

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

УДК 549.553:81

ПОЛИГЕНЕЗ АЛМАЗОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

**В.П. Афанасьев, С.С. Лобанов, Н.П. Похиленко, В.И. Коптиль\*, С.И. Митюхин\*,  
А.В. Герасимчук\*, Б.С. Помазанский\*, Н.И. Горев\***

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

*\* ЯНИГП ЦНИГРИ, АК «АЛРОСА», 678170, Мирный, ул. Ленина, 6, Россия*

Алмазы Сибирской платформы рассмотрены с точки зрения их полигенеза, а именно происхождения из разных типов коренных источников. Выделены пять типов алмазов, вероятно, связанных с разными коренными источниками. Показано распределение разных типов алмазов на территории Сибирской платформы. Для двух типов алмазов — кимберлитовых и импактных — тип коренного источника известен, они связаны с кимберлитами фанерозойского возраста и астроблемами. Для трех типов алмазов предполагаются источники алмазов некимберлитового типа, в том числе докембрийского возраста.

*Алмаз, источники алмазов, полигенез, Сибирская платформа.*

POLYGENESIS OF DIAMONDS IN THE SIBERIAN PLATFORM

**V.P. Afanas'ev, S.S. Lobanov, N.P. Pokhilenko, V.I. Koptil', S.I. Mityukhin,  
A.V. Gerasimchuk, B.S. Pomazanskii, and N.I. Gorev**

Diamonds from the Siberian Platform have been studied in terms of their polygenesis, specifically their origin from different types of primary sources. Five types of diamonds have been distinguished, which might have originated from different primary sources, and their distribution over the platform has been shown. The sources of two types of diamonds (kimberlitic and impact) are known. The former originated from Phanerozoic kimberlites, and the latter, from astroblemes. For the other types, nonkimberlitic sources are suggested, including Precambrian ones.

*Diamond, diamond sources, polygenesis, Siberian Platform*

ВВЕДЕНИЕ

Россыпи алмазов широко развиты в современных аллювиальных отложениях и древних осадочных коллекторах по всей Сибирской платформе (СП). В пределах ее центральной части для большинства россыпей установлена их генетическая связь с высокоалмазоносными кимберлитами фанерозойского возраста, продуктивность которых удовлетворительно коррелирует с запасами и ресурсами алмазов в россыпях.

Иная картина наблюдается на северо-востоке Сибирской платформы. В этом районе в течение тридцати лет ведется промышленная эксплуатация крупных по запасам алмазных россыпей, однако их коренные источники до сих пор не обнаружены. Убогая алмазоносность найденных кимберлитовых тел преимущественно мезозойского возраста не позволяет идентифицировать их в качестве источников россыпей. Предположение, что на территории присутствуют еще не найденные высокоалмазоносные кимберлитовые тела, аналогичные кимберлитам центральных частей платформы, не находит своего подтверждения по причине того, что индикаторные минералы кимберлитов, ассоциирующие в большинстве россыпей с алмазами, по минералогическим критериям алмазоносности [Соболев и др., 1969; Соболев, 1971; Sobolev et al., 1973] соответствуют слабалмазоносным или неалмазоносным коренным источникам. Возникает противоречие между высокой россыпной и крайне низкой коренной алмазоносностью, связанной с кимберлитами фанерозойского возраста данного региона.

Многолетние усилия по решению этой проблемы привели к установлению факта, что алмазы из россыпей как Сибирской платформы, так и некоторых других регионов с россыпной алмазоносностью

обладают намного более широким спектром типоморфных особенностей, чем алмазы из известных кимберлитов. Более того, некоторые разновидности алмазов вообще не характерны для фанерозойских кимберлитов СП либо встречаются в них в незначительных количествах [Афанасьев и др., 1998, 2009б; Зинчук, Коптиль, 2003]. Это позволяет сделать предположение, что алмазы в россыпях Сибирской платформы представляют собой полигенную смесь и наряду с типичными кимберлитовыми присутствуют алмазы из неизвестных пока типов коренных источников, отличающихся от кимберлитов. Нами обсуждалась возможность докембрийского возраста этих источников [Афанасьев и др., 1998]; со ссылкой на работу М.П. Метелкиной с соавторами [1976] отмечалась пространственная приуроченность алмазов из неизвестных источников к выступам докембрийского фундамента, чем обосновывалось попадание экзотических алмазов в молодые россыпи за счет размыва древних прибрежно-морских россыпей в пределах щитов. Однако прямых достоверных находок алмазов в докембрийских отложениях пока недостаточно и вопрос возраста предполагаемых неизвестных источников алмазов остается открытым.

Исходя из предположения о полигенезе нами была проведена типизация алмазов Сибирской платформы по принадлежности к разным типам коренных источников, а также картирование выделенных типов алмазов по территории СП с применением автоматизированных систем обработки данных; полученные данные позволили выявить закономерности размещения алмазов разных типов по территории платформы.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

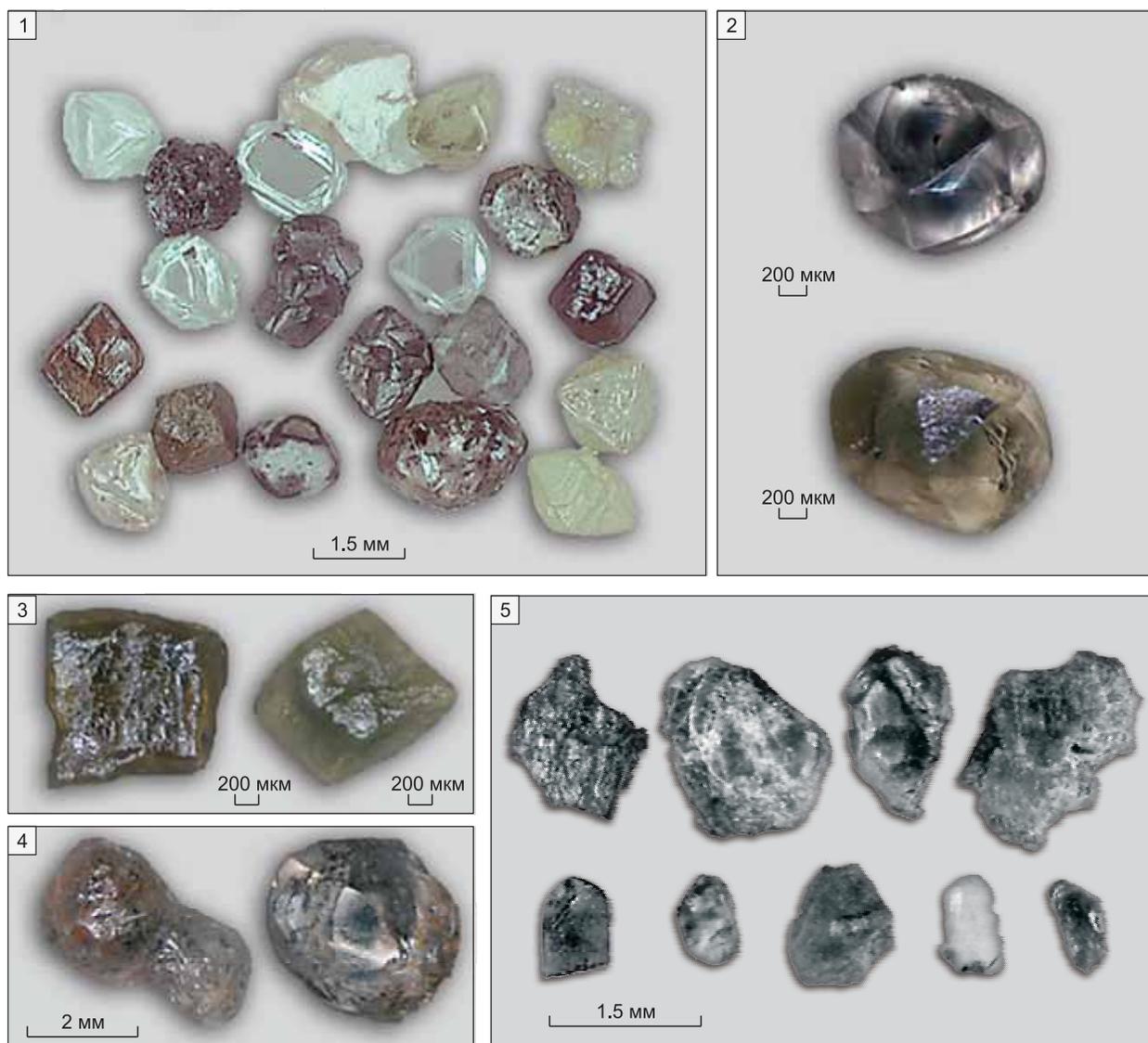
Для выделения типов алмазов, связанных с разными коренными источниками, нами использованы классификация алмазов Ю.Л. Орлова [Орлов, 1965, 1984] с элементами морфологической классификации З.В. Бартошинского [Бартошинский, Квасница, 1991] и ряд специфических типоморфных особенностей, позволяющих разделять алмазы на независимые типы. Фактографической базой послужила сводка данных АК «АЛРОСА», включающая задокументированные с 50-х годов прошлого века находки кристаллов по 72 кимберлитовым телам и 222 россыпям.

На основе выделенных типов алмазов была создана база данных, в которой каждому объекту (россыпи) соответствуют пространственные координаты  $X$ ,  $Y$ , а также характеристика алмазов объекта (распределение выделенных типов алмазов, в %). Средствами ArcGis 9.3 база данных была визуализована, добавлены дополнительные слои — геологическая основа и гидросеть. В итоге получен удобный инструмент, с помощью которого можно создавать карты разного масштаба на территорию Сибирской платформы.

Учитывая крайнюю неравномерность пространственного распределения россыпей и питающих их коренных источников, для выявления неочевидных закономерностей в распределении алмазов возникла необходимость интерполировать распределение алмазов с построением равномерной сетки с заданным шагом с конкретным значением в каждом узле. В настоящее время для решения таких задач в геологии используются различные методы построения экстраполирующих и интерполирующих функций, которые имеют ряд особенностей, делающих их узкоспециализированными. По этой причине мы пользовались главным образом двумя методами: методом Криге [Krige, 1951; Матерон, 1968] и методом обратных взвешенных расстояний [Shepard, 1968]. Метод Криге — это геостатический метод, в котором для каждой пробы рассчитывается такой вес, при котором получаемые оценки среднего обладают минимальной дисперсией. Метод обратных взвешенных расстояний предполагает, что каждая входная точка имеет влияние, убывающее с расстоянием. Заранее выбрать оптимальный метод построения сети не представляется возможным, необходимо делать выбор, сравнивая полученные распределения с реальными, учитывая их геологический смысл. По этой причине нами был выбран метод обратных взвешенных расстояний, так как полученные с его помощью распределения лучше соответствуют геологической реальности. Использована база данных по алмазам из россыпей Сибирской платформы (222 точки). Метод обратных взвешенных расстояний реализован в ArcGis 9.3. Исходные параметры: Output cell size — 50 000 м (определяет размер сети, в м), Power — 2 (характеризует степень влияния окружающих точек на интерполируемое значение), Search Radius Settings — Fixed, 250 000 м (эмпирический параметр, указывает расстояние, на которое будет создана интерполирующая функция от ближайших точек, в м). Следует отметить, что использованный метод интерполяции срабатывает как экстраполятор на крайних точках (на расстоянии 250 км от ближайшей точки), что приводит к образованию краевых артефактов, в области которых распределения не могут считаться корректными.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Детальное изучение типоморфных особенностей алмазов из россыпей СП позволило выделить пять их типов, связанных с разными предполагаемыми типами коренных источников (рис. 1). Лишь для кимберлитового типа и импактных алмазов («якутитов») коренные источники известны, остальные выделены по специфичности комплексов их типоморфных особенностей, по особенностям пространствен-



**Рис. 1. Пять типов алмазов Сибирской платформы.**

ного распределения данных алмазов, по их нетипичности для кимберлитовых источников, а также по отсутствию связи выделенных типов алмазов с индикаторными минералами кимберлитов.

Максимальное разнообразие алмазов — все пять указанных типов — имеет место в россыпях северо-востока Сибирской платформы, благодаря чему здесь сложилась чрезвычайно сложная обстановка с прогнозом коренных месторождений алмазов. Именно это разнообразие алмазов дало возможность Ю.Л. Орлову разработать свою классификацию алмазов [Орлов, 1965], которую он апробировал на характеристике алмазов р. Моторчуна. Ее россыпь содержит все разнообразие алмазов, характерных для северо-востока платформы: I разновидность — 75—76 %, II разновидность — 9 %, V разновидность — 3.7 %, VII разновидность — 19—20 %, IV разновидность — 1—2 % [Орлов, Прокопчук, 1965]. Позднее другим исследователям классификацию пришлось детализировать. В частности, были объединены в одну разновидность алмазы V и VII разновидностей [Афанасьев и др., 2000], алмазы I разновидности подразделены на две категории — алмазы ряда октаэдр — ламинарный додекаэдр, характерные для кимберлитов, и округлые додекаэдровиды, доля которых в продуктивных кимберлитах редко превышает 20 % [Зинчук, Коптиль, 2003]. Ревизия алмазов р. Моторчуна показала, что в россыпи доминируют округлые додекаэдровиды (64 % от общего количества алмазов), что позволяет предполагать влияние либо весьма специфических кимберлитов, либо некимберлитовых источников алмазов.

Необходимо отметить, что из-за резких различий типоморфных особенностей выделенных групп алмазы северо-востока платформы изучены неодинаково. Так, парагенезисы включений изучены глав-

ным образом для алмазов I разновидности: благодаря прозрачности в них можно обнаружить включения, тогда как в темных алмазах V—VII разновидности их обнаружить крайне сложно. Оптические свойства алмазов также проще изучать на алмазах I разновидности. Поэтому, описывая те или иные особенности алмазов северо-востока, необходимо обязательно указывать, к какой группе алмазов они относятся.

Ниже дана характеристика выделенных групп алмазов.

**Тип 1 (кимберлитовый)** включает алмазы, соответствующие алмазам из фанерозойских кимберлитов. Дать общую характеристику алмазов из кимберлитов крайне сложно из-за их полигенеза, на который обращал внимание еще Ю.Л. Орлов [Орлов, 1977]. В наиболее общем виде для них свойственно резкое преобладание алмазов I разновидности по классификации Ю.Л. Орлова [Орлов, 1965, 1984], представленных ламинарными кристаллами октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного между ними габитуса, образующими непрерывный ряд кристаллов с ламинарным строением граней. Кроме того, присутствует небольшое количество додекаэдров с «шагренью» и полосами пластической деформации, имеются в незначительных количествах серые кубоиды III разновидности, поликристаллические образования VIII разновидности, редко встречаются желтые кубоиды II разновидности. В данном типе резко преобладают алмазы ультраосновных парагенезисов с мантийным изотопным составом углерода ( $\sigma^{13}\text{C} = -(3-9\text{‰})$ ), эклогитовые играют подчиненную роль как в кимберлитах, так и в связанных с ними россыпях и имеют более широкий диапазон изотопного состава углерода. Для кимберлитового типа алмазов нехарактерны округлые скрытоламинарные додекаэдровиды с частотой встречаемости более 20—25 %, кубоиды II и III разновидностей в количестве более 3—5 %, полностью отсутствуют алмазы VI разновидности (балласы), V—VII разновидности, карбонадо X разновидности и импактные алмазы XI разновидности.

**Тип 2 (предположительно лампроитового генезиса)** включает округлые (скрытоламинарные) алмазы додекаэдрического габитуса [Шафрановский, 1948], так называемого «бразильского» или «уральского» типов, с переменным, но часто повышенным количеством алмазов эклогитовых парагенезисов. Кристаллы обычно имеют признаки повышенного механического износа, связанного с прибрежно-морскими условиями формирования россыпей. В кимберлитовых телах фанерозойского возраста Сибирской платформы доля подобных кристаллов обычно не превышает 20—25 %. В кимберлитовых телах с повышенным уровнем алмазоносности доля кристаллов «уральско-бразильского» типа снижается до 10 % и менее.

Скрытоламинарные додекаэдровиды широко распространены в алмазоносных провинциях мира, доминируя, как правило, в осадочных коллекторах докембрийского возраста. Это россыпи Индии, Бразилии, Южной Африки (Витватерсранд), а также россыпи Сьерра-Леоне, Алжирской Сахары, Австралии и многих других регионов [Соболев, 1951; Метелкина и др., 1976]. На территории России именно такие алмазы преобладают в россыпях Урала [Кухаренко, 1955] и Присяянья. Два достоверно установленных алмаза в бассейне р. Джеконда (Центрально-Алданский район) также относятся к этому типу [Афанасьев и др., 2009б].

На территории СП скрытоламинарные додекаэдровиды в качестве минералогического фона распространены повсеместно. При этом максимальные концентрации таких алмазов тяготеют к выступам докембрия. Обычно эти алмазы имеют повышенный механический износ, недостижимый в фанерозойских условиях развития россыпей. По совокупности признаков можно предполагать, что алмазы типа 2 связаны с докембрийскими коренными источниками и их присутствие в более молодых отложениях обусловлено размывом докембрийских прибрежно-морских коллекторов, образовавшихся за счет этих источников [Афанасьев и др., 2009б].

Тип коренного источника предполагается лампроитовым по аналогии с докембрийскими лампроитами Присяянья (Ингашино поле) [Секерин и др., 1995], индийской трубкой протерозойского возраста Маджгаван [Соболев и др., 1993], содержащими округлые алмазы.

Важно отметить, что для округлых додекаэдровидов в молодых коллекторах не выделены минералы-индикаторы, сопутствующие им в коренных источниках. При той степени износа, которую приобретают додекаэдровиды в процессе формирования древних прибрежно-морских россыпей, индикаторные минералы уничтожаются практически полностью [Афанасьев и др., 2008], поэтому о характере коренного источника можно судить лишь по алмазам.

**Тип 3 (неизвестный тип коренного источника)** включает желто-оранжевые, зеленые кубоиды II разновидности, по Ю.Л. Орлову, с изотопным составом «промежуточного» типа ( $\sigma^{13}\text{C}$  в среднем — 13.6 ‰ [Афанасьев и др., 1998]), в небольшом количестве встречающиеся в кимберлитах, однако широко распространенные в россыпях северо-востока Сибирской платформы. К сожалению, в старых описаниях кубоиды фиксируются без разделения на разновидности (II и III), поэтому мы вынуждены при картировании объединить их. Однако анализ истории создания Ю.Л. Орловым его классификации показывает, что она была разработана главным образом на основе представительного количества алмазов из

россыпи реки Моторчуна на северо-востоке платформы [Орлов, Прокопчук, 1965], поэтому типичные алмазы II разновидности встречаются и доминируют именно там, тогда как в других местах это могут быть алмазы как II, так и III разновидности.

Как и для округлых додекаэдроидов, комплекс индикаторных минералов, характерный для коренных источников кубоидов СП, не установлен. Для алмазов II разновидности северо-востока платформы характерен повышенный механический износ, поэтому проблематично ожидать присутствие характерных для их источников индикаторных минералов.

**Тип 4 (неизвестный тип коренного источника)** включает алмазы V и VII разновидностей, по Ю.Л. Орлову. Алмазы этих разновидностей легко выделяются в комплексах алмазов из россыпей северо-востока Сибирской платформы благодаря физиографической специфике и схожести между собой: это кристаллы октаэдрического габитуса (редко) или их сростки, а также формы растворения — додекаэдроиды и переходные формы между октаэдрами и додекаэдроидами (часто); кристаллы переполнены черными хлопьевидными включениями (графит по стенкам уплощенных вакуолей с флюидами); на кристаллах развиты шрамы и щели травления по выведенным на поверхность в процессе магматического растворения вакуолям. Данные алмазы очень широко распространены в россыпях северо-востока платформы, составляя местами до половины и более продукции россыпей, что свидетельствует о высокой алмазоносности и больших масштабах коренных источников.

Нами впервые проведена детальная минералогическая паспортизация представительной коллекции типичных кристаллов V и VII разновидностей из россыпи р. Эбелях (север Якутской алмазоносной провинции), которая однозначно показала, что это совершенно идентичные кристаллы, разделенные Ю.Л. Орловым лишь по формальному признаку (V — монокристаллы, VII — сростки), и их следует рассматривать в рамках одной разновидности; чтобы не нарушать номенклатуру Ю.Л. Орлова, мы называем эту разновидность «V—VII» [Афанасьев и др., 2000]. Для нее характерны: балласовое радиально-лучистое строение, несмотря на исходную октаэдрическую форму роста; легкий изотопный состав углерода (среднее значение  $\delta^{13}\text{C}$  составляет  $-22.2\text{‰}$  для V и  $-20.9\text{‰}$  для VII разновидностей), соответствующий коровому органическому углероду; экстремально высокая структурная примесь азота главным образом в форме A (до 1200 и более ppm); обилие флюидных включений (ведущие компоненты  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , N); пониженная плотность ( $3.500\text{—}3.508\text{ г/см}^3$ , тогда как алмазы I разновидности —  $3.51543\text{ г/см}^3$ ); эклогитовый тип парагенезиса, что следует из легкого изотопного состава углерода [Соболев и др., 1979]; на него же указывают включения коэсита, впервые обнаруженного в якутских алмазах Н.В. Соболевым [Соболев и др., 1976; Соболев, 2006] и позднее найденного в алмазе V—VII разновидности [Рагозин и др., 2002], найденное нами включение рутила с примесью глинозема, характерное для эклогитовых алмазов [Афанасьев и др., 2009а] и ряд других особенностей.

Кроме того, эти алмазы в россыпях выделяются в сравнении с другим повышенным механическим износом, вплоть до полной овализации. В россыпях, связанных со среднепалеозойскими кимберлитовыми телами, алмазы никогда не приобретают износ выше слабого, выраженного в незначительном выкрошивании острых ребер сколов и «леденцовой» скульптуры, представляющей собой механогенную полировку в прибрежно-морских условиях [Афанасьев и др., 2000].

В известных на Сибирской платформе среднепалеозойских и мезозойских кимберлитах алмазы V—VII разновидности отсутствуют и встречаются в изобилии только в россыпях ее северо-восточной части на площади по широте от внутренних частей Анабарского щита до Западного Верхоянья и в меридиональном направлении от побережья моря Лаптевых примерно до широты р. Муна. За пределами данной площади алмазы V—VII разновидности не встречаются. Подобные алмазы неизвестны в других алмазоносных регионах мира. Ссылки на присутствие алмазов V—VII разновидности в кимберлитах Архангельской провинции [Зинчук и др., 2001], как показали наши исследования, ошибочны: при внешнем сходстве они резко отличаются по изотопному составу углерода ( $\delta^{13}\text{C} = -4.6\text{‰}$ ), лучше окристаллизованы, имеют иной состав флюидных включений, поэтому мы предполагаем эндемичный характер данного типа алмазов.

**Тип 5 (импактный)** включает так называемые «якутиты» — микрокристаллические образования в виде бесформенных, нередко пластинчатых зерен желтоватого, темно-бурого до стально-серого цвета, внешним видом напоминающие шлак. Важнейшей особенностью якутитов является присутствие в их структуре лондейлитовой фазы — высокобарической гексагональной модификации углерода, характерной для алмазов из метеоритных кратеров. Сравнение по широкому комплексу типоморфных признаков якутитов с алмазами Попигайской астроблемы (размер кристаллов, текстурированность, наличие лондейлита, особенности люминесценции, изотопный состав углерода) показало их полное сходство [Вишневский и др., 1997]. Это дает основание связать происхождение якутитов с Попигайской астроблемой.

Таким образом, в россыпях Сибирской платформы присутствуют по меньшей мере три группы алмазов, источник которых неизвестен, и есть основания предполагать, что он не кимберлитовый.

Для картирования использовано относительное количество (доля) алмазов выделенных типов в общей совокупности алмазов каждой пробы. При этом следует учитывать, что пробы очень сильно различаются по количеству изученных алмазов, поэтому представительные пробы более полно отражают распределение выделенных типов алмазов, тогда как бедные алмазами пробы могут быть представлены лишь доминирующим типом. При картировании учтены алмазы из известных кимберлитов, однако это главным образом среднепалеозойские кимберлитовые тела центральной части Якутии, а известные триасовые и юрские кимберлиты за редкими исключениями неалмазоносны. Основная картина полигенеза алмазов в пределах платформы определяется алмазами из россыпей. На картах обозначены известные кимберлитовые поля в соответствии с их возрастом.

Следует отметить, что территория Сибирской платформы опробована на алмазы крайне неравномерно и в разное время начиная с конца 40-х годов прошлого века, причем во многих точках с тех пор опробование не повторялось. Очень слабо изучены территории Красноярского края и Иркутской области. Выпадает из карт северная часть Тунгусской синеклизы, где на площади распространения пермтриасовых траппов на стадии съемочных работ не были зафиксированы алмазы и индикаторные минералы кимберлитов и, соответственно, не найдены кимберлиты. Не найдены алмазы и кимберлиты во внутренних частях Вилуйской синеклизы. На обширной территории Алданского района имеются лишь две задокументированные находки алмазов второго типа. Наиболее детально опробована на алмазы территория Западной Якутии, называемая Якутской алмазоносной провинцией. Несмотря на это, карты достаточно полно отражают современную изученность алмазоносности СП. Расположение проб, алмазы которых использованы при картировании, показано на рис. 2.

Минералогические карты (рис. 3, 4) показывают крайне неравномерное распределение алмазов выделенных типов по территории Сибирской платформы. Отчетливо видно (рис. 3), что кимберлитовые алмазы распространены по всей Сибирской платформе, но площадь их максимальных концентраций охватывает центральную часть платформы в районе известных промышленных кимберлитовых полей. Заметный максимум расположен в пределах Красноярского края (Тычанский алмазоносный район, где прогнозируются продуктивные среднепалеозойские кимберлиты). Незначительный максимум неясной природы располагается к запад-юго-западу от Мирнинского кимберлитового поля в пределах юго-восточной окраины Тунгусской синеклизы; его обуславливают алмазы из аллювия р. Тетяя, найденные в конце 40-х—начале 50-х годов прошлого века. Два локальных максимума расположены на севере; один из них связан с районом Кютюндинского грабена, где прогнозируется продуктивное среднепалеозойское кимберлитовое поле [Соболев и др., 1981], второй располагается к востоку от Мерчимденского кимберлитового поля.

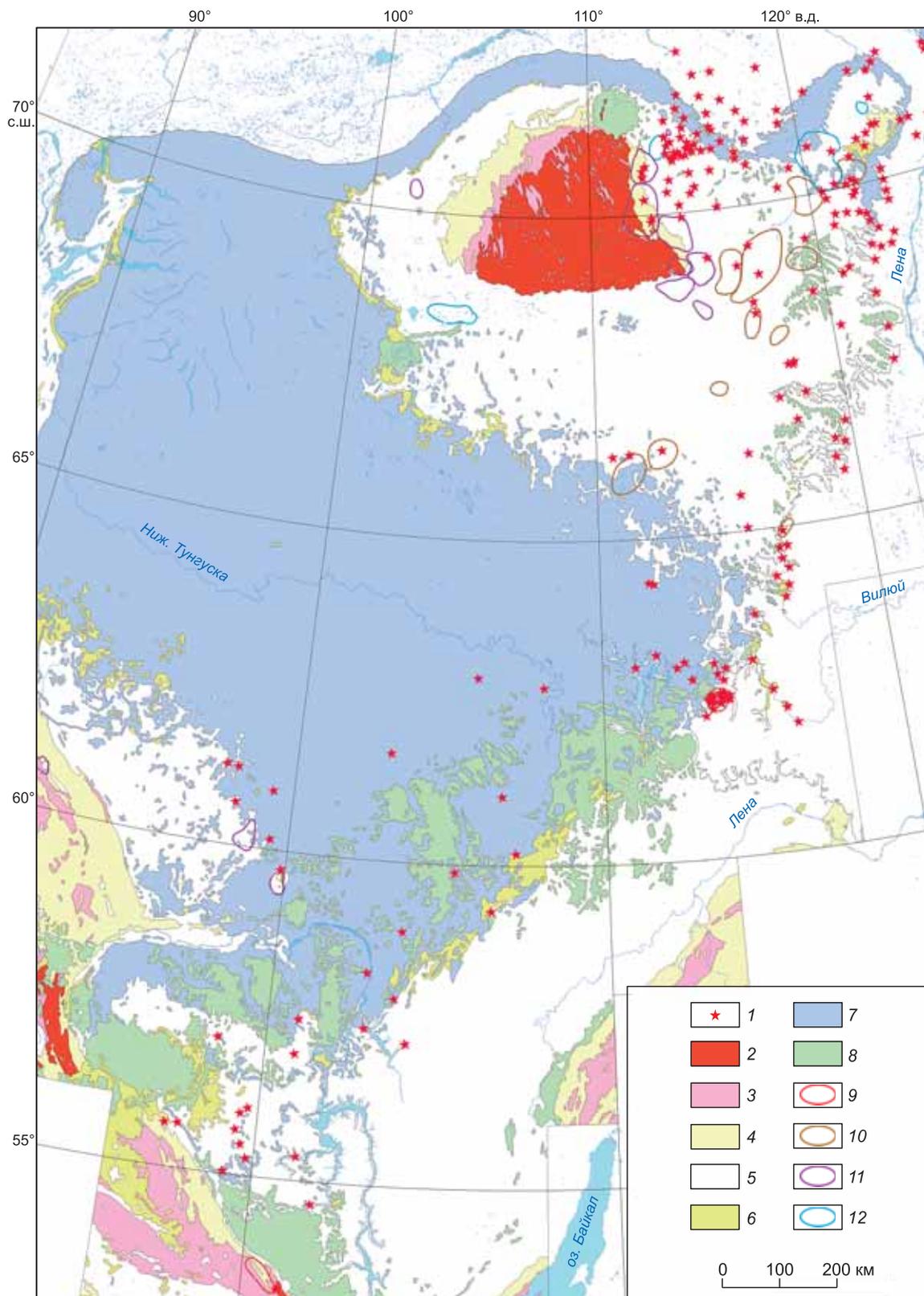
Распределение округлых додекаэдровидов второго типа (см. рис. 4, А) альтернативно распределению кимберлитовых алмазов, т.е. кимберлитовые алмазы и округлые додекаэдровиды ведут себя как антагонисты. Количество округлых алмазов минимально в центральной части СП на площади развития известных продуктивных среднепалеозойских кимберлитов. Яркий максимум расположен в Иркутской области с постепенным затуханием на север. Интересно, что ряд локальных максимумов располагается на траппах Тунгусской синеклизы, а также окаймляет Тычанский район распространения кимберлитовых алмазов с севера. Повышенные переменные количества округлых алмазов распространены на северо-востоке платформы с максимумами в районе Анабарского щита и Оленекского поднятия.

Алмазы третьего типа — кубоиды — II и III разновидности (см. рис. 4, Б) распространены главным образом по северо-востоку Сибирской платформы без четких закономерностей, образуя лишь две контрастные локальные аномалии. Небольшое количество кубоидов встречается в других местах СП, не определяя в целом характер ассоциаций алмазов. Поэтому можно сделать вывод, что именно северо-восток платформы специализирован по кубоидам и это главным образом кубоиды II разновидности, описанные Ю.Л. Орловым [Орлов, Прокопчук, 1965].

Алмазы четвертого типа, включающего V—VII разновидности алмазов (см. рис. 4, В) распространены только на северо-востоке Сибирской платформы, где образуют ряд локальных аномалий по восточному обрамлению Анабарского щита, в районе Оленекского поднятия и в центральной части площади. Южнее р. Муна эти алмазы практически исчезают.

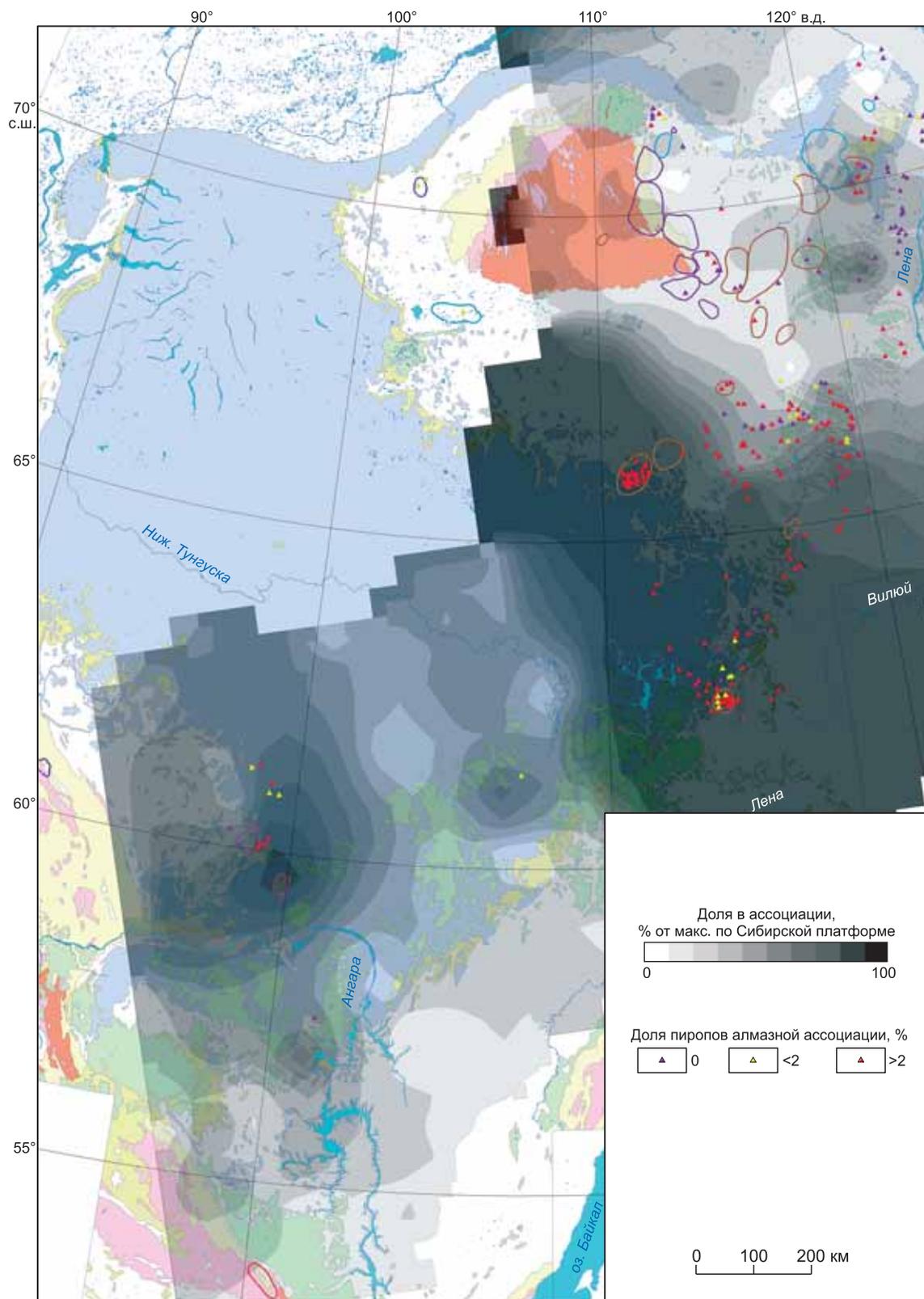
Распространенность импактных алмазов, являющихся продуктами дальнего закрайного выброса из Попигайской астроблемы, показана на рис. 4, Г. Яркая аномалия якутитов в нижнем течении р. Лена свидетельствует не столько о скоплении этих алмазов, сколько об отсутствии здесь других типов алмазов. Максимальное расстояние, на котором найдены якутиты за пределами Попигайского кратера, превышает 500 км.

Поскольку основным коренным источником алмазов на Сибирской платформе являются кимберлиты, а их алмазоносность связана с наличием гранатов алмазной ассоциации [Соболев, 1971], нами подготовлена карта распределения гранатов алмазной ассоциации по кимберлитовым телам и ореолам рассеяния СП, составленная на основе обширнейшей базы данных, накопленной под руководством



**Рис. 2. Размещение известных россыпей алмазов на Сибирской платформе.**

1 — россыпи алмазов; структурные ярусы: 2 — архей, 3 — палеопротерозой, 4 — мезопротерозой—неопротерозой, 5 — венд—силур, 6 — девон—раннекаменноугольный, 7 — позднекаменноугольный—триас, 8 — юра—четвертичный; кимберлитовые поля: 9 — протерозойские, 10 — среднепалеозойские, 11 — раннемезозойские, 12 — позднемезозойские.



**Рис. 3. Распределение алмазов кимберлитового типа, совмещенное с распределением гранатов алмазной ассоциации, по Н.В. Соболеву [1971].**

Усл. обозн. см. на рис. 2.

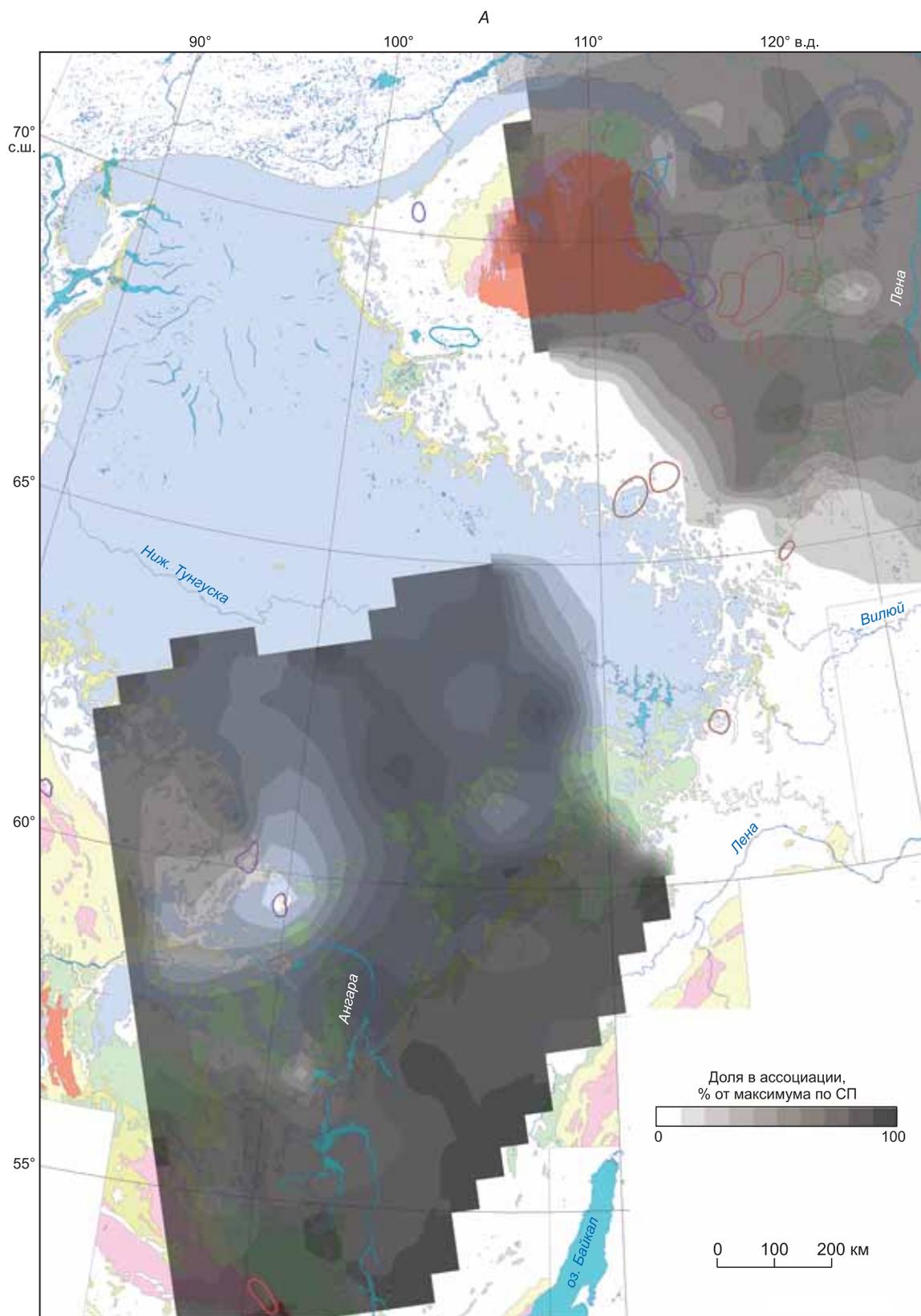
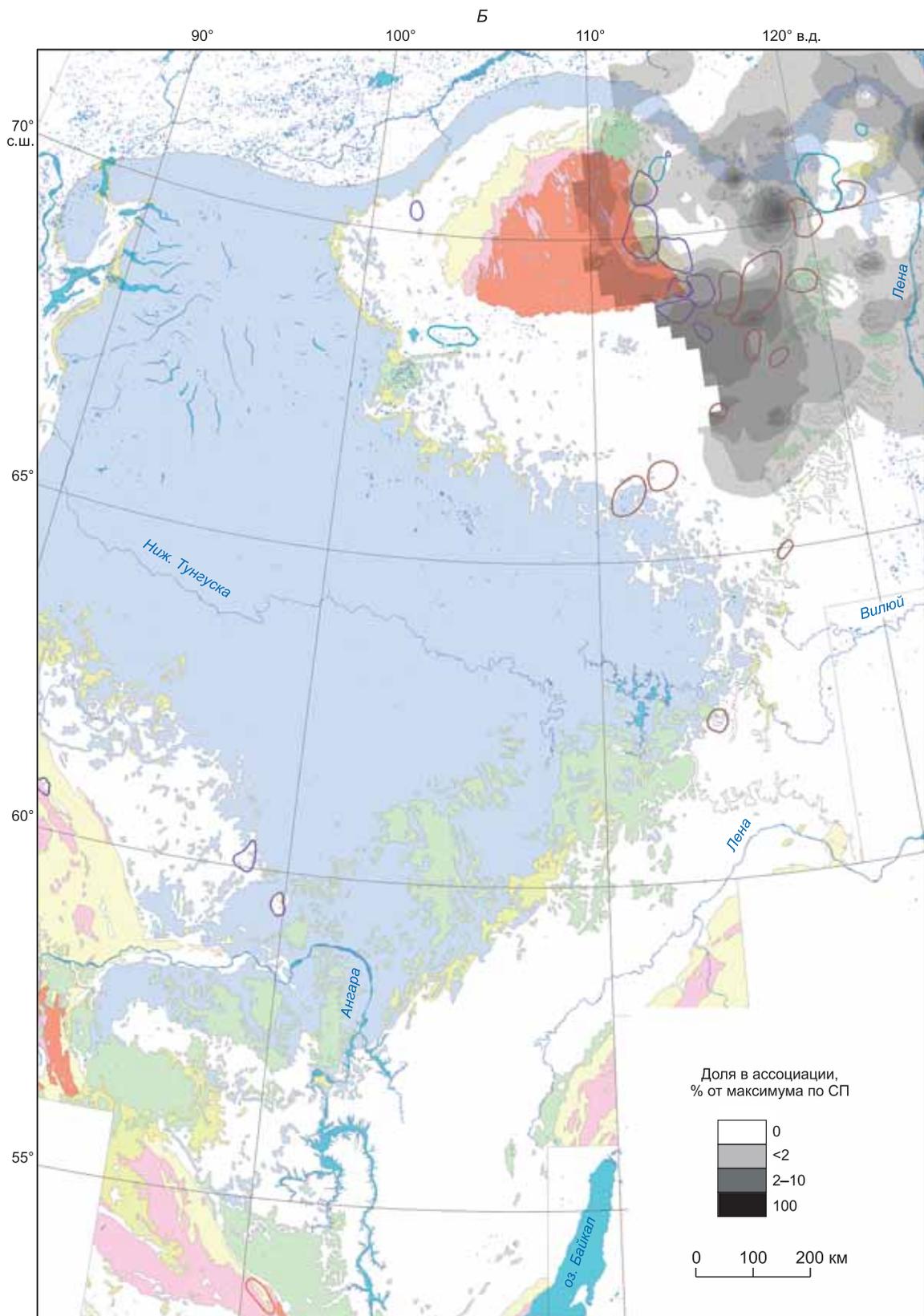


Рис. 4. Начало.



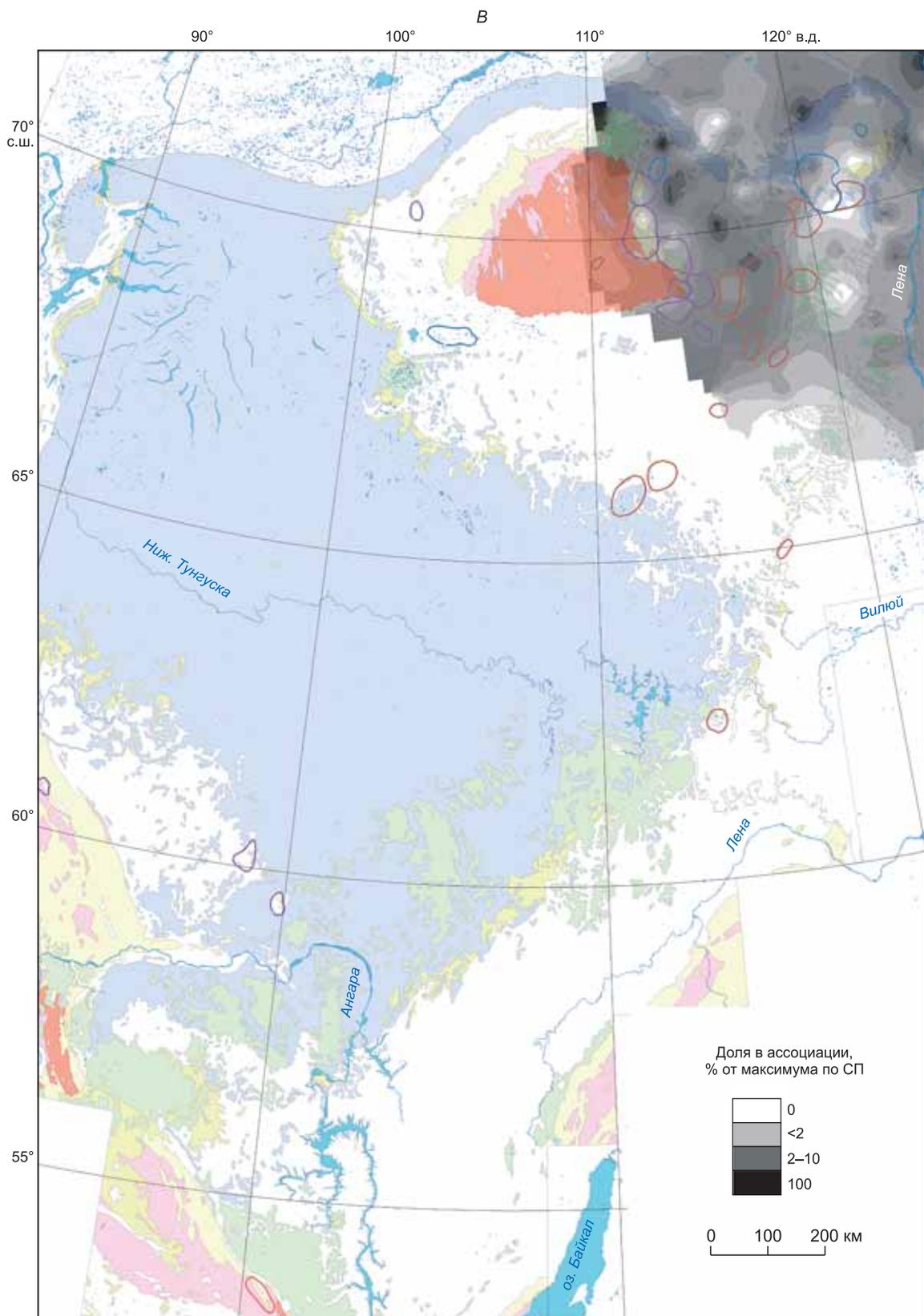


Рис. 4. Продолжение.

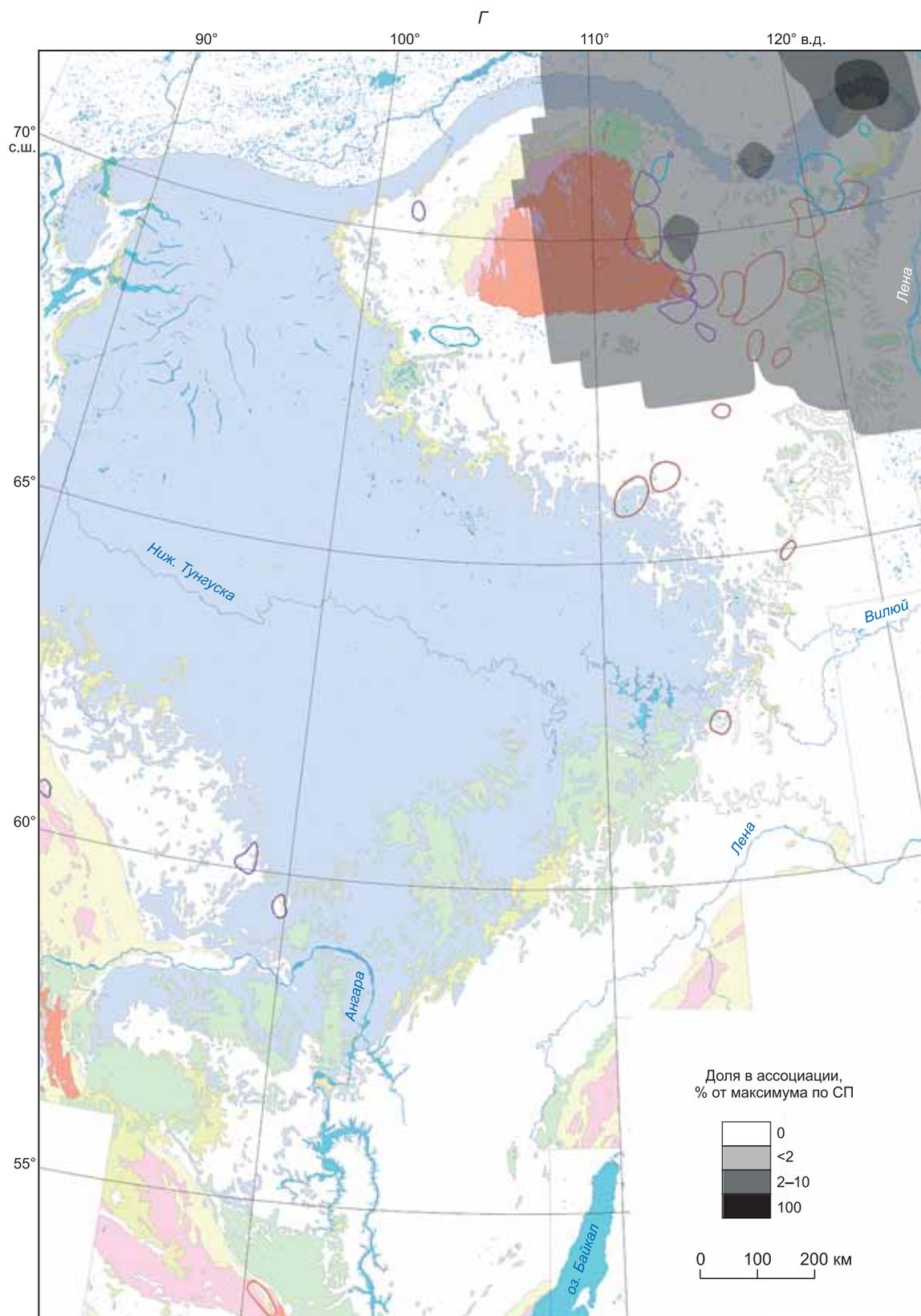


Рис. 4. Распределение: округлых додекаэдровидов (А), кубовидов (Б), алмазов V—VII разновидности (В), «якутитов» (Г). Усл. обозн. см. на рис. 2.

Н. В. Соболева и Н.П. Похиленко в Институте геологии и минералогии СО РАН с начала 70-х годов прошлого века; эта карта совмещена с картой распределения алмазов кимберлитового типа (см. рис. 3). Видно, что распределение гранатов алмазной ассоциации достаточно хорошо коррелирует с распределением алмазов кимберлитового типа.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Алмазы I типа (кимберлитовые).** Основным типом коренного источника алмазов на Сибирской платформе являются кимберлиты, из которых только среднепалеозойские промышленно алмазоносны. Лишь единичные кимберлитовые тела триасового и юрского возрастов имеют незначительную алмазоносность, большинство же их лишены алмазов.

В соответствии с минералогическими критериями алмазоносности, по Н.В. Соболеву, алмазоносность кимберлитов прямо связана с наличием гранатов алмазной ассоциации [Соболев и др., 1969; Соболев, 1971; Sobolev et al., 1973]. Карты распределения алмазов кимберлитового типа и гранатов алмазной ассоциации демонстрируют хорошее совпадение (см. рис. 3); это, во-первых, подтверждает действенность данного критерия алмазоносности, во-вторых, показывает, что основные перспективы коренной алмазоносности сосредоточены в центральной части платформы в пределах Западной Якутии (см. рис. 3), а за ее пределами лишь на локальных площадях (Тычанский район в Красноярском крае, район Кютюндинского грабена, площадь к востоку от Мэрчимденского поля) имеются признаки алмазоносных, в том числе промышленных, кимберлитов. На остальной изученной территории СП кимберлитовые алмазы присутствуют, но их доля, как и гранатов алмазной ассоциации, невелика.

Северо-восток платформы — это площадь широкого развития мезозойских кимберлитов. Здесь расположены  $\frac{3}{4}$  всех найденных на Сибирской платформе кимберлитовых тел (всего найдено около 1300 тел), и это в подавляющем большинстве непродуктивные тела триасового и юрско-мелового возрастов. Являются ли они поставщиками кимберлитовых алмазов и гранатов алмажной ассоциации в россыпи? На наш взгляд, нет. Подавляющее большинство гранатов в россыпях северо-востока Сибирской платформы имеют признаки гипергенной коррозии, связанной со среднепалеозойской латеритной корой выветривания [Афанасьев и др., 2001], что свидетельствует о происхождении этих гранатов из среднепалеозойских кимберлитов, но очень низкая и неравномерная встречаемость в россыпях гранатов алмажной ассоциации указывает на низкую алмазоносность этих кимберлитов или отсутствие таковой. Тем не менее при значительной величине эрозионного среза среднепалеозойских кимберлитов на этой территории они могли обеспечить переменные, местами повышенные количества кимберлитовых алмазов в россыпях.

На юге платформы (Иркутская область) алмазы кимберлитового типа встречаются в переменных, как правило, незначительных концентрациях и не определяют характер алмазных ассоциаций. К сожалению, мы не располагаем данными по распределению гранатов алмажной ассоциации по Иркутской области из-за крайне слабой ее опосредованности. Алмазы здесь были найдены еще в 1950-е годы (Шелеховская россыпь в районе г. Тайшет) без сопровождения индикаторными минералами кимберлитов; главным образом это округлые додекаэдровиды второго типа. Реальное распространение индикаторов кимберлитов, свидетельствующих о наличии последних, пока неизвестно и индикаторы не изучены в достаточном количестве.

В Красноярском крае выделяется полоса протяженностью около 250 км при ширине 50—80 км вдоль борта Тунгусской синеклизы (Тычанский алмазоносный район). Здесь основной вклад в россыпную алмазоносность вносят кимберлитовые алмазы, что коррелирует с повышенной долей гранатов алмажной ассоциации и указывает на присутствие еще не найденных среднепалеозойских потенциально промышленных кимберлитовых тел [Афанасьев и др., 20056].

К восток-северо-востоку от Чадобецкого поднятия в поле развития пермотриасовых траппов вырисовывается еще один максимум кимберлитовых алмазов в районе р. Тетя, несколько меньше их севернее в районе р. Илимпея. Эти алмазы были найдены в конце 40-х—начале 50-х годов прошлого века, когда поиски велись методом «алмазы по алмазам» и выполнялись огромные объемы обогащения. С тех пор поисковые работы там не проводились, а алмазы, хранящиеся в АК «АЛРОСА», описаны по современной схеме В.И.Коптилем. Связать эти алмазы со среднепалеозойскими кимберлитами не представляется возможным (они лежат на поверхности пермотриасовых траппов), алмазоносность послетрапповых кимберлитов, если таковые имеются, мало вероятна после глубочайшей переработки основания литосферы, из которой были выплавлены гигантские объемы базальтовой магмы. На этой же площади имеются и округлые додекаэдровиды, по типоморфизму схожие с восточно-сяянскими, о чем будет сказано ниже; мы предполагаем возможность дальнего их переноса с юго-западного направления. Возможно, вместе с додекаэдроидами перенесены и кимберлитовые алмазы, которые дали локальную аномалию из-за малой представительности данной пробы.

Алмазы кимберлитового типа в россыпях имеют лишь незначительные признаки механического износа (от не фиксируемого визуально до слабого в форме леденцовых скульптур, представляющих собой механогенную полировку, иногда наблюдается выкрошивание острых вершин и ребер сколов). Износ присутствует только на алмазах из россыпей, прошедших в своей истории период прибрежно-морской обработки [Афанасьев, Зинчук, 1999; Афанасьев и др., 2009б], который имел место в конце девона в процессе трансгрессии, охватившей всю Сибирскую платформу. Однако после этого времени в геологической истории СП не было времени и места для реализации сильного износа алмазов. То же мы видим и по индикаторным минералам, в первую очередь по гранатам. Это дает основание относить алмазы, имеющие признаки среднего и сильного износа, к более древним, допалеозойским источникам.

Таким образом, видна высокая контрастность в распределении кимберлитовых алмазов. Разница в алмазоносности среднепалеозойских кимберлитов связана, возможно, с мощностью литосферы на период их формирования: в центральной части платформы в пределах литосферного кия глубинность и, соответственно, алмазоносность кимберлитов выше, чем по окраинам с их более тонкой литосферой. Локальные же участки по окраинам платформы, перспективные на коренную алмазоносность, находят объяснение в рамках концепции структуры платформы как коллажа террейнов, некоторые из них в силу специфики строения могли продуцировать высокоалмазоносные кимберлиты. Мезозойские кимберлиты практически не алмазоносны в связи с мощной метасоматической переработкой основания литосферы, начавшейся в конце перми, с соответствующим ее утонением.

**Тип 2 (предположительно лампроитового генезиса).** Ярко выраженная альтернативность распределения кимберлитовых алмазов и округлых додекаэдровидов и нехарактерность последних для кимберлитов заставляет предполагать для округлых додекаэдровидов иной тип источника. Прецедент рифейских ( $1268 \pm 12$  млн лет [Секерин и др., 1995]) лампроитов Ингашинского поля в Восточном Саяне (Иркутская область), в которых доминируют округлые алмазы, позволяет предполагать, что это могут быть лампроиты.

Округлые додекаэдровиды характерны для россыпей всего юга Сибирской платформы и имеют некоторые специфические особенности, помимо габитуса и гранной морфологии, отличающие их от россыпных кимберлитовых алмазов. В первую очередь это признаки повышенного механического износа, выраженного как в форме леденцовых скульптур (механогенная полировка), так и шероховатых поверхностей. Вторая важная особенность — пятна пигментации, связанные с радиационным поражением в россыпях, причем они представлены как зелеными (первичными), так и коричневыми (вторичными), являющимися, по экспериментальным данным, результатом отжига зеленых пятен при температуре до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; по количеству кристаллов с коричневыми пятнами пигментации этот регион лидирует на Сибирской платформе. Третья особенность этих алмазов связана с их распространенностью: они имеются как в предгорьях Саян (нами изучены алмазы Шелеховской россыпи в аллювии р. Ингашет в районе г. Тайшет, любезно предоставленные для изучения Иркутским филиалом ООО «Геологоразведка»), так и на породах пермотриасовой трапповой формации во внутренних частях Тунгусской синеклизы, причем основной формой изменений на этом пространстве является лишь снижение среднего веса кристаллов — от четверти карата в предгорьях Саян до  $8\text{--}9$  мг в аллювии р. Ерема при сохранении основных типоморфных особенностей. Это позволяет предполагать разнос округлых додекаэдровидов с Саян в северных румбах начиная с позднепалеозойского времени, по меньшей мере с предтраппового времени, когда начался интенсивный подъем Саян, и завершившийся в юрское время, поскольку с размывом юрского коллектора можно предполагать попадание алмазов в современный аллювий рек, в котором найдены алмазы. Следовательно, вся площадь распространения округлых додекаэдровидов на юге Сибирской платформы представляет собой шлейф разноса алмазов с Саян в северных румбах. Все характеризуемые алмазы имеют износ, указывающий на мощную переработку в прибрежно-морских условиях в жесткой абразивной среде, представленной метаморфическими и магматическими породами. Наиболее вероятно это докембрийские прибрежно-морские россыпи; фанерозою Сибирской платформы не свойственны подобные условия, что видно хотя бы по кимберлитовым алмазам, никогда не имеющим такой степени износа, поскольку их износ осуществлялся на мягком ложе терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя. Поэтому источники округлых додекаэдровидов имеют, по нашему предположению, докембрийский возраст; по аналогии с Ингашинским полем, это, вероятно, лампроиты. Высокая доля округлых додекаэдровидов присутствует в протерозойской тр. Маджгаван (Индия). В то же время лампроиты тр. Аргайл (Австралия) содержат алмазы обычного для кимберлитов морфологического спектра, отличаясь только облегченным изотопным составом углерода. В связи с этим необходимо отметить, что в Шелеховской россыпи наряду с типичными округлыми додекаэдровидами встречаются кристаллы октаэдрической гаммы кимберлитового облика, но с повышенным механическим износом и следами удара, аналогичными округлым алмазам; самые крупные алмазы, найденные здесь (7 и 3 карата), принадлежат именно к кимберлитовому типу. На этом основании данные алмазы также можно отнести к лампроито-

вому типу и объединить их с округлыми, но по формальным признакам, заложенным здесь в минералогическое картирование, они попадают в кимберлитовый тип алмазов. В данном случае важен не тип источника, а его возраст (известны протерозойские кимберлиты, например, тр. Премьер в Африке), а также время и пути попадания алмазов в сферу седиментогенеза.

В Красноярском крае аномалия кимберлитовых алмазов по Тычанскому коллектору выделяется на фоне распространения додекаэдров; крупная фракция алмазов по россыпи р. Тычана представлена преимущественно додекаэдрами [Афанасьев и др., 2005б]. Фон связан, возможно, с разносом саянских округлых алмазов, а также с размывом докембрийских коллекторов в пределах Енисейского кряжа.

Округлые алмазы широко распространены и на северо-востоке платформы. Они обладают типичными признаками «древности» [Метелкина и др., 1976], выражающимися, в частности, в повышенном износе, поверхностных микротрещинах — следах удара. Наиболее вероятным их источником служили докембрийские коллекторы в пределах Анабарского щита и Оленекского поднятия, воздымание которых активизировалось с начала мезозоя. Интересно, что алмазы в раннекарбонных гравелитах Кютюндинского грабена представлены только кимберлитовым типом, соответствующим высокопродуктивным среднепалеозойским кимберлитам, тогда как четвертичные отложения на этой территории содержат весь полигенный комплекс алмазов, характерных для всего северо-востока платформы. Очевидно, в раннем карбоне источник округлых додекаэдров еще «не работал», и они появились в сфере седиментогенеза, как и другие экзотические алмазы, позднее, когда в пределах поднятий начался размыв докембрийских прибрежно-морских коллекторов. Следовательно, возраст их коренных источников докембрийский; тип источника по аналогии с саянскими мы предполагаем лампроитовым.

**Тип 3 (неизвестный тип коренного источника).** Оранжево-желтые, зеленые кубоиды II разновидности, по Ю.Л. Орлову, входящие в этот тип алмазов, распространены главным образом в россыпях северо-востока Сибирской платформы, где их содержание в отдельных пробах может достигать десятков процентов. В мире известны некоторые кимберлиты с доминированием кубоидов, например, кимберлитовое поле Бакванга (Конго), кимберлиты района Экати (Канада, кратон Слэйв). Но в алмазоносных кимберлитах СП доля кубоидов в целом и желтых в частности колеблется от отсутствия до процента в промышленных и до 1—2 % в непромышленных, поэтому маловероятно, чтобы кимберлиты были источниками данных алмазов.

Кроме того, для типичных северных алмазов II разновидности характерен механический износ от очень слабого до сильного, не достижимого для кимберлитовых. По этому признаку мы вынуждены отнести возраст коренных источников алмазов II разновидности к докембрию, поскольку фанерозойские условия седиментогенеза не могли обеспечить алмазам повышенный износ. Тип источника этих алмазов неизвестен; прецедент кимберлитов Бакванга (Конго) привлекать нельзя: в этом случае имеется полное соответствие между продуктивными кимберлитами, специализированными по кубоидам, и связанными с ними россыпями М'Буши-Маи, тогда как с богатыми россыпями северо-востока Сибирской платформы ассоциируют только непродуктивные кимберлиты.

Облегченный изотопный состав углерода, кубоидная форма как следствие быстрой кристаллизации при пониженных *P-T* параметрах и низкая степень агрегирования азота (повышенная примесь азота в форме C, обуславливающая желтую окраску) указывают на субдукционный генезис алмазов [Соболев, Соболев, 1980; Афанасьев и др., 2002; и др.], а независимость распределения данных алмазов в россыпях от других типов алмазов свидетельствует об их возможной эндемичности, т.е. ограниченном ареале распространения и специфичности источника, что в целом характерно для субдукционных алмазов.

К сожалению, в старых описаниях алмазов кубоиды отмечались без разделения на разновидности (II и III), поэтому мы были вынуждены пойти на некоторое огрубление, включив в данный тип алмазов и кубоиды III разновидности. Однако картина распределения кубоидов обеих разновидностей с преобладанием их на северо-востоке, где в россыпях доминируют именно алмазы II разновидности, показывает, что III разновидность мало распространена и картина распределения данного типа алмазов определяется все же алмазами II разновидности.

**Тип 4 (неизвестный тип коренного источника)** включает алмазы V—VII разновидности. Алмазы этого типа, весьма вероятно, являются эндемичными для северо-востока Сибирской платформы и не встречаются в кимберлитах не только СП, но и других алмазоносных регионов, т.е. маловероятно, чтобы кимберлиты были источником данных алмазов. По указанным выше типоморфным особенностям алмазы имеют признаки субдукционного генезиса (легкий изотопный состав углерода и экологический тип парагенезиса, балласовое строение как следствие быстрой кристаллизации, пониженную плотность из-за обилия флюидных включений и ряд других) [Соболев, Соболев, 1980; Афанасьев и др., 2002; и др.]. Ограниченность ареала алмазов V—VII разновидности и независимость их распределения от других разновидностей на этой территории показывает не только специфический характер коренного источника, но и то, что он содержал только алмазы данной разновидности. Причем это источник иной, чем для II разновидности: во-первых, алмазы этих типов имеют независимое друг от друга распределение, во-

вторых, азот в алмазах V—VII разновидности представлен главным образом агрегированными формами A и B1, тогда как азот в форме C (одиночные замещающие атомы) содержится в незначительном количестве, что указывает на повышенные по сравнению с кубоидами II разновидности термические условия глубинного развития.

Коренной источник алмазов V—VII разновидности, как и II, является магматическим, поскольку и те, и другие алмазы имеют признаки магматического растворения в постростовый период. Однако тип этого источника, индикаторные минералы, характерные для него, остаются неизвестными. Можно лишь предположить, что спутниками алмазов будут минералы эклогитового типа в соответствии с парагенетическим типом алмазов. Но нужно учитывать разную, вплоть до сильной, степень механического износа данных алмазов, при которой минералы, им сопутствующие, должны быть полностью или практически полностью уничтожены [Афанасьев и др., 2008]. Во всяком случае, не удастся надежно обосновать комплекс индикаторных минералов коренного источника алмазов V—VII разновидности. Все алмазы северных россыпей сопровождаются типичными индикаторными минералами фанерозойских кимберлитов — пиропами, пикроильменитами, хромитами, цирконами, местами оливинами и хромдиоксидами. Однако было бы ошибкой, на наш взгляд, эти индикаторы механически отождествлять со всей полигенной совокупностью алмазов, автоматически приписывая последним один (кимберлитовый) тип источника фанерозойского возраста. Подобный подход уже на протяжении полувека со времени открытия северных россыпей неизбежно заводит в тупик, ни на шаг не приближая к решению проблемы северных алмазов и противореча надежным, хорошо зарекомендовавшим себя по всему миру минералогическим критериям алмазоносности [Соболев, 1971]. Можно сослаться на прецедент докембрийских кимберлитов Гуаньямо (Венесуэла), алмазы которых совершенно однотипны и имеют эклогитовый тип парагенезиса [Sobolev et al., 1998]: подобная ситуация может быть и в Якутии. Но огромные запасы алмазов V—VII разновидности в северных россыпях и широкая распространенность показывают, что их коренные источники имели достаточно крупные размеры или были весьма многочисленны при высоком содержании алмазов. Мы полагаем, что такие источники могли бы быть найдены, будь они экспонированы на поверхности нижнепалеозойских отложений и давали бы ореолы и потоки рассеяния. Но вместо них найдено большое количество фанерозойских кимберлитов без алмазов.

Вопрос возраста коренных источников данных алмазов наиболее дискуссионный и сложный, при этом от него зависит формулировка поисковой задачи на них. Алмазы V—VII разновидности появляются в сфере седиментогенеза с конца триаса ( $T_3k$ ), сопровождаемые типичными глубинными минералами — пиропами, пикроильменитами, хромитами, что дало основание С.А. Граханову и др. [2007, 2010] предполагать триасовый туфогенно-осадочный тип источника, у которого вулканогенная часть и, соответственно, алмазы и индикаторные минералы, связаны с лампроитами. Но, во-первых, алмазы V—VII разновидности отсутствуют как в кимберлитах, в том числе триасового возраста, так и в известных алмазоносных лампроитах, во-вторых, характерная для этого типа алмазов разнообразная, вплоть до максимальной, степень механического износа не сопоставима с триасовыми и более поздними условиями седиментогенеза на Сибирской платформе. Нами выдвинута иная точка зрения [Афанасьев и др., 2000, 2009б]: эти алмазы происходят из докембрийских коренных источников, а в триасовые и более молодые коллекторы они попали из докембрийских прибрежно-морских россыпей, которые начали размываться в связи с воздыманием Анабарского щита и Оленекского поднятия как раз с триаса. Формирование докембрийских россыпей на жестком ложе метаморфических пород обеспечивало различную степень износа алмазов. Индикаторные минералы кимберлитов и алмазов V—VII разновидности в триасовых коллекторах, развитых в районе Оленекского поднятия, объединены лишь в процессе седиментогенеза: индикаторы попали в отложения из триасовых кимберлитов, одновременно алмазы в сопровождении метаморфического и магматического экзотического материала поступали из размываемых в пределах поднятия древних алмазоносных отложений.

Однако в последнее время вопрос возраста еще более обострился. Нами найден алмаз V—VII разновидности с крупным включением сингенетического рутила, который дал возможность определить возраст алмаза уран-свинцовым методом: возраст оказался среднепалеозойским —  $356 \pm 54$  млн лет [Афанасьев и др., 2009а]. Данная датировка при всей корректности измерений по-прежнему не согласуется с другими геолого-минералогическими факторами, в том числе степенью износа этих алмазов: в позднем девоне также не было условий для высокой степени износа алмазов. К тому же в россыпях северо-востока содержится огромное количество индикаторных минералов кимберлитов с признаками гипергенной коррозии в девонской коре выветривания, т.е. происходящих из среднепалеозойских кимберлитов; эти минералы были бы уничтожены полностью при достижении алмазами хотя бы повышенной степени износа. Поэтому мы вынуждены оставить вопрос возраста таких алмазов и их коренных источников пока открытым.

**Тип 5 (импактный)** включает россыпные алмазы (якутиты), своим происхождением обязанные Попигайской астроблеме, имеющей диаметр около 100 км и возраст около 35 млн лет. Впервые эти ал-

мазы были найдены в 1967 г. при обогащении песков россыпи р. Эбелях, когда для извлечения не светящихся в рентгеновских лучах алмазов V—VII разновидности был применен жировой метод и вместе с этими алмазами извлечены совершенно необычные выделения алмаза микрокристаллического строения с примесью лонсдейлитовой структурной модификации. Позднее Ю. Л. Орлов ввел их как самостоятельную разновидность (XI) в свою классификацию. Сопоставление с алмазами Попигайской астроблемы по комплексу типоморфных особенностей показало их полное сходство и позволило интерпретировать данные алмазы как продукты дальнего закратерного выброса в момент импактного события [Вишневицкий и др., 1997]. Максимальное расстояние, на котором найдены алмазы XI разновидности, превышает 500 км. Якутиты встречаются в современных и неоген-нижнечетвертичных россыпях Анабарского, Нижнеоленинского, Среднеоленинского и Верхнеоленинского районов и отсутствуют в более древних отложениях, т.е. по возрасту они соответствуют Попигайской астроблеме. Необходимо отметить, что местами якутиты образуют повышенные концентрации. Они установлены в отложениях высоких террас рек Анабар, Уджа, Оленек, Лена и в неоген-четвертичных железистых галечниках, где их содержание достигает 11 % по количеству от всех найденных алмазов и 4 % по весу, в бассейнах рек Келимер и Некабыт — соответственно 15 и 3 %, а алмазы р. Арга-Сала и второй террасы р. Оленек выше устья р. Кютюнгде представлены исключительно якутитом. Логично предполагать радиальный разброс данных алмазов, тогда как картирование показывает их только в восточных и южных румбах от Попигайского кратера. В данном случае необходимо учитывать, что специальная задача на картирование алмазов XI разновидности не ставилась, и они извлекались лишь как попутный продукт при обогащении на алмазы других типов, поэтому реальное распределение данных алмазов иное, чем отраженное на карте, и, вероятно, радиальное относительно своего источника.

Результаты минералогического картирования показывают, что распределение выделенных типов алмазов в пределах платформы крайне неравномерное и независимое друг от друга. Алмазы 2—5 типов (из лампроитов, неизвестных источников и якутиты) доминируют в россыпях северо-востока, тогда как доля кимберлитовых алмазов составляет здесь меньше половины, местами они отсутствуют полностью. Лишь на одной площади — в раннекарбонатовых отложениях Кютюндиного грабена — кимберлитовые алмазы резко преобладают. Это дало основание для прогноза в этом районе среднепалеозойского кимберлитового поля [Соболев и др., 1981]. В центральной части провинции ведущая роль переходит к кимберлитовым алмазам, связанным преимущественно со среднепалеозойскими кимберлитами. На юге Сибирской платформы главную роль играют округлые алмазы второго типа, предположительно связанные с лампроитами типа ингашинских.

Анализируя распределение выделенных групп алмазов по разновозрастным коллекторам можно видеть, что в раннекарбонатовых отложениях Кютюндиного грабена на северо-востоке платформы отсутствуют алмазы из неизвестных типов источников, а также якутиты, однако, они широко представлены в четвертичных отложениях этой же территории. Вероятно, в раннем карбоне источник этих алмазов еще «не работал». В этой связи необходимо отметить стерильность раннекарбонатовых гравелитов в отношении минералов метаморфических пород земной коры. В массовом количестве алмазы из неизвестных типов коренных источников в сопровождении метаморфической «экзотики» появляются в триасе. Это дает основание полагать, что поступление алмазов в россыпи связано с воздыманием Анабарской антеклизы, Оленекского поднятия, возможно, погребенного в настоящее время Нижнеоленинского выступа и обнажением на поверхности докембрийских пород, в том числе россыпей алмазов в древних прибрежно-морских отложениях, послуживших основным поставщиком алмазов в мезозойские и более молодые россыпи. Следовательно, можно предполагать, что неизвестные коренные источники алмазов описанных групп имеют докембрийский возраст, и найти их можно только в пределах щита и под чехлом нижнепалеозойских терригенно-карбонатных пород, что практически крайне сложно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что формирование полигенной смеси алмазов из источников разного типа и разного возраста в россыпях северо-востока Сибирской платформы тесным образом связано с развитием Анабарской антеклизы, Оленекского поднятия, Нижнеоленинского погребенного в настоящее время выступа. Аналогично на юге платформы, где поступление алмазов в молодые россыпи обусловлено размывом докембрийских коллекторов в связи с воздыманием Восточного Саяна. В центральной части платформы доминируют кимберлитовые алмазы из кимберлитов среднепалеозойского возраста и здесь наиболее реальны перспективы коренной алмазоносности кимберлитового типа. Кроме того, приведенные данные по полигенезу алмазов показывают, что при прогнозировании кимберлитов в районах широкого развития в россыпях «древних» алмазов нельзя ориентироваться на суммарную продуктивность россыпей, необходимо выделять алмазы кимберлитового типа и осуществлять прогноз

кимберлитов только по ним, тогда как остальные алмазы следует рассматривать с точки зрения россыпной алмазности.

Несмотря на гипотетичность некоторых высказанных здесь представлений об экзотических типах алмазов, они открывают новые пути исследований, на которых будут подтверждены или отвергнуты. Только эти пути помогут выбраться из тупика, в котором находится «проблема северных алмазов» уже полвека.

#### ЛИТЕРАТУРА

**Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н.** Основные литодинамические типы ореолов индикаторных минералов кимберлитов и обстановки их формирования // Геология рудных месторождений, 1999, т. 41, № 3, с. 281—288.

**Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.** Полигенез алмазов в связи с проблемой коренных источников россыпей северо-востока Сибирской платформы // Докл. РАН, 1998, т. 361, № 3, с. 366—369.

**Афанасьев В.П., Елисеев А.П., Надолинный В.А., Зинчук Н.Н., Коптиль В.И., Рылов Г.М., Томиленко А.А., Горяйнов С.В., Юрьева О.П., Сонин В.М., Чепуров А.И.** Минералогия и некоторые вопросы генезиса алмазов V и VII разновидностей (по классификации Ю.Л. Орлова) // Вестник Воронежского гос. ун-та, 2000, № 5(10), с. 79—97.

**Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П.** Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001, 276 с.

**Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Тычков С.А.** Проблема докембрийской алмазности Сибирской платформы // Вестник Воронежского гос. ун-та, 2002, № 1, с. 19—35.

**Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Гриб П.В., Рагозин А.Л., Рылов Г.М., Томиленко А.А., Уханов А.В.** О генезисе алмазов V разновидности из месторождения им. Ломоносова (Архангельская алмазная провинция) // Вестник Воронежского гос. ун-та, Сер. геология, № 2, 2005а, с. 38—59.

**Афанасьев В.П., Гриффин В.Л., Натапов Л.М., Зинчук Н.Н., Матухин Р.Г., Мкртычян Г.А.** О перспективах алмазности юго-западного фланга Тунгусской синеклизы // Геология рудных месторождений, 2005б, т. 47, № 1, с. 51—70.

**Афанасьев В.П., Николенко Е.И., Тычков Н.С., Титов А.Т., Толстов А.В., Корнилова В.П., Соболев Н.В.** Механический износ индикаторных минералов кимберлитов: экспериментальные исследования // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (2), с. 120—127.

**Афанасьев В. П., Агашев А. М., Оришаши Ю., Похиленко Н. П., Соболев Н. В.** Палеозойский U-Pb возраст включения рутила в алмазе V—VII разновидности из россыпей северо-востока Сибирской платформы // Докл. РАН, 2009а, т. 428, № 2, с. 1—5.

**Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Логвинова А.М.** Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками // Зап. РМО, 2009б, ч. СXXXVIII, № 2, с. 1—14.

**Бартошинский З.В., Квасница В.Н.** Кристалломорфология алмаза из кимберлитов. Киев, Наук. думка, 1991, 171 с.

**Вишневский С.А., Афанасьев В.П., Аргунов К.П., Пальчик Н.А.** Импактные алмазы — их особенности, происхождение и значение. Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1997, 53 с.

**Граханов С.А., Шаталов В.И., Штыров В.А., Кычкин В.Р., Сулейманов А.М.** Россыпи алмазов России. Новосибирск, Академическое изд-во «Гео», 2007, 457 с.

**Граханов С.А., Сулейманов А.М., Голубев Ю.К.** Пирокласты северо-востока Сибирской платформы как источник россыпных алмазов // Руды и металлы, 2010, № 1, с. 45—48.

**Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.** Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М., Недра, 2003, 603 с.

**Зинчук Н.Н., Коптиль В.И., Махин А.И.** Об основных типоморфных особенностях алмазов в краевых частях Восточно-Европейской и Сибирской платформ // Изв. вузов, Геол. и разведка, 2001, № 4, с. 22—35.

**Кухаренко А.А.** Алмазы Урала. М., Госгеолтехиздат, 1955, 514 с.

**Матерон Ж.** Основы прикладной геостатистики. М., Мир, 1968, 408 с.

**Метелкина М.П., Прокопчук Б.И., Суходольская О.В., Францессон Е.В.** Докембрийские алмазные формации мира. М., Недра, 1976, 134 с.

**Орлов Ю.Л.** Разновидности кристаллов и поликристаллических сростков алмазов // Новые данные о минералах СССР. (Тр. Минер. музея им. А.Е. Ферсмана). 1965, вып. 16, с. 141—154.

**Орлов Ю.Л.** Полигенез и типоморфизм алмаза в кимберлитовых месторождениях // Изв. АН СССР, Сер. геол., 1977, № 11, с. 64—73.

- Орлов Ю.Л.** Минералогия алмаза. 2-е издание. М., Наука, 1984, 264 с.
- Орлов Ю.Л., Прокопчук Б.И.** Алмазы из русловых отложений реки Моторчуны (Приленская алмазоносная область) // Новые данные о минералах СССР (Тр. Минер. музея им. А.Е. Ферсмана). 1965, вып. 16, с. 155—165.
- Рагозин А.Л., Шацкий В.С., Рылов Г.М., Горяйнов С.В.** Включения коэсита в округлых алмазах из россыпей северо-восточной части Сибирской платформы. Докл. РАН, 2002, т. 384, № 4, с. 509—511.
- Секерин А.П., Меньшагин Ю.В., Лашенов В.А.** Докембрийские лампроиты Присяянья. Докл. РАН, 1993, т. 329, № 3, с. 328—331.
- Секерин А.П., Меньшагин Ю.В., Лашенов В.А.** Присяянская провинция высококалийевых щелочных пород и лампроитов. Докл. РАН, 1995, т. 342, № 1, с. 82—86.
- Соболев В.С.** Геология месторождений алмазов Африки, Австралии, Борнео и Северной Америки. М., Госгеолтехиздат, 1951, 126 с.
- Соболев В.С., Соболев Н.В.** Новые доказательства погружения на большие глубины эклогитизированных пород земной коры // Докл. АН СССР, 1980, т. 250, № 3.
- Соболев Н.В.** О минералогических критериях алмазоносности кимберлитов // Геология и геофизика, 1971 (3), с. 70—79.
- Соболев Н.В.** Коэсит как индикатор сверхвысоких давлений в континентальной литосфере // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (1), с. 95—104.
- Соболев Н.В., Лаврентьев Ю.Г., Поспелова Л.Н., Соболев Е.В.** Хромовые пиропы из алмазов Якутии // Докл. АН СССР, 1969, т. 189, № 1, с. 162—165.
- Соболев Н.В., Ефимова Э.С., Коптиль В.И., Лаврентьев Ю.Г., Соболев В.С.** Включения коэсита, граната и омфацита в якутских алмазах — первая находка парагенезиса коэсита // Докл. АН СССР, 1976, т. 230, с. 1442—1444.
- Соболев Н.В., Галимов Э.М., Ивановская И.Н., Ефимова Э.С.** Изотопный состав углерода алмазов, содержащих кристаллические включения // Докл. АН СССР, 1979, т. 249, № 5, с. 1217—1220.
- Соболев Н.В., Белик Ю.П., Похиленко Н.П., Лаврентьев Ю.Г., Кривонос В.Ф., Поляков В.Н., Соболев В.С.** Хромсодержащие пиропы в нижнекаменноугольных отложениях Кютюнгинского прогиба // Геология и геофизика, 1981 (2), с. 153—157.
- Соболев Н.В., Галимов Э.М., Ефимова Э.С., Соболев Е.В., Усова Л.В.** Кристаллические включения, изотопный состав углерода, азотные центры алмазов и особенности состава граната из трубки Маджгаван (Индия) // Геология и геофизика, 1993, т. 34 (12), с. 85—91.
- Шафрановский И.И.** Кристаллография округлых алмазов. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1948, 136 с.
- Krige D.G.** A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand // J. Chem., Metallurg. Mining Soc. South Africa, 1951, v. 52(6), p. 261—277.
- Shepard D.** A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data // Proceeding of the ACM National Conference, 1968, p. 517—524.
- Sobolev N.V., Lavrent'ev Yu.G., Pokhilenko N.P., Usova L.V.** Chrome-rich garnets of Yakutia and their parageneses // Contr. Miner. Petrol., 1973, v. 40 (1), p. 39—52.
- Sobolev N.V., Yefimova E.S., Channer D.M.DeR., Anderson P.F.N., Barron K.M.** Unusual upper mantle beneath Guaniamo, Guyana shield, Venezuela: evidence from diamond inclusions // Geology, 1998, v. 26, № 11, p. 971—974.