

**ИСТОРИКО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ  
МИРОВОГО ОКЕАНА. Статья 3. Сундаленд (Мьянма, Лаос, Таиланд,  
Калимантан) – фрагмент древней платформы  
на стыке Тихого и Индийского океанов?**

А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 29 марта 2017 г.

**Аннотация:** *Сундаленд, регион на стыке Тихого и Индийского океанов, важен для понимания геологической истории ограничивающих его с востока и запада океанических впадин. Исследователи всегда отмечали чрезвычайную мозаичность его тектонической структуры, которую образуют блоки, сложенные породами от докембрия до современных. Влияние формировавшихся океанических котловин на тектоническую структуру отразилось, в том числе, в появлении многих месторождений сурьмы, омолаживающихся с севера на юг. Увеличение глубинности процесса активизации выражено в добавлении к «коровой» сурьме мантийной ртути. Сохранились минерагенические свидетельства того, что регион в прошлом являлся частью древней платформы – архона: многочисленные проявления кимберлитовых алмазов, типоморфного полезного ископаемого для подобных тектонических форм. Как и в случаях Воронежской антеклизы, Урала, Тимана, коренные источники алмазов Сундаленда не известны. Для отечественных геологов представляют интерес подходы мировых горнорудных компаний к проблеме поиска кимберлитовых тел.*

**Ключевые слова:** *геологическая история, тектонические структуры Океана, тектонические пояса, континенты, докембрий, кимберлиты, океаническая впадина*

**HISTORICAL-MINERAGENICAL APPROACH TO INVESTIGATIONS OF THE WORLD OCEAN. Paper 3. Is Sundaland (Myanmar, Laos, Thailand, Kalimantan), a fragment of primordial platform on a junction of Indian and Pacific oceans?**

**Abstract:** *Sundaland, a region on a joint Pacific and Indian oceans, is of importance for understanding of geological history for limiting it from the east and west ocean spaces. Researchers always marked the emergency mosaicism of its tectonic structure, had been formed by rocks from Precambrian to present day in age. Influence of the formed ocean hollows on a tectonic structure affected, including, in appearance of many deposits of antimony, rejuvenating from a north to the south. The increase of deepness for process of activation is expressed in appearance of mantle's mercury in addition to "crust originated" antimony. Many preserved mineragenic evidences had been shown: a region was a part of ancient platform – "archon" in past judging to numerous occurrences of kimberlite's diamonds, typomorphic mineral for like tectonic forms. As well as in case of Voronezh anteklise, Ural, Tимана, the parental sources of diamonds of Sundaland are not known. For home geologists there are of interest approaches of world mining companies to the decision of problem kimberlite bodies.*

**Key words:** *geological history, tectonic structures of Ocean, tectonic belts, continents, Precambrian, kimberlites, oceanic depression.*

В начальных статьях настоящей серии [1, 2] мы характеризовали представления о происхождении и возрасте океанических котловин. Ведущей была мысль о том, что континенты и океаны не антагонисты как нередко утверждают, они объединены общей геологической историей Земли. Начав формирование в обстановках доминирующих растяжений рифея, океанические формы долгое время (более 300-400 млн лет) продолжали оставаться структурами континен-

тальными. Ускорившееся в триасе и юре погружение, вело к вовлечению в тектонические деформации все новых полос периферической суши (тектонические пояса Корякии). Глубинность процессов на периферии возрастала, о чем определенно свидетельствует появление в периокеанических областях эндогенных рудных объектов все большей глубинности. В перми затрагивались только верхи коры, что нашло отражение в появлении гигантских аккумуляций таллия

(Ланьмучань), в юре в Тихоокеанском тектоническом поясе возникли коровые, но более глубинные месторождения сурьмы (Сигуаньшань). В мелу и кайнозойе к последним добавились многочисленные объекты с мантийной ртутью.

На Земле немного мест для исследований темпов и минерагенического значения океанизации периконтинентальных пространств. Одно из них, безусловно, Чукотка, регион на стыке Северного Ледовитого океана СЛО и Тихоокеана, что упоминалось [2]. Деструктивное влияние двух океанов в мезокайнозойе во многом уничтожило признаки того, что регион был дальней периферией архейской Сибирской платформы, отчего его не исключали из числа перспективных на алмазоносные кимберлиты. Об этом поныне свидетельствует, например, Куоленский гранитогнейсовый купол на северо-востоке Чукотского полуострова

с выходами нижнеархейских пород эттельхвильеутской (мощность 2 км) серии, кынэтлювээмской (5–6 км) и каатапвээмской (> 2 км) свит, верхнеархейской ионивээмской толщи (не менее 200 м) [3, 4].

Другой пример маскирующего влияния океанизации на структуры континентов, которое можно попробовать «снять», используя историко-минерагенический подход, рассмотрим подробнее. Сундаленд, регион на стыке Индийского и Тихого океанов, ныне представлен сложной мозаикой из разновозрастных тектонических блоков, обрамленных глубоководными океаническими желобами, активными вулканическими дугами, рис. 1. Геологическая ситуация здесь настолько непростая, что Стюарт Смит и Ким Зо [5] назвали ее «составной картинкой-головоломкой» (jigsaw-puzzle). Однако длительное мощное тектоническое воздействие не смогло полностью

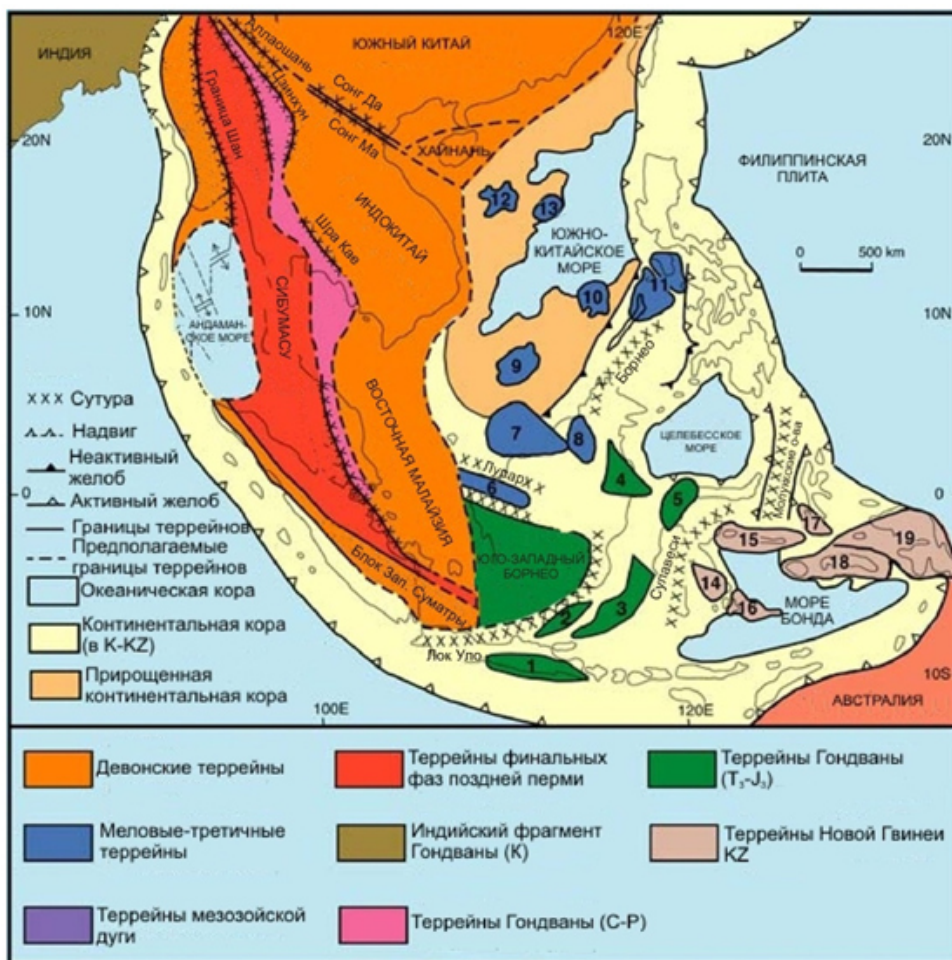


Рис. 1. Сундаленд, коллаж из разновозрастных тектонических блоков, океанических желобов и вулканических дуг в пограничной области Тихого и Индийского океанов, сохранил важные минерагенические черты архейской платформы-архона. По [10, рис. 3, с. 4], с изменениями. Цифрами указаны блоки («микроконтиненты»): 1 – Восточная Ява, 2 – Бавеан (Bawean), 3 – Патерностер (Paternoster), 4 – Мангкалихат (Mangkalihat), 5 – Западный Сулавеси, 6 – Семитау (Semitau), 7 – Лукония (Luconia), 8 – Келабит–Лонгбован (Kelabit–Longbawan), 9 – остров Спратли–Дэнджерис Граунд (Spratly Islands–Dangerous Ground), 10 – Рид Бэнк (Reed Bank), 11 – Северный Палаван (North Palawan), 12 – Парасельские острова (Paracel), 13 – Макклесфилд Бэнк (Macclesfield Bank), 14 – Восточный Сулавеси (East Sulawesi), 15 – Бангай–Сола (Bangai–Sula), 16 – Бутон (Buton), 17 – Оби Бакан (Obi–Bacan), 18 – Бору–Серам (Buru–Seram), 19 – Западный Ириан Ява (West Irian Jaya). Сокращения: LT – терреин Линкань (Lingsang), ST – терреин Сухотаи (Sukhothai), CT – терреин Чантабури (Chanthaburi). С–М – сутура Чаньнинь–Менглиан (Changning–Menglian), С–Mai – сутура Чинань Май–Интанон (Chiang Mai–Inthanon), Nan–Utt. – сутура Нан–Уттарадит (Nan–Uttaradit).

уничтожить признаки его древнего платформенного происхождения (архей), хотя сильно замаскировало их. Чем для геологов платформенной Европейской России интересен столь непохожий регион (помимо не вполне обязательного общечеловеческого любопытства)? Сундаленд экзотический, но вовсе не нечуждый отечественным геологам фрагмент юго-восточной Азии. Его алмазам и связанным с их поискам проблемам уделили немало внимания корифеи алмазной геологии В. С. Соболев [6], В. С. Трофимов [3], А. Д. Харьков [8, 9] и многие другие. Другое дело, что за многие десятилетия после их классических работ к нам поступило немного новой информации об этих алмазноносных объектах. Даже наиболее поздние сведения А. Д. Харькова с соавторами [8, 9] нуждаются в модернизации, учитывая большой прогресс работ на алмазы в регионе. Для исторической минералогии как раздела Учения о полезных ископаемых тоже интересно использовать это типоморфное минеральное сырье древних платформ и данные о распределении летучих элементов для понимания геологической истории в структурном отношении очень непростого района.

Важное сходство между Сундалендом и Восточно-Европейской платформой, в частности, Воронежской антеклизой: в осадочных толщах обоих регионов присутствуют не просто россыпные алмазы, коренные источники которых не известны, но, среди прочих, – алмазы кимберлитового происхождения. При этом в неопределенном положении проблема коренных источников алмаза пребывает не только в Мьянме, Таиланде, на Калимантане (т. е., в Сундаленде), Воронежской антеклизе, но – на Украинском щите, Урале, Тимане. А также – востоке Австралии, Алжире, Монголии и многих других регионах Мира. Всюду есть россыпи, но не встречены материнские породы. Однако, на Калимантане такие промышленные объекты с драгоценным минералом разрабатывают много веков. Отсюда происходят исторические именные камни («Tri Sankti», 166,85 карата и др. [8, с. 481]). Их кимберлиты пытались найти горнорудные компании мирового уровня: Allstate Resources (1972), Anaconda Aneka Tambang JV (1983, 1984), BP Minerals (1986–1988), Pelsart (1987–1989), Ashton Mining (1990–1991), South Pacific Resources (1996–1997). Большинство обследовали один-два перспективных участка, но австралийско-британский гигант Rio Tinto (1998-2000) не пожалел ресурсов на четыре.

Использовали интересные и для нас подходы, добились определенного прогресса. В 1970-е Aneka Tambang концентрировалась на алмазноности фанконгломератов гор Мератус Калимантана. Её конкурент Acorn Securities Ltd. в 1985 г. обследовала болотистые низины, надеясь найти палеоканалы, по которым шел перенос алмазов.

Таким образом, в настоящей работе характеризуются:

1 – современная поисковая на алмазы ситуация в регионе;

2 – генетические признаки алмазов и сопутствующих минералов-индикаторов, свидетельствующие о

первичном источнике вещества и его структурно-тектонической принадлежности;

3 – распределение летучих элементов в поверхностной оболочке как признак глубинности процессов, приведших к появлению нынешнего тектонического коллажа континентальных блоков и океанических желобов.

### 1. Алмазы Сундаленда – общая характеристика и структурная принадлежность

Алмазопоявления региона приурочены к рифту («террейну») Сибумасу (Sibumasu), протянувшемуся от юга Тибета до Калимантана, рис. 2. В его пределах выходят на поверхность каменноугольные-пермские галечниковые аргиллиты, которые рассматривают как нормальные краевые отложения континента Палеоевразия или в качестве гляциомаринных образований. В каменноугольно-пермских породах алмазы пока не встречены. Они обнаруживаются только в речном аллювии и происходят из неизвестного источника.

**Мьянма и Таиланд.** Древние толщи карбона-перми в этом регионе прорваны оловоносными гранитами мезозоя, что обеспечивает одновременное присутствие алмазов и касситерита в россыпях. В **Момейк** (Momeik) и **Таунго** (Taungo), Мьянма, встречены также неизученные малые тела ультраосновных пород. В **Момейке** они сопровождаются дунитами, пироксенитами, серпентинитами. Дайки минетт и базальтов присутствуют на площадях **Тхейндам** (Theindam, обследованы 111 кристаллов), и **Пхукет** (Phuket, изучено 125 камней). Все камни признаны происходящими из мантии [12; 13] на следующих основаниях: 1 – присутствие включений перидотитового парагенезиса; 2 – изотопия С и N, типичная для кимберлитов и лампроитов; 3 – присутствие азотных центров, указывающих на длительное нахождение и деформацию в условиях мантийных температур; 4 – сильная резорбция магматогенная камней.

W. L. Griffin [12] склонялся, скорее, к лампроитовому генезису, исходя из частой встречаемости пластических деформаций, желто-зеленого свечения в катодных лучах, обратной зональности в ультрафиолете. I. Sunagawa et al. [14], исследовавший алмазы из аллювия р. Сиабое (Siaboe), южнее г. Бангкинанг (Bangkinang), Средняя Суматра (см. рис. 2), высказался о кимберлитовом происхождении таиландских кристаллов, но «их первичная кимберлитовая магма по химическим показателям лишь немного отличалась от прочих известных примеров». Впрочем, и W. L. Griffin et al. [8] признали отличия изотопного состава алмазов террейна Сибумасу (Sibumasu) от лампроитовых месторождения **Аргайл** на северо-западе Австралии, а, по морфологии, и от россыпных ее восточной части.

Алмазы Мьянмы (рис. 3) и Таиланда не сопровождаются традиционными спутниками. В россыпи **Момейк**, не смотря на масштабное опробование, установлен только магнезиальный ильменит. Хромдиопсиды здесь некимберлитовые и происходят из местных известково-силикатных магматитов.

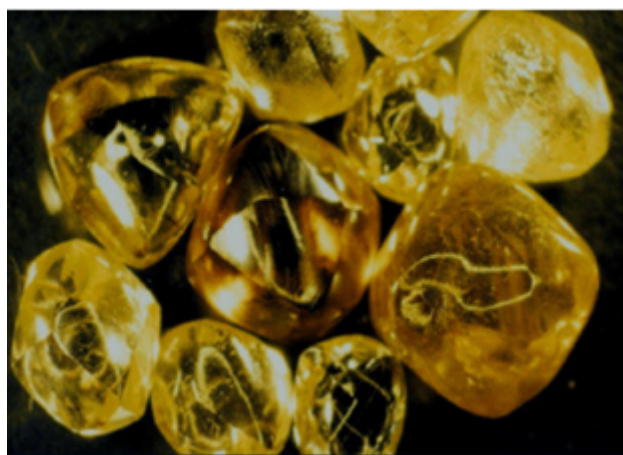
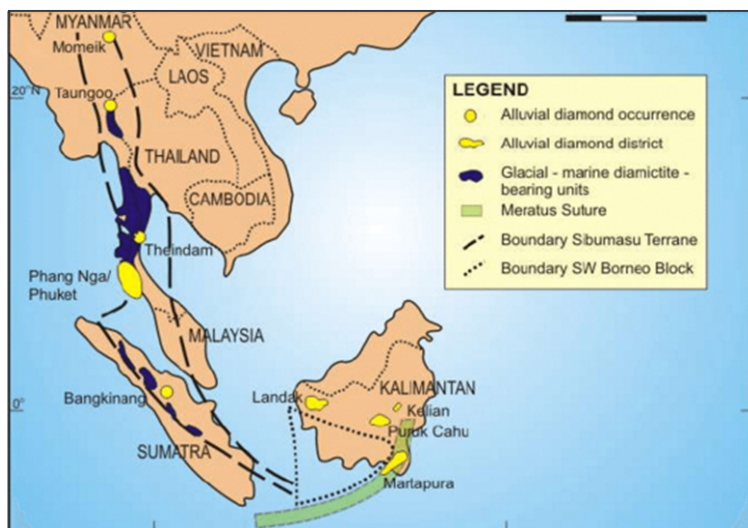


Рис. 3. Сильно резорбированные аллювиальные алмазы Мьянмы (Бирмы) происходят из промежуточного С – Р коллектора, сложенного гляциоморскими галечниковыми аргиллитами. По Thee van Leeuwen [11, рис. 2]. <https://html2-f.scribdassets.com/5gtg4jn98g4vj8vz/images/4-c17ace1089.jpg>

Интенсивная изношенность и обильные коричневые пятна говорят о нахождении кристаллов в высокоэнергетической среде, дальнем переносе. Камни попали в аллювий, видимо, из палеозойских галечниковых аргиллитов, но прямых доказательств этому нет. Алмазы Суматры связывают с «Медианной Суматранской тектонической зоной - сутурой». В ней могут присутствовать ультрабазиты - источники минерала. Аналогичные сутуры предполагаются в **Яньлуньзарбо** и **Нацзинь** (Yanglungzarbo, Nujing), Тибет, где разделяют Евразию и Индостан. Там найдено более 100 алмазов, но про них неизвестно, происходят ли они из перидотитов или из аллювия. **Пхукет** тоже близок к зоне Кхлонг Маруи (Khlong Marui), но ультрабазиты в ней не встречены.

**Калимантан.** На Калимантане алмазоносные россыпи распространены в районах **Ландак** (Landak), **Пурук Каху** (Puruk Cahu), **Мартапура** (Martapura), **Келиан** (Kelian), см. рис. 2.

Уже давно в хребте Бобарис известны две диатремы среди серпентинизированных нижнемеловых пе-

Рис. 2. Основные проявления алмазов Сундаленда тяготеют к поясу распространения каменноугольных-пермских галечниковых аргиллитов (ГА), протянувшегося от юга Тибета до Калимантана (террейн Сибумасу, Sibumasu). Террейн охватывает площади Китая, Таиланда, Бирмы, Малайзии, Суматры. По Thee van Leeuwen [11]. Перевод условных обозначений (сверху вниз): 1 – проявления аллювиальных алмазов; 2 – районы распространения аллювиальных алмазов; 3 – гляциомаринные толщи с диамиктитами (тиллитами); 4 – сутура Муратус; 5 – границы террейна Сибумасу; 6 – границы блока ЮЗ Борнео (Калимантана).

ридититов – «брекчия Хоуэран» и трубка дер. Бунглей. Кимберлиты с пониженной щелочностью (промежуточный тип между кимберлитами и лампроитами), по В. С. Трофимову [7], алмазоносны. Другие авторы указывают на ошибочность этого мнения [4], но говорят о реальных шансах открытия коренных месторождений алмаза. Охарактеризуем эти объекты более подробно.

На юго-востоке Калимантана (р. Помали, приток более крупной р. Риам-Канан) в северной части нижнемелового перидотитового массива Бобарис алмазоносная брекчия слагает диатрему эллипсоидального сечения 150 м x 300 м [6, с. 109–113]. Трубка пересечена жилой диабазового порфирита. Обломки включают пироксен (диаллаг), оливин, роговую обманку, серпентин. Содержания основных окислов (%): SiO<sub>2</sub> – 38,3; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 6,09; MgO – 22,56; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,04; NiO – 0,56; K<sub>2</sub>O – нет; Na<sub>2</sub>O – 0,25; TiO<sub>2</sub> – 0,17; CaO – 10,83 и др. При промывке были обнаружены 2 маленьких алмаза, что позволило определить содержание в 0,01 карат/г. Неподалеку в аллювии р. Помали встречены алмазы до 0,2 карата.

С 1930-х по 1980-е г.г. «брекчия Ramali» рассматривали как источник алмазов Калимантана. Однако S. C. Bergman в 1987 г. показал, что последняя представляет собой *конгломераты осадочного происхождения*, а местами относится к офиолитам [15]. Еще один схожий вывод: алмазоносная брекчия «диатремы» это интенсивно сцементированный щебень [11].

Голландцы, заложившие в «брекчии» опытную шахту, установили: алмазы в породе попали из источника выше по течению. S. C. Bergman считал, что полезный компонент происходит из ненайденных лампроитов, находящихся в неизвестной тектонической позиции. Морфология алмазов с обильными следами резорбции (поглощения, растворения) на поверхности предполагает длительное нахождение их в верхней мантии или нижней коре, но за пределами РТ-условий, приводящих к исчезновению минерала. Это указывает на относительную стабильность корового окружения, предшествовавшую доставке алмазоносного вещества на по-



верхность, и позволило считать взрывной путь наиболее подходящим.

Цирконы, сопровождающие алмазы, по геохимическим характеристикам вполне отвечают лампроитам; их возрасты свидетельствуют о магматизме раннего и позднего мела.

В последний раз концентрированные попытки обнаружить коренные алмазы были предприняты правительством Индонезии и несколькими горнорудными гигантами (в т. ч. Рио Тинто, в 1998–2000 гг.). Все они оказались неудачными.

На западе Калимантана один алмаз найден в серпентинитах устья р. Саравак. Для молодых аллювиальных толщ запада острова отмечают, что алмаз в россыпях сопровождается леборштейнами (корунд-диаспоровыми породами неясного генезиса). Есть сообщение, впрочем, оспоренное, о том, что из экспериментального расплава корундитов (леборштейнов) с бисульфатом калия тоже извлекли мелкие алмазы. Полагают, корундиты ассоциируют с алмазом в россыпях лишь из-за их высокого удельного веса и механической прочности. Но есть и мнение, что корундиты являются продуктом ассимиляции гипербазитами глинистых осадков, а не просто результатом контактового метаморфизма. Это важно понять, так как именно с запада Калимантана происходят первоклассные именные камни вроде “Звезды Саравака” (87 карат, найден в 1877 г.).

На юго-западе Калимантана развиты недатированные Метаморфиты Пино (Pinoh Metamorphics). В них плейт-тектонисты видят фрагмент континентальной коры, доставленный при юрском рифтообразовании из Евразии или СЗ Австралии. После юры здесь состоялась и раннемеловая коллизия. Однако обследовавший метаморфиты L. Davies et al. [16] показал, что они сложены преимущественно меловыми метапелитами. Более того, в них не найдены цирконы с древними датами, кроме одного образца кварцитов, содержащего 16 палеозойских и 15 протерозойских зерен. В шести пробах цирконов из аллювия обнаружили только пять зерен древнее мела, в т. ч. одно силурийское. К тому же цирконы из изверженных пород не содержали ядерных частей, присутствие которых связывают с рециклингом земной коры.

По данным Ian Graham et al. [17], BDI Mining Corporation начала карьерную отработку месторождения **Семпака**, приуроченного к алмазоносным палеоруслам **Данау Серан** (Danau Segan) и собственно **Семпака** на юго-восточном побережье Калимантана (рис. 4). Каналы выполнены болотными отложениями, до 10 м мощностью (плоскостной смыв - глины по периферии болотных отложений, sheetwash), аллювиальными гравийными (наиболее богаты алмазами). Канал **Семпака** самый крупный, до 11 км длиной при 1,6 км ширины. Для участка 6 км длиной оценены ресурсы алмазов > 1,4 млн карат.

Это интересно уже тем, что раньше подобные работы велись преимущественно на западе острова и, возможно, уже с VI века нашей эры. Именно там, в



Рис. 4. Положение вновь открытого промышленного месторождения алмазов Семпака (Semangka) на юго-востоке Калимантана. Промышленная высоко рентабельная отработка началась в первом квартале 2005 г. По Ian Graham et al. [17, рис. 1].

1965 г. нашли крупный алмаз ювелирного качества (166,85 карат), названный ‘Tri Sakti’, или ‘Three Principals’. Новое месторождение находится в 12 км южнее г. Банжарбару (Banjarbaru) и в 40 км юго-восточнее г. Банжармасин (Banjarmasin) под координатами 3°30’Ю, 114°45’В. Разработка началась в первом квартале 2005 г. Первая продажа продукции (6523,99 карат) произведена в Антверпене в сентябре 2005 г. Среди выставленных алмазов были камни массой 16,38 (рис. 5), 11,47 и 10,74 карата. К февралю 2006 г. месторождение **Семпака** дало 28770 карат.



Рис. 5. Один из крупных ювелирных алмазов – бесцветный октаэдр массой 16,48 карат. Найден в 2005 г. на месторождении Семпака (Semangka), юго-восток Калимантана. По Ian Graham et al. [17, рис. 2].

Средняя цена за один карат размерностью +7 DTC в конце 2005 г. составляла US\$ 324 за карат. (DTC – аббревиатура от «Diamond Trading Company» – используется при коммерческой характеристике размерности кристаллов алмаза > 0,85 мм, когда применяется специальный набор сит). В данном случае указывают на размерность, меш, более 4,75–6,70 мм<sup>2</sup>. Алмазы относятся к группе окрашенных высокого качества. Масштабы добычи гравия в карьере – 30 тыс. м<sup>3</sup> в месяц; ее планируют довести до 84 тыс. м<sup>3</sup> в месяц, что позволило получить в 2007 г. сто тысяч каратов полезного компонента. При такой производительности отработка может продолжаться более десяти лет. В работе ис-

пользуют три мощных ротационных промывочных лотка южноафриканского производства и спиральные концентраторы, чтобы не упустить попутные платину и золото с размерностью зерен менее 2 мм.

Алмазоносный район является частью пояса развития верхнеюрских и меловых метаосадочных и метавулканических пород формации Манунггал (Manunggal) в поле кайнозойских осадочных толщ. Древние образования перекрыты позднекайнозойскими фангломератами подножья гор Мератус (Meratus). Алмазы **Семпака** происходят из латеритизированных фангломератов. В мелу на юго-востоке острова сформировался ряд субпараллельных офиолитовых поясов, предполагается постколлизийное рифтообразование. Алмазы гор Мератус (Meratus), находящиеся северо-восточней месторождения, пройдя ряд промежуточных коллекторов, в кайнозое и квартере оказались сгруженными в отложения локальных площадей («депоцентров») под приморскими низинными болотами. Аллювиальные алмазы месторождения **Семпака** встречаются в гравии палеорусел, выработанных в кайнозойских аргиллитах и сланцах и перекрытых песками, глинами, илами мощностью 13 м. Алмазы ассоциируют в шлихах с самородными золотом, платиноидами, цирконом, рутилом, магнетитом, хромитом (из офиолитов), корундом/диаспором. Индикаторные минералы вроде пиропов или пикроильменитов отсутствуют. Отмечено, однако, что при повышении содержания в галечнике агатов, а в шлихах рутила возрастает и содержание алмаза. В неопубликованных материалах компаний приведены данные о находках лампроитовых ильменитов (62–65%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) в районах **Пурук Каху** (Puruk Kahu) и **Мартапура** (Martapura). Сообщалось и о «кимберлитовых хромитах» Центрального и ЮВ Калимантана, двух находках хромдиопсида в **Пурук Каху**. В районе **Келиан** (Kelian) старатели встречали в лотках пиропы. Некоторые зерна местных хромитов с низким Al и высокими Cr и Mg вполне подходили под характеристики D1 из включений в алмазах. Их встречали и в диатремовых брекчиях, но алмазов эти породы не содержали даже в крупнообъемных пробах. В **Риан Канан** (Rian Kanan), регион Мантипура (Mantipura), геологи Рио Тинто при обследовании старой выработки обнаружили гранаты G3, G6, G9 вместе с хромитами D1.

## 2. Генетические признаки алмазов и сопутствующих минералов-индикаторов как информация о коренных источниках

Ныне **Семпака** - одно из крупнейших месторождений с резервами 32,9 млн карат при содержании 0,1 карат/м<sup>3</sup>. Его камни ювелирного качества, более 15 % из них имеют массу более карата. Самый крупный, найденный с начала эксплуатации месторождения в начале 2005 г., – бесцветный октаэдр массой 16,48 карата (см. рис. 5). 58 кристаллов массой от 0,1-0,3 карата были более детально исследованы [17]. Они происходят из двух мантийных источников. К одному отнесены белые безазотные алмазы (43 % от общего

количества камней), ко второму – желто-коричневые (40%, содержат азотные центры). Эту партию сравнили с более ранней из 115 камней, полученной при начале горных работ на месторождении. Различия наблюдаются в морфологии кристаллов: в новой коллекции намного меньше додекаэдров, 24 % октаэдров, 34 % сдвойникованных разностей, больше камней со следами механических повреждений (21 %) и радиационного воздействия (около половины). К чертам сходства отнесены сохранившиеся пропорции между кристаллами разной окраски, зональным строением (50 %), деформациями, связанными с ростом (75 %), признаками глубинной резорбции (растворения поверхности) при нахождении в мантии/коре, присутствие ксенокристов, повреждений при транспортировке речным потоком (значительные для 26 % камней, для прочих минимальные, что свидетельствует о смешивании кристаллов из дальних и ближних источников). Лишь в немногих камнях поздней коллекции встречены включения силикатов. Признаки радиации у 46% её кристаллов интерпретируют как свидетельство длительного нахождения в древнеаллювиальных (?) нижнемиоценовых или более древних (более 20 млн лет) конгломератах. На отдельных камнях насчитывают до сотни радиационных ожогов, из чего следует их контактирование с радиоактивными цирконами и (или) монацитами этих конгломератов.

Необычность алмазов Калимантана видят в «растресканности» поверхности у 28 % индивидов, выразившейся в активизации кливажа по направлению {111} на самой поверхности и непосредственно под ней. В 2006 г. из аллювия выделен замечательный ярко-синий камень в 3,02 карата. В тот год получили около 50 тыс. карат минерала ювелирного качества. Всего же насчитывают пять основных разновидностей минерала, рис. 6.

С. В. Smith et al. [18], основываясь на детальном исследовании австралийских алмазов, пришли к выводу, что те, кимберлитовые, лампроитовые, аллювиальные, совершенно непохожи на камни Калимантана по морфологии и структуре поверхности кристаллов. J. Melcalfe [19], напротив, увидел в алмазах регионов полное сходство, утверждая, в выводах связи ЮВ Калимантана с СЗ Австралии, прерванные при распаде Гондваны.

Цирконы из алмазоносной толщи месторождения **Семпака**, по Ian Graham et al. [17], принадлежат двум отчетливо различимым сериям. К первой относятся мелкие (– 2 мм) зерна, бесцветные, угловатые, в большинстве эвгедральные (идиоморфные), до субпризматических. Зерна второй серии более крупные (+ 2 мм), бесцветные, умеренно закругленные, ангедральные (т. е. ксеноморфные) до субгедральных (гипидиоморфных), субпризматических. Сильные признаки травления на поверхностях индивидов указывают на то, что они были захвачены магмой во время внедрения и являются ксенокристами. Выраженная угловатость небольших зерен – признак недалекого переноса от коренного источника. Закругленность более крупных



Рис. 6. Типы алмазов Калимантана: *a* – комбинация кубов с заметными коричневыми радиационными пятнами; *b* – «Маска ныряльщика» («Diver's Helmet»); *c* – коричневый додекаэдр; *d* – янтарная разновидность; *e* – желтые додекаэдры. Фото С. В. Smith, из работы Thee van Leeuwen [11, рис. 4]. Эти типы встречаются во всех алмазоносных районах Калимантана, за исключением комбинации кубов, обнаруженных только в районах **Келиан** (Kelian) и **Мартапура** (Martapura). «Маска ныряльщика» и янтарная разновидности описаны в немногих регионах Мира. <https://html2-f.scribdassets.com/5gtg4jn98g4vj8vz/images/11-1e415f71aa.jpg>

зерен имеет причиной сочетание факторов магматической резорбции и воздействия речного потока при транспортировании.

Цирконы первой серии с размерностью зёрен менее 2 мм анализировались трековым методом. Были получены *позднемиоценовые* даты. Более крупные цирконы второй серии (более 2 мм) показали *раннемиоценовый* возраст. Катодолуминисценция не выявила в цирконах обеих серий ни наличия ранних ядер, ни признаков позднего роста, только нормальную магматическую зональность. При общем сходстве химических составов цирконы второй серии больше деплетированы по REE, Y, Nb, Ta, Th и U. От кимберлитовых цирконов все цирконы месторождения **Семпака** отличаются намного большими содержаниями REE, Th, Y, более высокими отношениями Nb/Ta и Zr/Hf. Их геохимические характеристики схожи с теми, что получены для лампроитов.

Эти выводы вызвали возражения других исследователей. Так, С. В. Smith et al. [18], прежде всего, отметили крайнюю редкость цирконов в лампроитах. Их присутствие, тем более, в ксенокристаллах, совместно с алмазами **Семпака**, скорее, связано с поступлением в осадки материала из гранитоидов.

Интересно почти полное отсутствие микроалмазов в россыпях Калимантана. Лишь несколько находок происходят из района **Пурук Каху**, см. рис. 2. Это объясняют дальним расположением источника, но, скорее, связано с потерей кристаллов при промывке малых проб в лотке. При крупнообъемном опробовании на площади **Семпака** микроалмазы обнаруживают чаще.

Среди алмазов наблюдаются и такие разновидности как баллас (округлые зерна с радиальной структурой) и борт (тонкозернистые агрегаты).

Крупный карбонадо массой 52,97 карата, рис. 7, в **Семпака** открыт около 2005 г. Там наблюдались и меньшие по размерам находки минерала. В старых отчетах есть упоминание о черном алмазе массой в 25

карат, находящемся в Алмазном центре Мартапура. Возможно, то был тоже карбонадо. Такие камни во всем Мирове, преимущественно в Бразилии и Центрально–Африканской республике, находили только в россыпях. Карбонадо имеют архейский возраст и высоко ценятся за высокую твердость, превосходящую таковую монокристаллов. G. J. H. McCall [20] полагал, что такие алмазы могут происходить только из низов мантии. S. E. Haggerty [21] настаивал на космогенном их происхождении, из недр «белых звезд». На Землю они поступили во время ее «Последней Мощной Бомбардировки» 4,1 – 3,8 млрд лет назад. На подобные выводы J. J. Gurney [22] резонно заметил о полной неясности того, почему карбонадо оказываются *всегда* в алмазоносных россыпях вместе с обычными кристаллографическими разновидностями.



Рис. 7. Карбонадо (пористый агрегат из тонких кристаллов алмаза) массой 52,97 карата, найденный в россыпи Семпака около 2005 г. Содержит включения молибдена. Хранится в Австралийском музее в Сиднее. Фото L. Spencer, по [11, рис. 5, p. 191]. <https://html2-f.scribdassets.com/5gtg4jn98g4vj8vz/images/12-1df0dc4724.jpg>

Возможно ли, чтобы алмазы россыпи месторождения **Семпака** (Семпрака) происходят из меловых лампроитов гор Мератус (Meratus), частично или полностью обнаженных эрозией?

Ответ пока нет. Отложения, в которые поступили зерна драгоценного минерала, ныне частично метаморфизованы. Кристаллы испытали многократное перетопление. Отличия, которые наблюдались при минералогическом и геохимическом изучении двух коллекций алмазов из месторождения **Семпака** (рассмотрены выше) настолько значительны [17], что сделанные наблюдения не могут претендовать на полную характеристику кристаллов этого интересного объекта. Еще одно предположение: промежуточным коллектором могли бы быть фанконгломераты с уплощенными кластами верхнемеловых потенциально продуктивных конгломератов подножья гор Мератус [11, р. 187].

Итак, на настоящий день на Калимантане доказана алмазоносность следующих толщ: 1 – верхнемеловых и эоценовых конгломератов; 2 – верхнемиоценовых–плиоценовых палеоканалов; 3 – четвертичных и современных гравийных отложений речных русел и террас. Аллювиальные россыпи, вроде бы, связаны с системой линеаментов СВ простирания, рис. 8.

Идет дискуссия о расстояниях переноса и числе коренных источников в каждом из четырех алмазоносных районов Калимантана. Вместе с тем, существуют аргументы, говорящие о том, что коренные алмазоносные породы могут находиться неподалеку. Так, в районе **Пурук Каху** (рис. 8, см. также рис. 2.), где алмазы часто ассоциируют с морскими конгломератами из кварцевой гальки, они встретились и в гравийнике, состоящем *нацело из угловатых обломков вулканитов*, а также в местном *латерите из фрагментов шлака*.

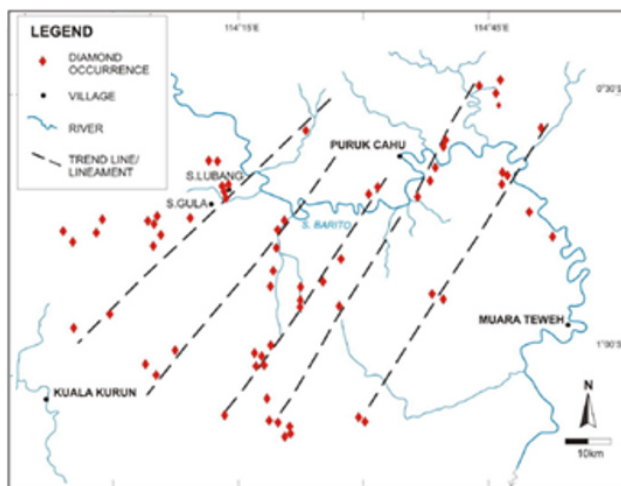


Рис. 8. Калимантан. Соотношения проявлений аллювиальных алмазов и линеаментов района Пуруе Каху (Puruk Kahu). По D. Lennie [23], из работы Thee van Leeuwen [11, рис. 6].

Геологи компании BP Minerals описали здесь алмазы, как отличной сохранности, так и со следами сильного износа. Однако во вмещающей породе не было ни кимберлитовых (лампроитовых) хромитов, ни мик-

роалмазов (менее 1 мм). Для другого участка в районе **Пурук Каху** отмечена выраженная ориентированность алмазоносных россыпей на СВ, см. рис. 8. Это сделало перспективным поиск малых интрузивных тел, штоков и даек, в пределах наметившихся линеаментов. Таким образом, наткнулись на необычное тело лимбургитов - витрофировой породы с порфирированными выделениями авгита и оливина, по мнению геологов BP Minerals, являвшейся прямым дериватом мантийного расплава.

У геологов **Сундаленда** есть полный консенсус по единственной, но основной проблеме. Они считают местные алмазы относящимися к классическому генезису, происходящими из «субконтинентальной литосферной мантии» (subcontinental lithospheric mantle, SCLM). Другое дело, что пока не найдены их коренные источники, что для активизированных областей не удивительно (вспомним наши Тиман, Урал). Между тем, цены на природные алмазы растут, и у De Beers нет сомнений: до 2020 г. произойдет рост спроса. То есть, продуктивные кимберлиты Калимантана стоит искать и как можно быстрее.

Thee van Leeuwen [11] свел все генетические противоречия по проблеме алмазов Калимантана к трем гипотезам с несколькими разновидностями, рис. 9: 1 – происхождение из субконтинентальной мантии, с вариантами, дальним и ближним переносом; 2 – формирование в зоне субдукции; 3 – появление в связи с мантийными перидотитами обдукционной зоны.

Хорошо видно, они не равноценны. Алмазы транспортировались из Южной Евразии реками в позднем мезозое, когда **Сундаленд** был высоко приподнят над уровнем моря? Неужели тогда за многие сотни км по днищам рек катились на юго-восток камни массой в сотни каратов (например, 'Tri Sakti', 165 кар.)? Алмазы возникли в зоне субдукции и были вынесены на поверхность некимберлитовым (нелампроитовым) носителем? Но местные специалисты признали камни традиционного, кимберлитового происхождения! Алмазы ассоциировали с обдукционными офиолитами? Факт обдукции не доказан.

Идея ближнего переноса из источника в континентальной литосфере подтверждает и наличие карбонадо. Это и свидетельство его древности (архей), и того, что весь Сундаленд суть сильно фрагментированная древняя платформа.

На других островах Большого Зондского архипелага мелкие проявления алмазоносности, никогда не достигали промышленного значения. 150 камней было извлечено на Суматре из аллювия р. Кампар-Канан (1 млн. м<sup>3</sup>) при добыче касситерита. Находок корунда, типичного для россыпей Калимантана, здесь не известно. На Сангирских островах к северу от Сулавеси (Целебеса) микроскопические алмазы встречены в бомбах вулкана **Гунунг-Раун**. Большое количество бесцветных микроскопических октаэдров и реже тригонтриоктаэдров содержалось не во всех бомбах, а только в оливин–плагиоклазовых, с гиперстеном и пониженным количеством магнетита. В. С. Соболев не считал эти сведения достаточно надежными [6, с. 114].



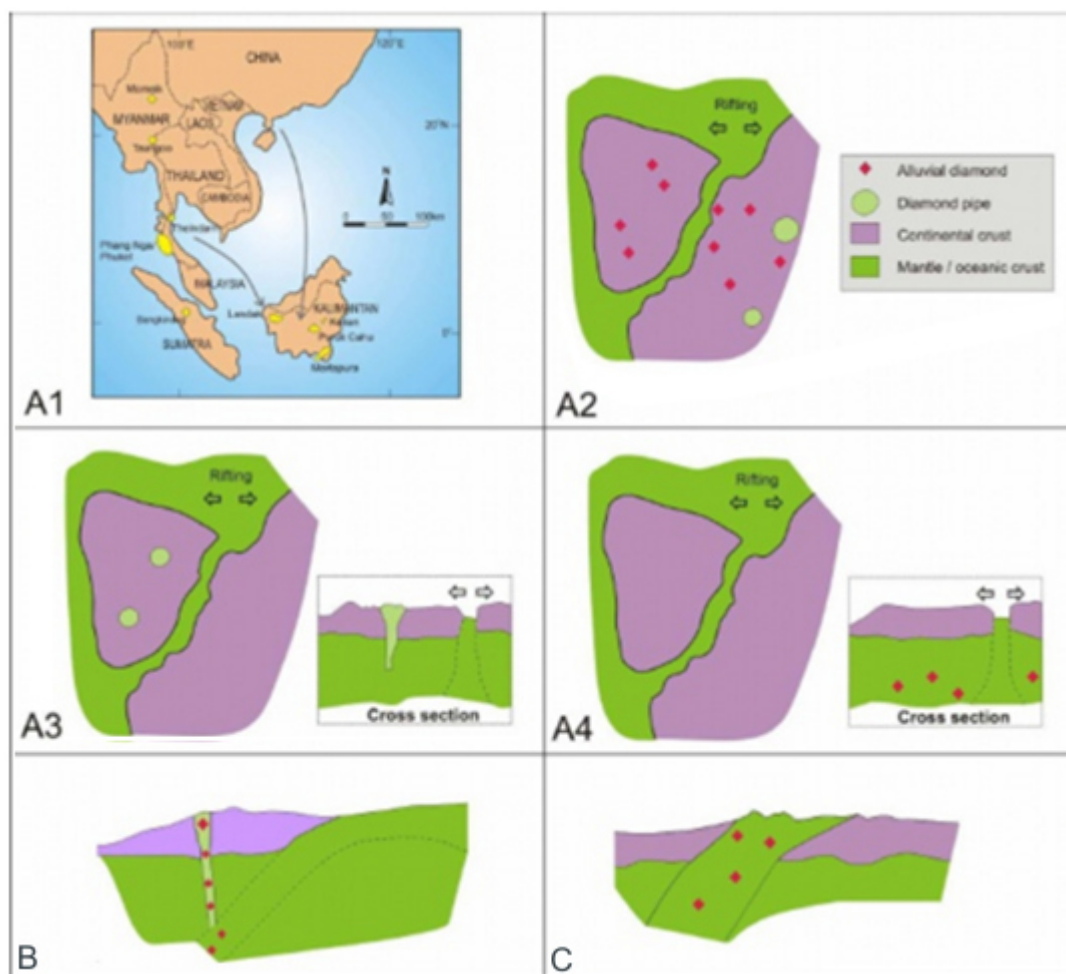


Рис. 9. Шесть гипотетических сценариев происхождения алмазов Калимантана. По Thee van Leeuwen [11, рис. 7]. *A1* – алмазы транспортировались из Южной Евразии реками в позднем мезозое, когда Сундаленд был высоко приподнят над уровнем моря; *A2* – алмазы вынесены из алмазоносных диатрем, развитых на кратоне (например, Австралийском), и перенесены на фрагменте последнего; *A3* – фрагмент кратона и сам содержал алмазоносные диатремы; *A4* – алмазы сформировались и переносились в мантии субкратонного типа, освободившейся от перекрывающей коры; *B* – алмазы возникли в зоне субдукции и были вынесены на поверхность некимберлитовым (нелампроитовым) носителем; *C* – алмазы ассоциировали с обдукционными офиолитами.

### 3. Аккумуляции ртути и сурьмы в породах Сундаленда – признаки возрастания тектонической активности в мезозое

С северо-запада на юго-восток Таиланда, по направлению к Тихоокеанскому побережью, наблюдаются все более молодые залежи сурьмы, повышенная золотоносность руд [24]. На примерах месторождений **Маэтае** (Maе Тхае), **Дойнгом** (Doi Ngom), **Пхахад** (Pha Nad), **Хуайнайкхао** (Huai Nai Khaо) было показано, что сурьмяная минерализация возникла на относительно мощной земной коре в довольно стабильном блоке позади зоны позднекайнозойских медно-порфировых и эпиптермальных месторождений (рис. 10, правая схема). В этом расположении цитируемые авторы увидели зеркальное отображение позиции подобных скопления сурьмы в боливийских Центральных Андах на противоположной стороне Тихого океана.

В Юго-Восточной Азии как и в других районах Мира (Испания, Германия, б. Югославия, Италия,

Австрия), Sb руды локализованы преимущественно в карбонатных породах. Последние значительно более способны претерпевать изменения под воздействием флюидов, нежели кремнезёмистые, метаморфические и изверженные. Жильные месторождения сурьмы распространены в провинции Лампанг–Пхрае (Lampang–Phrae) на севере и в южной провинции Сура-Тхани (Surat Thani). Становление залежей прошло стадии: 1 – отложения и диагенеза карбонатных толщ; 2 – их доломитизации; 3 – появления ранней мезотермальной вольфрамовой минерализации (вольфрамит, шеелит) из растворов с температурой около 300°; 4 – появление поздней эпиптермальной Sb (с мышьяком) минерализации; 5 – эпиптермальной доломитизации; 6 – отложения минералов **Sb**, пирита, оксидов Fe-W-Sb из горячих вод; 7 – гипогенных изменений с образованием оксигидроксидов Fe-Pb-Sb.

Вмещающие известняки обеих провинций сложены разными генерациями кальцита и доломита, с примесью халцедона, кварца, флюорита, пирита, гётита,

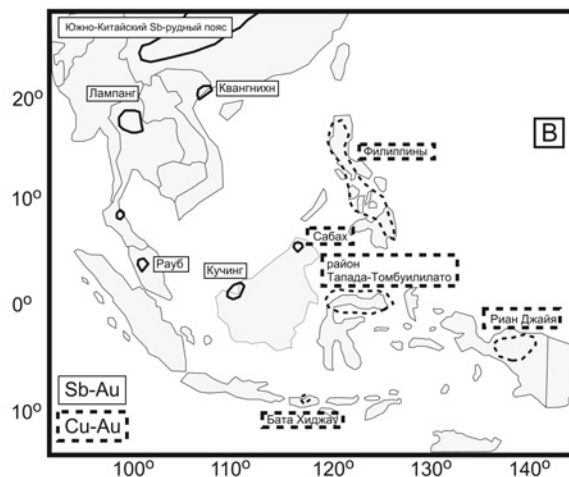


Рис. 10. Месторождения сурьмы (слева), районы с Au-Sb и иной минерализацией Калимантана, архипелага Филиппин, Новой Гвинеи (справа). По Harald G.I. Dill et al. [24].

гематита, листоватых силикатов (прежде всего, каолинита). Все они шельфовые морские, подвергшиеся подводным фреакратическим диагенетическим преобразованиям и доломитизации еще до появления жильных Sb-W руд и интенсивных диагенетических/гидротермальных изменений. Изотопные данные по кислороду свидетельствуют о температурах, при которых происходили наложенные процессы – от менее 45°C до 200°C. Интрузивные образования тоже участвовали в рудогенезе. На севере Таиланда кислые и средние магматиты имеют триасовый возраст, на юге – меловой. Они уже своим появлением создавали благоприятный для рудоотложения геотермальный режим. Связанные с интрузивами горячие воды продолжили отложение минералов сурьмы и в кайнозое.

Иначе выглядит распределение аккумуляций ртути. Они отсутствуют в северной части региона и появляются только на крайнем юге Малайзии, Суматре и Калимантане, рис. 11.



Рис. 11. Схема расположения ртутоносного газоконденсатного месторождения на территории Малайского полуострова (Малайзия). По Н. А. Ozerova [25, рис. 5]. Осадки: 1 – кайнозойские, 2 – мезозойские орогенные пояса, 3 – фанерозойская платформа; 4 – зона субдукции; 5 – вулканический пояс; 6–7 – граница глобальных ртутных поясов: 6 – Централь-

но-Азиатского (I) и 7 – Тихоокеанского (II); 8 – месторождения киновари; 9 – ртутоносное газоконденсатное месторождение Арун.

Особое значение имеет повышенная ртутоносность природных газов местных морских месторождений. Это обстоятельство позволило выделить в регионе Малайскую провинцию повышенной ртутоносности, признак продолжающейся активности земных недр на уровне верхней мантии [21]. В природном газе месторождения Арун содержания ртути составляют  $1,8-3,0 \cdot 10^{-4} \text{ г/м}^3$ .

### Закключение и выводы

В Сундаленте, как и на Воронежской антеклизе, Тимане, Урале, приходится искать древние источники драгоценного минерала без четких представлений о возрасте в условиях почти полного отсутствия МСА. Поэтому так важен достигнутый индонезийскими геологами консенсус по основной проблеме: местные алмазы признаны относящимися к классическому кимберлитовому генезису, «субконтинентальной литосферной мантии». Присутствие крупных именных камней в россыпях говорит о местных источниках. Локализация находок в немногих компактных регионах – о том же.

Таким образом, мозаичная тектоническая структура Сундалента, пограничная между Индийским океаном и Пацификом по историко-минерагеническим признакам, формировалась на архейской континентальной коре. Исследование этапов ее переработки помогает детализировать геологическую историю соседних океанических регионов. Тому же способствует и анализ распределения разновозрастных проявлений сурьмы и ртути в земной коре. Уже на настоящем начальном этапе историко-минерагенический подход позволяет проследить постепенное омоложение сурьмоносных объектов от континента к океану, показать как на севере Таиланда триасовые

коровые месторождения сменились юго-восточней меловыми аналогами, а далее в кайнозой – ртутными аккумуляциями, в т. ч. ртутносодержащими газовыми объектами. Все это признаки океанизации, вовлечения в структурные преобразования все более глубоких уровней недр.

Основной вывод из рассмотренного следующий: даже в тектонических условиях много более сложных, чем те, что известны для ВЕП и Воронежской антеклизы, грамотное сочетание методов прогноза и опробования способствует приближению к открытию коренных источников россыпных алмазов (хотя оно пока не состоялось, это вопрос времени и упорства исследователей).

В условиях, когда поиски алмазов в регионах Восточно-Европейской платформы, включая Воронежскую антеклизу, неоправданно прекращены, прогнозирование коренных источников местных россыпей алмазов остается единственным способом сохранить и глубже осмыслить уже наработанные знания. Подвергнуть ревизии накопленный фактический материал. Привнести в регион опыт и далекого Сундаленда, и Среднего Тимана. Геологи последнего [26] недавно пришли к свершено свежей мысли: тиманские *цинкистые* хромшпинелиды происходят из потенциально алмазоносных лампрофировых даек, и «цинкистый хромшпинелид может быть использован как минерал-индикатор при поисках алмазов наподобие знаменитой «пироповой тропы». Этого раньше не знали. Хромовые шпинели Воронежской антеклизы на цинк не анализировались. Между тем, известна находка В. В. Ильяшом (устное сообщение) в палеогеновой толще на юго-востоке региона (х. Поддубный), наиболее насыщенных МСА алмазной ассоциации, зерна неизвестного минерала, состоящего только из Zn и Si (рентгеновское микрозондирование). Следовательно, шлихи 50 опорных малообъемных проб ВГУ начала-середины 2000-х г.г. [27], их хромшпинелиды стоит подвергнуть ревизии на Zn. Вызывает большой интерес и такое положение диссертации Б. А. Макеева: «Редкоземельно-стронциевые алюмофосфаты, часто встречающиеся в месторождениях в ассоциации с алмазом, а также в виде вторичных гипергенных примазок на его поверхности ... являются вторичными минералами-индикаторами алмаза и не только на Среднем Тимане». Монацит и развивающийся по нему флоренсит хорошо растворяются в воде. На этом основана гидрогеохимическая методика А. Б. Макеева и Н. И. Брянчаниновой (2006 г.) поиска коренных и россыпных проявлений алмаза: на расстоянии 0.5-1.0 км от их проявлений наблюдаются контрастные редкоземельные и Al-Fe-Mn водные аномалии» [26, с. 18–20]. Таким образом, один из выводов нашего дальнего экскурса к берегам Сундаленда таков: ВЕП тоже нужна новая карта прогноза коренной алмазоносности, учитывающая мировой динамический опыт.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савко, А. Д. Историко-минералогический подход к исследованию Мирового океана. Статья 1. Конкурирующие гипотезы и новые фактические данные / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырëв. – Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология. – 2016. – № 4. – С. 5-14.
2. Савко, А. Д. Историко-минералогический подход к исследованию Мирового океана. Статья 2. Геологические предыстория и история океанов / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырëв. – Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология. – 2017. – № 1. – С. 5-18.
3. Жуланова, И. Л. Земная кора Северо-Востока Азии в докембрии и фанерозое / И. Л. Жуланова. – М.: Наука, 1990. – 304 с.
4. Решения Третьего межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 268 с.
5. Smith, Stuart. Mineral Deposits of SE Asia: Lessons for Myanmar from Adjacent / Stuart Smith & Khin Zaw // Science, Apr 27, 2016. – 20 p.
6. Соболев, В. С. Геология месторождений алмаза Африки, Австралии, Борнео и Северной Америки / В. С. Соболев. – М.: Госгеолтехиздат, 1951. – 51 с.
7. Трофимов, В. С. Основные закономерности размещения и образования алмазоносных месторождений на древних платформах и в геосинклинальных областях / В. С. Трофимов. – М., 1967. – 300 с.
8. Харьков, А. Д. История алмаза / А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, В. М. Зуев. – М., 1997. – 601 с.
9. Харьков, А. Д. Коренные месторождения алмазов Мира / А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, А. И. Крючков. – М.: Недра, 1998. – С. 506-528.
10. Metcalfe, Ian. Tectonic framework and Phanerozoic evolution of Sundaland / Ian Metcalfe: // Gondwana Research, 2011. – 19. – P. 3-21
11. Leeuwen, Theo van. The Enigmatic Sundaland diamonds – a Review / Theo van Leeuwen // Proceedings of Sundaland Resources. – 2014 MGEI Annual Convention. – Palembang, South Sumatra, Indonesia, 17–18 November 2014. – P. 181-204.
12. Griffin W. L. Diamonds from Myanmar and Thailand: Characteristics and possible origins / W. L. Griffin, T. T. Win, R. Davies, P. Wathanaku, P. Andrew, I. Metcalfe, P. Cartigny // Economic Geology, 2001. – V. 96. – 1. – P. 159-170.
13. Win, T. T. Distribution and characteristics of diamonds from Myanmar // T. T. Win, R. m. Davies, W. I. Griffin, P. Wathanakul, H. French // Journal of Asian Earth, 2001. – 19. – P. 563-577.
14. Sunagawa, I. Surface microtopography of diamonds from Thailand / I. Sunagawa, S. Horita, H. Sawata // Hosenki Hokkai Shi, 1983. – 10. – P. 3-33 (In Japanese, Abstract in English).
15. Bergman, S. C. Alkaline Igneous Rocks / S.C. Bergman/ - Geological Society of London, 1987. – Special Publication. – № 30. – P. 103-190.
16. Davies, L. Cretaceous crust in SW Borneo: Petrological, geochemical, and geochronological constraints from the Schwaner Mountains / L. Davies, Hall, R. Armstrong // Proceedings Indonesian Petroleum Association. – 38 Annual Convention, May 2014. – IPA14-G-025. [Электронный ресурс]. URL: davies\_etal\_2014 Schwaner Borneo.pdf (Дата обращения 20.01.2016).
17. Graham, Ian. Nature and possible origin of the Cempaka diamond deposit, south-eastern Kalimantan, Indonesia / Ian Graham, Lee Spencer, Lawrence Barron, Gregory Yaxley / Ian Graham // Understanding the genesis of ore deposits to meet the

- 21-st century, 12-th Quadrennial IAGOD Symposium, Moscow, 21-24 August. – 2006. – Abstracts. – 193 pdf
18. Smith, C. B. Nature and genesis of Kalimantan diamonds / C. B. Smith, G. P. Bulanova, H. J. Milledge, A. E. Hall, B. J. Griffin, D. G. Pearson // *Lithos.*, 2009. – V. 112. – N 2 suppl. – P. 822-832.
19. *Melcalfe, I.* Gondwana dispersion and Asian accretion. Tectonic and paleogeographic evolution of Eastern Tethys / J. Melcalfe // *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013. – 66. – P. 1-33.
20. *McCall, G. J. H.* The carbonado diamond/corundum / G. J. H. Mc Call // *Earth Science Reviews*, 2009. – 93. – P. 85-93.
21. *Haggerty, Stephen E.* Carbonado: Physical and chemical properties, a critical evaluation of proposed origins, and a revised genetic model / E. Stephen Haggerty // *Earth Science Reviews*, March 2014 – Volume 130. – P. 49-72.
22. *Gurney, J. J.* Diamonds: crustal distribution and formation processes in time and space and an integrated deposit model / J. J. Gurney, H. H. Helmstaedt, T. E. Nowichi, S. E. Richardson, K. J. Westerlund // *Economic geology* [Hedenquist J. W., Thompson J. F. H., Goldfarb R. J., Richards J. P., eds.]. – *Economic Geology One Hundred Anniversary Volume*, 2005. – P. 143-178.
23. *Lennie, D.* Diamond and gold potential, Central Kalimantan; unpublished report prepared for South Pacific Resources, 1997. – P. 1-50.
24. *Dill, Harald G.I.* Antimony deposits in Western Thailand – a model for meso- to epithermal Sb mineralization in calcareous rocks and a comparison with antimony deposits in South-Eastern Asia / Harald G.I. Dill, Frank Melcher, Reiner Botz // *Understanding the genesis of ore deposits to meet the 21-st century, 12-th Quadrennial IAGOD Symposium, Moscow, 21-24 August. – 2006. – Abstracts. – 038 pdf.*
25. *Ozerova, N. A.* Mercury-hydrocarbon deposits – new genetic type of mercury deposits / N. A. Ozerova // *Understanding the genesis of ore deposits to meet the 21-st century, 12-th Quadrennial IAGOD Symposium, Moscow, 21-24 August. – 2006. – Abstracts. – 040 pdf*
26. *Макеев, Б. А.* Минеральные ассоциации и индикаторы рудоносности Пижемского титанового и Ичетъюского алмазоносного месторождений Среднего Тимана / Б. А. Макеев. – Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. н. – Казань, 2012 – 24 с.
27. *Савко А.Д.* Эксгальационно-осадочная металлоносность Воронежской антеклизы – новые горизонты поисков рудных месторождений в осадочном чехле. Статья 1. Интерметаллиды: локализация, типы, состав / А.Д. Савко, Л.Т. Шевырёв, В.В. Лоскутов. - *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология.* – 1999. – № 7. – С. 139-155.

*Воронежский государственный университет*

*Савко Аркадий Дмитриевич, заведующий кафедрой исторической геологии и палеонтологии ВГУ, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Заслуженный геолог России*  
E-mail: savko@geol.vsu.ru; Тел.: +7(473) 220-86-34

*Шевырёв Леонид Тихонович, ведущий научный сотрудник НИИ Геологии ВГУ, доктор геолого-минералогических наук*  
E-mail: shevpp@yandex.ru  
Тел.: +7 (473) 235-39-42

*Voronezh State University*

*Savko A. D., Head of the VSU Historical Geology and Paleontology Department, doctor of the Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Celebrated Geologist of Russia*  
E-mail: savko@geol.vsu.ru  
Тел.: +7(473) 220-86-34

*Shevryev L. T., leading scientific Associate of the VSU Institute of Geology, doctor of the Geological and Mineralogical Sciences*  
E-mail: shevpp@yandex.ru; Тел.: +7 (473) 235-39-42