы с редкими участками ксенотуфопесчаников лампрофировых, слюдяных кимберлитов) и грубостратифицированные эруптивные породы средней части трубки (ксенотуфопесчаники, ксенотуффиты, ксенотуфы бесслюдяных кимберлитов) могут принадлежать к двум разным фазам внедрения трубки: первой и второй соответственно.

Вероятно, такие необычные по строению и насыщенные ксеногенным материалом трубки почти не проявляются в геофизических полях, поэтому именно в недавнее время их стали вскрывать при вынужденной заверке очень слабых магнитных аномалий (1,5–3 нТл).

9. На некоторых трубках Зимнего Берега (прежде всего на трубках кимберлитов А1-серии Золотницкого куста: Поморской, Пионерской, Карпинского-1, Карпинского-2, Архангельской, а также на некоторых трубках базальтов) ранее отмечалось присутствие зоны коры выветривания. Однако по степени выветривания эти коры достигали лишь вполне умеренной зоны «выщелачивания и конечной гидратации», по [10]. В противоположность этому, на некоторых кимберлитовых трубках Fe-Ti-серии (им. В. Гриба, Ан-746б, Северной и др.) и силлах (Ан-751а, Ан-748д, Ан-734, Ан-ТА34 и др.) выявлены максимально зрелые коры выветривания, вплоть до развития зоны конечного окисления и конечного гидролиза, по [10]. Вещественный состав и внешний облик пород этих кор выветривания настолько сильно отличается от кимберлитового (в частности, полностью исчезает характерная порфировая структура пород (рис. 7, А, Б, В)), что для правильной диагностики такого типа пород требуется их всестороннее детальное изучение опытными специалистами. Развитие подобных зрелых кор выветривания кимберлитов также напрямую и резко влияет на особенности набора, содержания и морфологии минералов-спутников алмаза (см. рис. 7, Г, Д, Е, Ж), что необходимо учитывать при проведении в районе шлихоминералогических

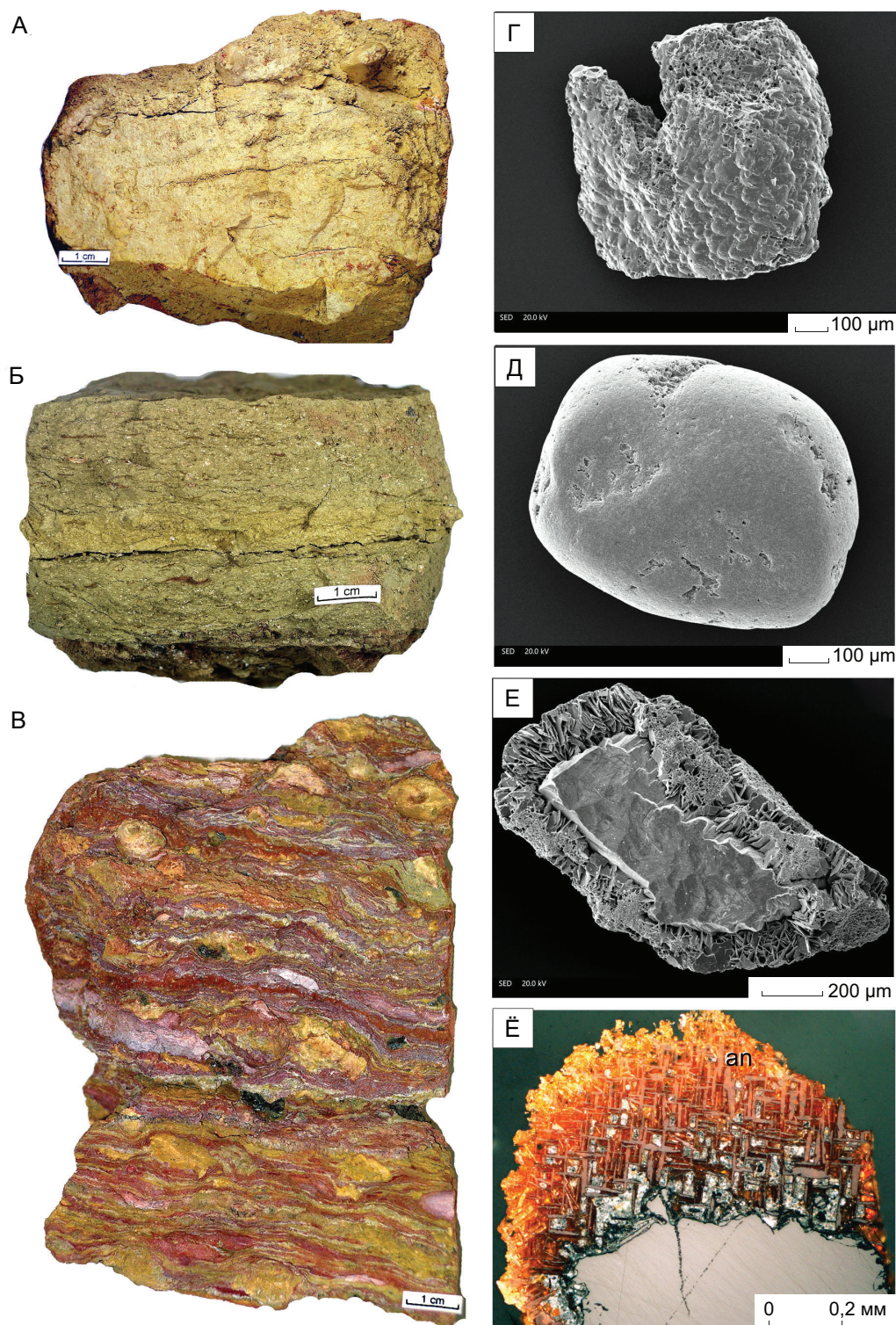


Рис. 7. Наиболее яркие особенности зрелых кор выветривания кимберлитов Fe-Ti-серии Зимнего Берега:

А, Б, В – внешний облик разных типов пород зрелых кор выветривания по кимберлитам силлов Пачугского куста (А, В – Ан-748н, Б – Ан-751д); Г, Д, Е, Ё – морфологические особенности зёрен минералов-спутников алмаза с признаками интенсивного растворения в зрелых корах выветривания трубки Северная. Изображение на сканирующем электронном микроскопе во вторичных электронах (Г, Д, Е) и на оптическом микроскопе в отражённом свете, николи + (Ё): Г – пироп, Д – хромшпинелид, Е, Ж – пикроильменит с анатазовой каймой замещения (an)

поисков месторождений алмазов по промежуточным коллекторам.

10. В 1999 г. компания ООО «Терра» при заверке магнитных аномалий вскрыла на Товской поисковой площади Зимнего Берега «межпластовые магматические тела» и *чисто умозрительно* определила их как «силлы девонских кимберлитов» (широко распространённые на Зимнем Берегу). В 2000 г. ЗАО «Архангельские алмазы» вскрыло аналогичные породы на соседней Летнеозёрской поисковой площади. Детальное изучение нами строения, вещественного состава и возраста этих пород показало, что они представляют собой новый для Зимнего Берега (и Юго-Восточного Беломорья, да и Севера Русской платформы в целом) тип магматизма — калиевые известково-щелочные лампрофиры (типа минетты), не имеющие отношения к кимберлитам [29]. Эти породы образуют синхронные вендскому осадконакоплению сложнопостроенные вулканогенные комплексы (общей мощностью до 4 м) аэральных и субаквальных потоков и покровов стекловатых лав, туфов и туффитов. Сильно изменённые, частично глинизированные породы имеют бордовый, коричневый или фиолетовый цвет (рис. 8, А), порфировую структуру с идиоморфными вкраплениями биотита (до 10–35 % объёма породы) в апостекловатой основной массе флюидалной текстуры, в которой во второстепенных или акцессорных количествах присутствуют мелкие идиоморфные зёрна апатита, циркона, рудного минерала (магнетита), фельдшпатоида и дипирамидальные зёрна высокотемпературного β -кварца (см. рис. 8, Б, В). Абсолютный возраст лав этих пород, определённый U-Pb методом с лазерной абляцией по циркону (см. рис. 8, Г) (ARC National Key Centre «GEMOS», Сидней, Австралия), $570,0 \pm 8,0$ млн лет, что соответствует позднему венду и подтверждает выявленное петрографическими методами субсинхронное образование покровов лампрофиров с вендским осадконакоплением.

Аналогичного типа породы обнаружены ЗАО «Архангельские алмазы» в 2009 г. на противоположной стороне Двинского залива, на Онежском полуострове [21]. Детальное изучение вещественного состава этих пород также показало их принадлежность к известково-щелочным лампрофирам типа минетты и идентичность времени образования: $570,4 \pm 4,0$ млн лет U-Pb методом с лазерной абляцией по циркону (ЦИИ

ВСЕГЕИ) и 564 ± 10 млн лет K-Ar методом по биотиту (ИГЕМ РАН). Расположение проявлений нового типа поздневендского щелочного магматизма указывает на приуроченность их к поперечным («трансформным») разломам рифейской Беломорской рифтогенной системы [3] в зоне резкого «излома» нескольких ветвей этой системы вдоль «горла» Белого моря (см. рис. 8, Д).

С открытием нового типа магматических пород выявлен более длительный, разнообразный и сложный характер магматизма Зимнебережного района, уточнён абсолютный возраст отложений мезенской свиты венда и подтверждено, наконец, существование северо-восточной рифтогенной «Архангельской зоны *поздневендской* тектоно-магматической активизации», предсказанной и выделенной ещё Владимиром Павловичем Грибом [2, 27].

Закключение. Зимнебережный район характеризуется очень широким разнообразием состава и геологического строения проявлений кимберлитового и родственного ему магматизма. При изучении магматических проявлений района в течение длительного времени соблюдались четыре основных условия работ для выявления закономерностей строения и состава магматических тел: 1) однородность отбора материала и изучения пород («одними руками, одними глазами, одними методами и приборами»); 2) изучение максимального количества объектов и образцов (многие десятки объектов и тысячи образцов); 3) детальное, всестороннее и взаимосвязанное изучение магматических объектов и пород (геологическое строение + петрография + минералогия + геохимия + изотопия + возраст); 4) изучение как основных характеристик пород, так и мелких их особенностей («штрихов»).

Такой объёмный, тщательный и трудоёмкий подход к исследованию магматических проявлений в конце XX в. позволил выявить отчётливые закономерности изменения характеристик их вещественного состава и расположения в пространстве, что было отражено в форме системы раннегерцинского магматизма, объединяющей две серии кимберлитовых пород (глинозёмистую и железо-титанистую) и базальты, а также в форме схемы петрологической зональности Зимнего Берега.

Геолого-поисковые и геологоразведочные работы, проведённые разными компаниями в Зимнебережном районе в первой четверти XXI в.,

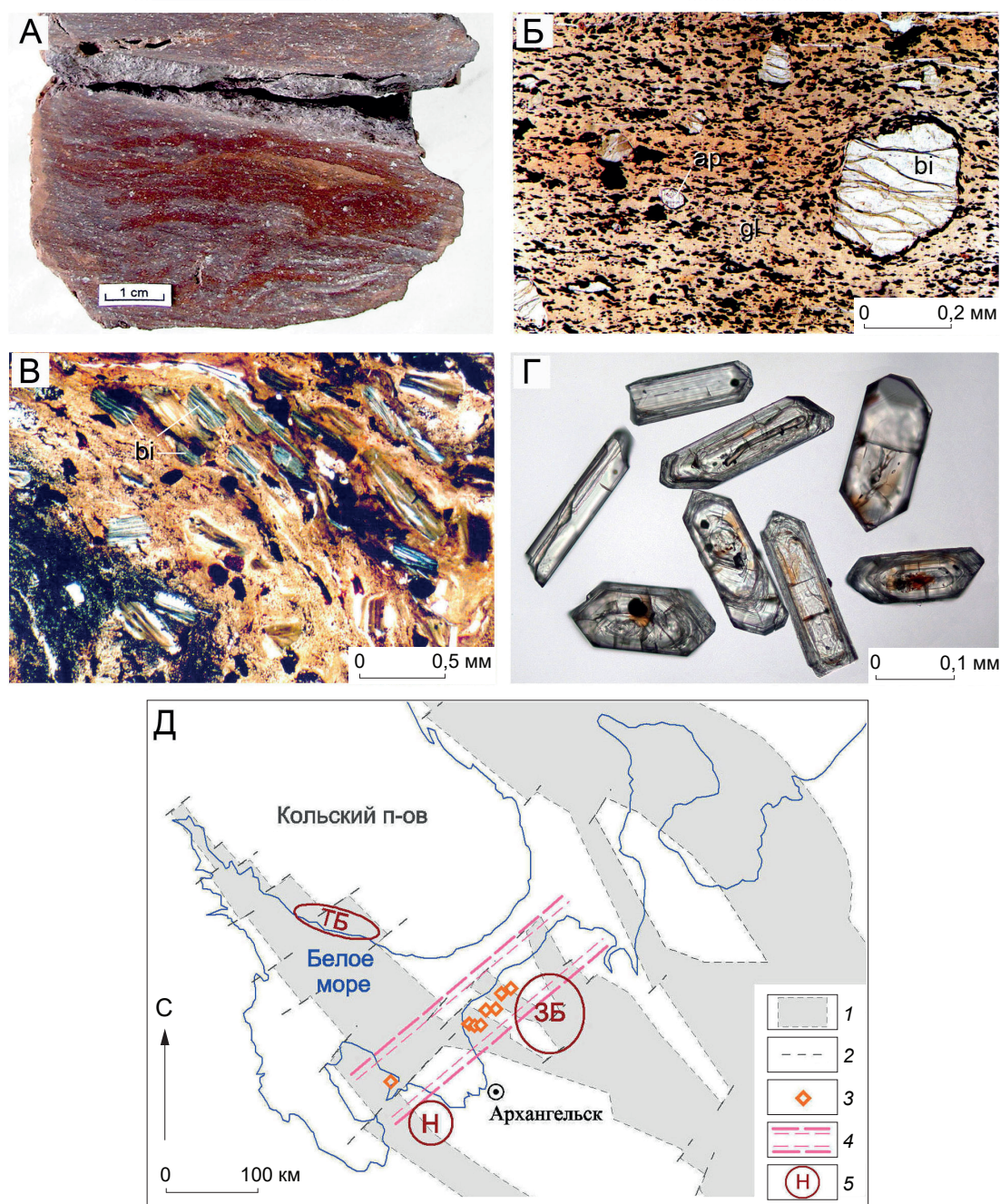


Рис. 8. Особенности петрографического строения и расположения проявлений нового типа позднедевонского щелочного магматизма в Зимнебережном районе и Беломорском регионе в целом:

А – образец лавы из покрова известково-щелочного лампрофира Ан-ЛТ-32, внешний облик; Б – петрографические особенности лавы известково-щелочного лампрофира Ан-ЛТ-32 (шлиф, проходящий свет, николи ||), bi – вкрапленники биотита, частично изменённые, ap – апатит, gl – изменённое стекло; В – петрографические особенности лавы известково-щелочного лампрофира с повышенным содержанием биотита, Ан-ЛТ-14. (шлиф, проходящий свет, николи ||), bi – вкрапленники биотита; Г – монофракция зёрен циркона, которые использовались для определения абсолютного возраста, покров лавы Ан-G031 (проходящий свет, николи ||); Д – расположение проявлений нового типа позднедевонского щелочного магматизма: 1 – рифейская рифтогенная система [3], 2 – поперечные («трансформные») разломы, 3 – вулканические комплексы позднедевонских известково-щелочных лампрофиров, 4 – Архангельская зона позднедевонской тектоно-магматической активизации, 5 – районы позднедевонского кимберлитового и родственного вулканизма: ЗБ – Зимний Берег, ТБ – Терский Берег, Н – Нёнокса

привели к обнаружению около двух десятков новых магматических объектов самого разного состава: мелилититов Al-серии, кимберлитов и пикритов Fe-Ti-серии, базальтов и даже нового типа магматизма – покровов поздневендских известково-щелочных лампрофиров (типа минетты). При этом разработанные ранее нами **система** кимберлитового магматизма Зимнего Берега и **схема петрологической зональности** Зимнебережного района получили полное подтверждение и лишь незначительные, но важные уточнения и дополнения. Так, с открытием тр. Рождественская в систему кимберлитового магматизма Зимнего Берега был добавлен новый, крайний тип кимберлитовых пород Fe-Ti-серии с наименьшей степенью ультраосновности – нефелиновые пикриты натрового ряда; впервые выявлены трубки и силлы слюдястых кимпикритов и пикритов Fe-Ti-серии лампрофирового типа с содержанием флогопита, в том числе высокобариевого, до 57 %; открытие и изучение трубок Летняя и Озёрная показали, что все трубки Ижемского куста образованы беспироксеновыми оливиновыми мелилититами (а не пикритами), замыкающими ряд пород Al-серии района по минимальной степени ультраосновности. Это говорит о существовании и **системы магматизма**, и **схемы петрологической зональности района** как об «объективной реальности», а также о плодотворности и необходимости их использования при геолого-поисковых, геологоразведочных и научно-исследовательских работах в районе.

В результате выполненных работ определены новые структурно-текстурные и литолого-генетические разновидности кимберлитовых пород:

силлы ксенотуфопесчаников кимберлитов (ранее известных только в виде столбов «ксенотуфобрекчий» в трубках взрыва) и лавы кимберлитов шаровой текстуры, установлено необычно высокое содержание включений катаклазированных гранатовых перидотитов в трубке Ан-КЗ а, а также выявлены зрелые коры выветривания кимберлитов, что не только умножило разнообразие процессов образования и преобразования кимберлитовых пород района, но и внесло коррективы в методику проведения поисковых работ.

Несмотря на открытие в первой четверти XXI в. магматических объектов в основном с необычными особенностями геологического строения и состава пород, вряд ли можно безоговорочно утверждать, что все «классические» трубки в Зимнебережном кимберлитовом районе уже открыты. На возможность существования ещё неоткрытых немагнитных кимберлитовых трубок могут указывать аномальные содержания крупных зёрен пикроильменита в перекрывающих терригенных отложениях карбона, зафиксированные к северу и югу от трубок кимберлитов Al-серии Золотицкого куста (месторождения им. М.В. Ломоносова), в бассейне реки Падун, а также в обрамлении трубки им. В. Гриба и на других перспективных территориях района.

Зимний Берег – уникальный по разнообразию пород алмазоносный район мира. Уточнение закономерностей системы полихронного вулканизма Зимнего Берега (как эталонного алмазоносного района) является необходимым условием для повышения эффективности геолого-поисковых работ на алмазы во всём Северо-Западном регионе России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Гриб В. П. Особенности геологии и магматизма Архангельской тектонической зоны (Зона сочленения Балтийского щита и Русской плиты) : специальность 04.00.01 «Общая и региональная геология» : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Владимир Павлович Гриб. – Л. : ВСЕГЕИ, 1982. – 28 с.
3. Добрынина М. И. Особенности размещения палеозойского магматизма северной части Русской плиты с позиций континентального рифтогенеза // Геология и полезные ископаемые севера Европейской части СССР. – Архангельск, 1991. – С. 5–22.
4. ДюТойт А. Л. Геология Южной Африки. – М. : Издательство иностранной литературы, 1957. – 490 с.
5. Илупин И. П., Каминский Ф. В., Францессон Е. В. Геохимия кимберлитов. – М. : Недра, 1978. – 352 с.
6. Магматические горные породы / гл. ред. О. А. Богатиков. – Т. 5 : Ультраосновные породы / отв. ред.

- Е. Е. Лазько, Е. В. Шарков. – М. : Наука, 1988. – 508 с.
7. *Малеев Е. Ф.* Вулканиды : справочник. – М. : Недра, 1980. – 240 с.
8. *Маракушев А. А.* Нодули перидотитов в кимберлитах и базальтах как показатели глубинного строения литосферы // 27 МГК. Петрология. Секция С.09 : Доклады. – М. : Наука, 1984. – Т. 9. – С. 153–161.
9. *Милашев В. А.* Термин «кимберлит» и классификация кимберлитовых пород // Геология и геофизика. – 1963. – № 4. – С. 42–52.
10. *Никитин К. К., Глазковский А. А.* Никеленосные коры выветривания ультрабазитов и методы их изучения. – М. : Недра, 1970. – 214 с.
11. *Прусакова Н. А.* Принципы выделения участков ранга «куста» кимберлитовых тел в Зимнебережном поле на основе структурно-геофизического районирования // Региональная геология и металлогения. – 2005. – № 26. – С. 179–184.
12. *Саблуков С. М.* Вулканизм Зимнего Берега и петрологические критерии алмазности кимберлитов : специальность 04.00.11 «Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений, металлогения» : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Сергей Михайлович Саблуков. – М. : ЦНИГРИ, 1995. – 24 с.
13. *Саблуков С. М.* К вопросу о фазах формирования и возрасте трубок взрыва Онежского полуострова // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 277, № 1. – С. 168–170.
14. *Саблуков С. М.* Некоторые данные о строении кимберлитовых трубок // Труды ЦНИГРИ. – 1987. – Вып. 218. – С. 37–41.
15. *Саблуков С. М.* Новые данные о поверхностных формах проявления кимберлитового вулканизма // Доклады АН СССР. – 1985. – Т. 282, № 5. – С. 1223–1226.
16. *Саблуков С. М.* О возрасте трубок взрыва ультраосновных пород // Труды ЦНИГРИ, 1987. – Вып. 218. – С. 24–27.
17. *Саблуков С. М.* О петрохимических сериях кимберлитовых пород // Доклады АН СССР. – 1990. – Т. 313, № 4. – С. 935–939.
18. *Саблуков С. М., Ерохин А. Т.* Особенности строения и вещественного состава силла ультраосновных пород // Труды ЦНИГРИ. – 1984. – Вып. 188. – С. 9–17.
19. *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 алмазносной кимберлитовой трубки «Зарница»: Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее (Алмазы-50). МПР РФ, ВСЕГЕИ, «АЛРОСА». – СПб. : Изд. ВСЕГЕИ, 2004. – С. 288–291.
20. *Саблуков С. М., Саблукова Л. И.* Степень астеносферного влияния как один из определяющих факторов разнообразия кимберлитовых пород // Труды VI Международного Семинара «Глубинный магматизм, его источники и плюмы» (г. Мирный). – Иркутск : Изд. ИГ СО РАН, 2006. – С. 175–190.
21. *Саблуков С. М., Саблукова Л. И., Белов А. В.* Щелочной ультраосновной магматизм Нёнокского поля Онежского полуострова – отражение плюмовых и субдукционных процессов Беломорского региона (Архангельская алмазносная провинция) // Труды X Международного Семинара «Глубинный магматизм, его источники и плюмы» (г. Су-дак). – Иркутск : Изд. ИГ СО РАН, 2010. – С. 157–186.
22. *Саблуков С. М., Саблукова Л. И., Веричев Е. М.* Типы мантийного субстрата Зимнебережного района в связи с формированием кимберлитов с округлыми и плоскогранными алмазами (Архангельская алмазносная провинция) // Труды II Международного Семинара «Глубинный магматизм, магматические источники и проблемы плюмов» (г. Владивосток). – Иркутск : Изд. ИГХ СО РАН, 2002. – С. 134–149.
23. *Саблуков С. М., Саблукова Л. И., Стегницкий Ю. Б., Карпенко М. А., Спиваков С. В.* Вулканические породы трубки Нюрбинская: отражение состояния верхней мантии региона от рифея до карбона, геодинамические следствия // Труды VIII Международного Семинара «Глубинный магматизм, его источники и плюмы». – Иркутск : Изд. ИГ СО РАН, 2008. – С. 131–164.
24. *Саблуков С. М., Саблукова Л. И., Шавырина М. В.* Мантийные ксенолиты из кимберлитовых месторождений округлых алмазов Зимнебережного района (Архангельская алмазносная провинция) // Петрология. – 2000. – Т. 2, № 5. – С. 525–554.
25. *Саблукова Л. И., Саблуков С. М.* Реконструкция строения мантийного субстрата Зимнебережного алмазносного района по особенностям мантийных ксенолитов и вещественному составу вулканических пород // Региональная геология и металлогения. – 2005. – № 26. – С. 94–102.
26. *Саблукова Л. И., Саблуков С. М., Веричев Е. М., Головин Н. Н.* Петрография и химия минералов мантийных ксенолитов и ксенокристов из кимберлитов трубки им. В. Гриба (Зимний Берег) // Труды III Международного Семинара «Плюмы и проблема глубинных источников щелочного магматизма». – Иркутск : Изд. ИГ СО РАН, 2003. – С. 160–186.
27. *Синицын А. В., Гриб В. П.* [и др.] О вендской активизации северной части Русской платформы СССР // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 264, № 2. – С. 680–682.

28. Штефан Л. В. Петрология щелочно-ультраосновного магматизма Жлобинского поля (Беларусь) в связи с его возможной алмазонасностью : специальность 04.00.08 «Петрография, вулканология» : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Лариса Васильевна Штефан. – Минск, 2000. – 21 с.
29. Щукин В. С., Саблуков С. М., Саблукова Л. И., Белоусова Е. А., Гриффин В. Л. Поздневендский аэральный щелочной вулканизм рифтогенного типа в Зимнебережном кимберлитовом районе (Архангельская Алмазонасная Провинция) // Глубинный магматизм, магматические источники и проблемы плюмов : Труды международного совещания. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2002. – С. 151–165.
30. Jagoutz T., Palme H., Baddenhausen H. [et al.] The abundance's and trace elements in the earth mantle as derived from primitive ultramafic nodules // Proc. X Lunar Planet. Sci. Conf. – 1979. – P. 2031–2050.
31. Sablukov S. M. Diagram Ta-Sc – the universal discrimination diagram for geochemical classification of the kimberlitic rocks // 10th International Kimberlite Conference. Bangalore, India, 2012. Extended Abstract Reg. – 2012. – V. 10. – P. 1–5.

REFERENCES

1. Verichev Ye. M., Sablukov S. M., Sablukova L. I., Zhuravlov D. Z. Novyy tip almazonosnykh kimberlitov Zimnego Berega (Arkhangelskaya 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.)
2. Grib V. P. Osobennosti geologii i magmatizma Arkhangelskoy tektonicheskoy zony (Zona sochleneniya Baltiyskogo shchita i Russkoy plity) [Features of the geology and magmatism of the Arkhangelsk tectonic zone (zone of junction of the Baltic Shield and the Russian plate)], Leningrad, VSEGEI publ., 1982, 28 p. (In Russ.)
3. Dobrynina M. I. Osobennosti razmeshcheniya paleozoyskogo magmatizma severnoy chasti Russkoy plity s pozitsiy kontinentalnogo riftogeneza [Features of the distribution of Paleozoic magmatism in the northern part of the Russian Plate from the standpoint of continental rifting], Geologiya i poleznye iskopayemye severa Yevropeyskoy chasti SSSR, Arkhangelsk, 1991, pp. 5–22. (In Russ.)
4. Dyutoyt A. L. Geologiya Yuzhnoy Afriki, Moscow, Izdatelstvo inostrannoy literatury publ., 1957, 490 p. (In Russ.)
5. Ilupin I. P., Kaminskiy F. V., Frantsesson Ye. V. Geokhimiya kimberlitov [Geochemistry of kimberlites], Moscow, Nedra publ., 1978, 352 p. (In Russ.)
6. Magmaticheskiye gornyye porody [Igneous rocks], V. 5, Ultraosnovnyye porody [Ultrabasic rocks], ed. Ye. Ye. Lazko, Ye. V. Sharkov, Moscow, Nauka, 1988, 508 p. (In Russ.)
7. Maleyev Ye. F. Vulkanity : spravochnik [Volcanic rocks: handbook], Moscow, Nedra publ., 1980, 240 p. (In Russ.)
8. Marakushev A. A. Noduli peridotitov v kimberlitakh i bazaltakh kak pokazateli glubinnogo stroyeniya litosfery [Peridotite nodules in kimberlites and basalts as indicators of the deep structure of the lithosphere], Moscow, Nauka publ., 1984, V. 9, pp. 153–161. (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. Nikitin K. K., Glazkovskiy A. A. Nikelenosnyye kory vyvetrivaniiya ultrabazitov i metody ikh izucheniya [Nickel-bearing weathering crusts of ultrabasites and methods of their study], Moscow, Nedra publ., 1970, 214 p. (In Russ.)
11. Prusakova N. A. Printsipy vydeleniya uchastkov ranga «kusta» kimberlitovykh tel v Zimneberezhnom pole na osnove strukturno-geofizicheskogo rayonirovaniya [principles of identifying areas of the rank of «bush» of kimberlite bodies in the Zimneberezhnoye field based on structural-geophysical zoning], Regionalnaya geologiya i metallogeniya, 2005, No. 26, pp. 179–184. (In Russ.)
12. 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.)
13. Sablukov S. M. K voprosu o fazakh formirovaniya i vozraste trubok vzryva Onezhskogo poluoostrova [On the issue of the phases of formation and age of the eruption tubes of the Onega Peninsula], Doklady AN SSSR, 1984, V. 277, No. 1, pp. 168–170. (In Russ.)
14. Sablukov S. M. Nekotoryye dannyye o stroyenii kimberlitovykh trubok [Some data on the structure of kimberlite pipes], Trudy TSNIGRI, 1987, Is. 218, pp. 37–41. (In Russ.)
15. Sablukov S. M. Novyye dannyye o poverkhnostnykh formakh proyavleniya kimberlitovogo vulkanizma. [New data on surface forms of kimberlite volcanism], Doklady AN SSSR, 1985, V. 282, No. 5, pp. 1223–1226. (In Russ.)

16. *Sablukov S. M.* O vozraste trubok vzryva ultraosnovnykh porod [On the age of volcanic tubes of ultrabasic rocks], Trudy TSNIGRI, 1987, Is. 218, pp. 24–27. (In Russ.)
17. *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.)
18. *Sablukov S. M., Yerokhin A. T.* Osobennosti stroyeniya i veshchestvennogo sostava sill ultraosnovnykh porod [Features of the structure and material composition of the sill of ultrabasic rocks], Trudy TSNIGRI, 1984, Is. 188, pp. 9–17. (In Russ.)
19. *Sablukov S. M., Sablukova L. I.* Sistema rannegertsinskogo kimberlitovogo magmatizma Severa Russkoy platformy kak osnova dlya diagnostiki porod i otsenki ikh potentsialnoy almazonosnosti [The system of early Hercynian kimberlite magmatism of the Northern Russian platform as a basis for diagnostics of rocks and assessment of their potential diamond content], St. Petersburg, VSEGEI publ., 2004, pp. 288–291. (In Russ.)
20. *Sablukov S. M., Sablukova L. I.* Stepen astenosfernogo vliyaniya kak odin iz opredelyayushchikh faktorov raznoobraziya kimberlitovykh porod [The degree of asthenospheric influence as one of the determining factors of the diversity of kimberlite rocks], Irkutsk, IG SO RAN publ., 2006, pp. 175–190. (In Russ.)
21. *Sablukov S. M., Sablukova L. I., Belov A. V.* Shchelochnoy ultraosnovnoy magmatizm Nonokskogo polya Onezhskogo poluoostrova – otrazheniye plyumovykh i subduksionnykh protsessov Belomorskogo regiona (Arkhangelskaya 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 (Arkhangelsk diamond province)], Irkutsk, IG SO RAN publ., 2010, pp. 157–186. (In Russ.)
22. *Sablukov S. M., Sablukova L. I., Verichev Ye. M.* Tipy mantiynogo substrata Zimniberezhnogo rayona v svyazi s formirovaniyem kimberlitov s okruglymi i ploskogrannymi almazami (Arkhangelskaya almazonosnaya provintsia) [Types of mantle substrate of the Zimniberezhny region in connection with the formation of kimberlites with rounded and flat-faced diamonds (Arkhangelsk diamond province)], Irkutsk, IGKH SO RAN publ., 2002, pp. 134–149. (In Russ.)
23. *Sablukov S. M., Sablukova L. I., Stegnitskiy Yu. B., Karpenko M. A., Spivakov S. V.* Vulkanicheskiye porody trubki Nyurbinskaya: otrazheniye sostoyaniya verkhney mantii regiona ot rifeya do karbona, geodinamicheskiye sledstviya [Volcanic rocks of the Nyurbinskaya pipe: reflection of the state of the upper mantle of the region from the Riphean to the Carboniferous, geodynamic consequences], Irkutsk, IG SO RAN publ., 2008, pp. 131–164. (In Russ.)
24. *Sablukov S. M., Sablukova L. I., Shavyrina M. V.* Mantinyye ksenolity iz kimberlitovykh mestorozhdeniy okruglykh almazov Zimniberezhnogo rayona (Arkhangelskaya almazonosnaya provintsia) [Mantle xenoliths from kimberlite deposits of rounded diamonds in the Zimniberezhny region (Arkhangelsk diamond province)], Petrologiya, 2000, V. 2, No. 5, pp. 525–554. (In Russ.)
25. *Sablukova L. I., Sablukov S. M.* Rekonstruktsiya stroyeniya mantiynogo substrata Zimniberezhnogo almazonosnogo rayona po osobennostyam mantiynykh ksenolitov i veshchestvennomu sostavu vulkanicheskikh porod [Reconstruction of the structure of the mantle substrate of the Zimniberezhny diamond-bearing region based on the features of mantle xenoliths and the material composition of volcanic rocks], Regionalnaya geologiya i metallogeniya, 2005, No. 26, pp. 94–102. (In Russ.)
26. *Sablukova L. I., Sablukov S. M., Verichev Ye. M., Golovin N. N.* Petrografiya i khimiya mineralov mantiynykh ksenolitov i ksenokristov iz kimberlitov trubki im. V. Griba (Zimniy Bereg) [Petrography and chemistry of minerals of mantle xenoliths and xenocrysts from kimberlites of the V. Grib pipe (Winter Coast)], Irkutsk, IG SO RAN publ., 2003, pp. 160–186. (In Russ.)
27. *Sinityn A. V., Grib V. P.* [et al.] O vendskoy aktivizatsii severnoy chasti Russkoy platformy SSSR [On the Vendian activation of the northern part of the Russian platform of the USSR], Dokl. AN SSSR, 1982, V. 264, No. 2, pp. 680–682. (In Russ.)
28. *Shtefan L. V.* Petrologiya shchelochno-ultraosnovnogo magmatizma Zhlobinskogo polya (Belarus) v svyazi s yego vozmozhnoy almazonosnostyu [Petrology of alkaline-ultrabasic magmatism of the Zhlobin field (Belarus) in connection with its possible diamond potential], Minsk, 2000, 21 p. (In Russ.)
29. *Shchukin V. S., Sablukov S. M., Sablukova L. I., Belousova Ye. A., Griffin V. L.* Pozdnevendskiy aeralnyy shchelochnoy vulkanizm riftogennogo tipa v Zimniberezhnom kimberlitovom rayone (Arkhangelskaya Almazonosnaya Provintsia) [Late Vendian aerial alkaline volcanism of riftogenic type in the Zimniberezhny kimberlite region (Arkhangelsk Diamond Province)], Irkutsk, IrGTU publ., 2002, pp. 151–165. (In Russ.)
30. *Jagoutz T., Palme H., Baddenhausen H.* [et al.] The abundances and trace elements in the earth mantle as derived from primitive ultramafic nodules, Proc. X Lunar Planet. Sci. Conf, 1979, pp. 2031–2050.
31. *Sablukov S. M.* Diagram Ta-Sc – the universal discrimination diagram for geochemical classification of the kimberlitic rocks, 10th International Kimberlite Conference. Bangalor, India, 2012. Extended Abstract Reg. 2012, V. 10, pp. 1–5.

Статья поступила в редакцию 27.01.25; одобрена после рецензирования 25.02.25; принята к публикации 25.02.25.
The article was submitted 27.01.25; approved after reviewing 25.02.25; accepted for publication 25.02.25.