

doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-189-198



ПОИСКИ АЛМАЗНЫХ РОССЫПЕЙ В ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ПОРОД В ПРЕДЕЛАХ ЗИМНЕГО БЕРЕГА И БЕЛОМОРО-КУЛОЙСКОГО ПЛАТО

✉ Кругликов Р.Г.¹

¹ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

✉ rrafiki@yandex.ru

Алмазоносность пород на Зимнем берегу была открыта в 80-х годах XX века. Далее были обнаружены продуктивные трубки взрыва, в том числе входящие в 5 самые крупных в мире (месторождение им. Гриба). Однако наибольшие объемы добычи алмазов по всему миру ведутся из россыпных месторождений (юго-западная Африка, Австралия, якутская Арктика), которые в данном регионе не найдены. По результатам предшественников было выдвинуто предположение о возможном существовании крупных россыпных месторождений в урзугской свите среднего карбона, что не подтвердилось на практике. У автора статьи появилось предположение, что коллектор мог быть размыт более поздними кайнозойскими трансгрессиями, в том числе четвертичными, а алмазные россыпи сохраняются в палеодолинах, сформированных в неоген-четвертичное время.

Ключевые слова: *алмазные россыпи, плейстоцен, промежуточный коллектор, Зимний берег, Беломоро-Кулойское плато, палеодолины, Белое море, спутники алмазов*

Введение. В ходе геологосъемочных работ на Беломорско-Кулойском плато, в 1975 г. на р. Мела были обнаружены силлы кимберлитов, а позднее в 1978 году в аллювии р. Падун были найдены 2 кристалла алмазов. Полученные результаты послужили основанием для постановки в 1979-1980 годах аэромагнитной съемки, по итогам которой в марте 1980 года на аномалии 24а буровой установкой Юрасской экспедиции ПГО «Архангельскгеология» скважиной № 289 была вскрыта первая алмазоносная кимберлитовая трубка Поморская.

Кимберлитовые трубки представлены типичной воронкой взрыва, увенчанной раструбом. Интересным является факт, что трубки взрыва не выходили на дневную поверхность, что сохранило кратерную фацию. В морфологии трубки прослеживается кратерная и жерловая части, выполненные разными типами кимберлитовых пород. Интересна одна особенность архангельских кимберлитов: обохренные туффиты с ксенолитами вмещающих пород, которыми сложена верхняя часть трубок. По облику они схожи с вышележащими каменноугольными красноцветными породами, притом как внешне, так и по составу. Образования кратерной фации, выполняющие верхние части трубок, представлены туфами, туффитами, туфопесчаниками, реже туфоалевролитами и брекчиями вмещающих пород. Для туфов характерна брекчиевая и параллельно-слоистая текстура, для туффитов - брекчиевая. Породы жерловой фации представлены, в основном, туффизитовыми брекчиями. Реже (трубки Ижма, Весенняя, им. В. Гриба, Усть-Сюзьма) в жерлах развиты массивные породы, аналогичные породам гипабиссальной фации. Выделяются литокристаллокластические (туфо-ксенотуфобрекчии) и автолитовые брекчии. Туфо- и ксенотуфобрекчии сложены вмещающими породами с вкрапленниками оливина двух генераций, замещенного сапонитом, а на глубоких горизонтах серпентином, автолитами, ксенолитами вмещающих пород.

Кимберлиты Мельского и Золотицкого полей, большинства тел Кепинского поля и трубки Верхнетовская (Верхотинское поле) характеризуются относительно низкими содержаниями минералов тяжелой фракции и низкой концентрацией в ней минералов-спутников алмаза (хромшпинелид, хромдиопсид, пироп). Структура основной массы (матрицы) криптозернистая и мелкочешуйчатая. В составе ее в различных соотношениях присутствуют сапонит, гидрослюды, карбонат, хлорит, гидроокислы железа.

[Государственная..., 2009]. Вмещающие породы представлены толщей вендских отложений падунской свиты (V_{2pd}) (песчаники с прослоями алевролитов и аргиллитов), мощность которой от 3 до 331 м.

Трубки взрыва перекрыты верхневизейской свитой нижнего карбона, урзугской свитой среднего карбона и четвертичными образованиями (морские отложения микулинского горизонта и осташковские ледниковые толщи валдайского горизонта).

В верхневизейское (C_{1v2}) время на севере изучаемой территории обнаружен слой галечников, отнесенных А.В. Бовкуном [Бовкун, 2008] к аллювиальным отложениям, с направлением течения с запада-юго-запада на восток-северо-восток. Осадконакопление происходило предположительно в одно время с образованием трубок взрыва. В галечниках найдены пикроильмениты, пиропы и хромшпинелиды, являющиеся минералами-спутниками алмаза. Минералогический анализ верхневизейской свиты показал высокие содержания хрома в ильменитах, которые установлены только в высокоалмазной трубке им. В. Гриба.

Урзугская свита (C_{2ur}) представлена терригенными осадками, содержащими минералы-спутники алмаза, в ней найдены два осколка алмазов кимберлитового типа. Основной характерной особенностью этих отложений является то, что по результатам шлихового опробования в составе рудных минералов в значительных количествах содержатся хромшпинелиды. Их содержание по данным минералогического анализа, в пересчете на породу, достигает 10 кг/т. Сотрудники Юрасской экспедиции определили свиту как промежуточный коллектор зерен россыпеобразующих минералов [Станковский, 1980]. По мнению автора, толща может служить как основным, так и дополнительным источником питания россыпи алмазов.

Беломоро-Кулойское плато находится на стыке двух крупных тектонических областей, которые в кайнозойское и особенно в плейстоценовое время определяются влиянием на Балтийский щит Северо-Атлантической зоны спрединга, где возникают значительные тектонические напряжения, в том числе и гляциоизостатические [Балуев, 2012]. Современные очертания Белое море получило около 6 тыс. лет назад, когда после отступления валдайского ледника в район вторглись воды голоценовой трансгрессии [Спиридонов, 1980]. Речная палеосеть закладывалась по неотектоническим разломам. Палеодолины, обнаруженные в Баренцевом и Карском морях, имеют возраст от неогена до сартанского времени. Эрозионные врезы в Горле Белого моря свидетельствуют о субаэральных условиях и являются возможным и потенциальным коллектором россыпей уже в субаквальных условиях. Обнаружение этих долин является первоочередной задачей для выявления россыпных полезных ископаемых в данном регионе, в том числе и алмазов.

В микулинское время (m^4III_{1mk}) на территории региона была развита обширная трансгрессия, береговая линия которой достигала нынешних абсолютных отметок в 150 м. [Геологическая..., 2009]. При анализе работ предшественников и составленной цифровой модели рельефа выявлено, что тальвеги речных долин современных рек (Золотица, Кулой, Мела, Сояна, Кепина, Падун и др) не превышают 95 м (рис. 1). Это может свидетельствовать об ингрессивном характере заливов в пределах рассматриваемой территории. При аналогичных современным приливно-отливных силах, абразия и эрозия подстилающих пород (урзугская свита и зимнебережный комплекс пород) происходили наиболее активно (рис. 2). Средние содержания минералов тяжелой фракции в микулинских глинах таковы: амфиболы - 28,1 %; карбонаты - 21,8 %; эпидот - 12,7 %; группа магнетита - 12,1%; гранат - 7,5 %; циркон - 2,3 %; сумма метаморфических - 1,7 %; группа лимонита - 1,3 %; пирит - 1,3 %. [Станковский, 1980]. Из этого автор делает вывод, что морские и аллювиально-морские толщи микулинского возраста могут иметь коллектора продуктивных россыпных концентраций алмазов.

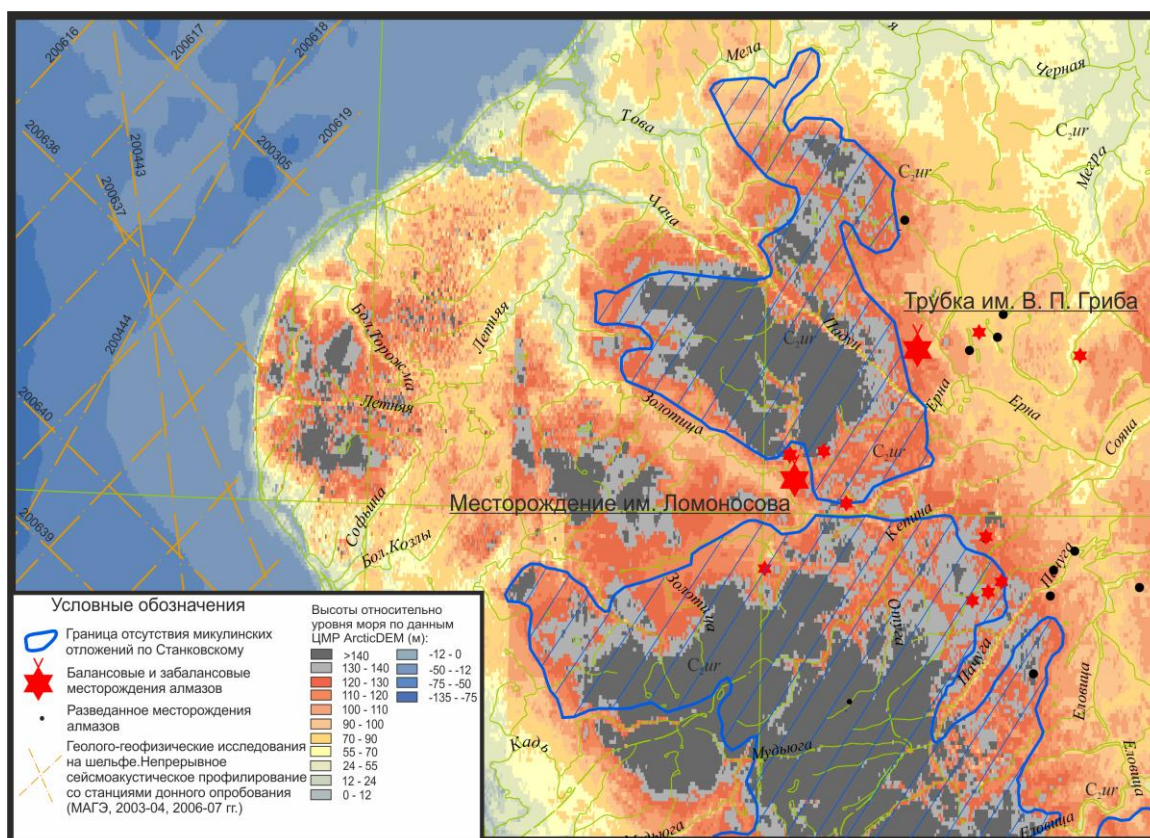


Рис. 1. Распространение микулинских отложений на территории Беломоро-Кулойского плато (по данным Станковского (синия линия) и по данным анализа ЦМР (ArcticDEM)).

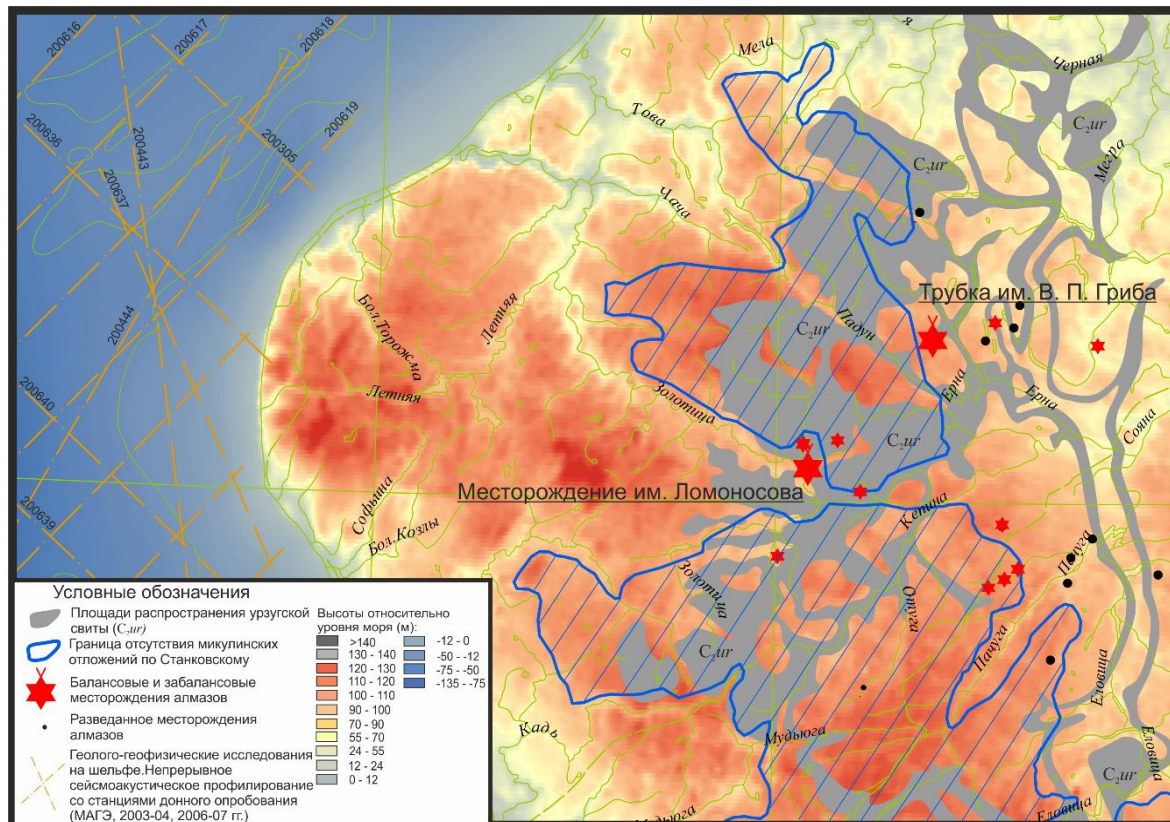


Рис 2. Распространение микулинских отложений (по данным Станковского (синия линия) и урзгуской свиты (серые полигоны) на территории Беломоро-Кулойского плато.

Результаты исследования. Для успешного прогнозирования мест скопления россыпных алмазов необходимы:

1. Анализ цифровой модели рельефа суши и на акватории;
2. Интерпретация имеющихся непрерывных сейсмо-акустических профилей, а также других геофизических данных;
3. Анализ имеющихся скважин;
4. Выделение палеодолин на суше и на море;

По результатам изучения материалов предшественников (Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Балтийская. Лист Q-37- Архангельск. Объяснительная записка. Мурманск, СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2009 . 338 с.; Станковский А.Ф., Отчет о результатах групповой геологической съемки и геологического доизучения площадей м-ба 1:200000 в Беломорско-Кулойском регионе Архангельской области (листы Q-37-XVII, XVIII; - XXII-XXIV; XXVIII – XXX; Q-38-XIII, XIV; - XIX, XX; - XXV, XXVI; - XXXI; XXXII) Кулойская геологосъемочная партия 1974 – 1980 гг. , Юрасская ГРЭ, Архангельское ТГУ, г. Архангельск, март 1980 г.), автором были выделены глубокие эрозионные врезы на суше в полях развития венд-палеозойских пород, которые были сформированы до образования современного облика Беломоро-Кулойского плато. Голоценовые речные долины частично наследуют облик древних, а коллектор сноса у них находится в Белом море в 10 км от современного устья р. Золотица (рис. 3). Кроме того, при изучении района геологи филиала «АЛРОСА-Поморье» обнаружили поздневизейские аллювиальные толщи (C_{1v2}), богатые на минералы-спутники алмаза. По-видимому, в это время происходила первичная эрозия верхних фаций трубки взрыва им. Гриба [Бовкун, 2008].

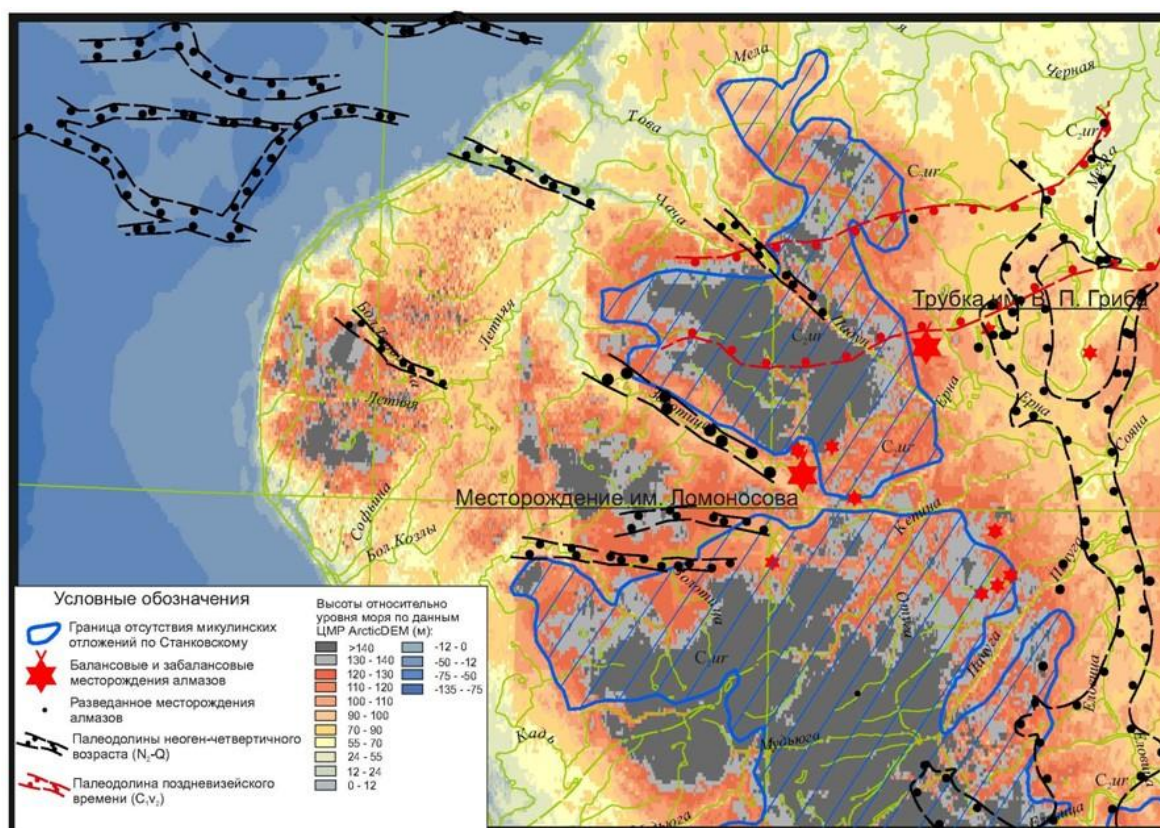


Рис. 3. Палеодолины Беломоро-Кулойского плато.

Максимальные концентрации алмазов приурочены к районам неотектонических поднятий, на фоне которых проявляется глубинная эрозия, река имеет узкое днище и характеризуется прямолинейностью, что можно наблюдать на данном рассматриваемом

участке. В период развития микулинской трансгрессии по таким эрозионным врезам перемещался основной объем твердого материала, в том числе и алмазов.

Также при вторичном анализе сейсмоакустических профилей, полученных предшественниками, автором статьи выделены палеодолины в Горле Белого моря (рис. 4). Палеоврезы наблюдаются от северного прибрежного каньона и далее тянется под осадочным чехлом к центральному транзитному каналу Белого моря (ближе к Терскому берегу Горла Белого моря). Глубина погребенной долины 60-130 м, ширина от 4 до 12 км. На сейсмоакустическом профиле (рис. 5) четко наблюдается ассиметричная палеодолина, в склонах которой угадывается нескольких выработанных террас. Глубина палеодолин свидетельствует об их древнем (ранне-средне неоплейстоценовом) возрасте. Вероятно, они заполнены ледниково-морскими московскими или микулинскими отложениями. Сартанский возраст долин исключается, так как они находятся гипсометрически ниже, чем уровень сартанской регрессии (>-50 м). Отложения, которые заполняют палеодолину, являются наиболее перспективными, как коллектор россыпей полезных ископаемых.

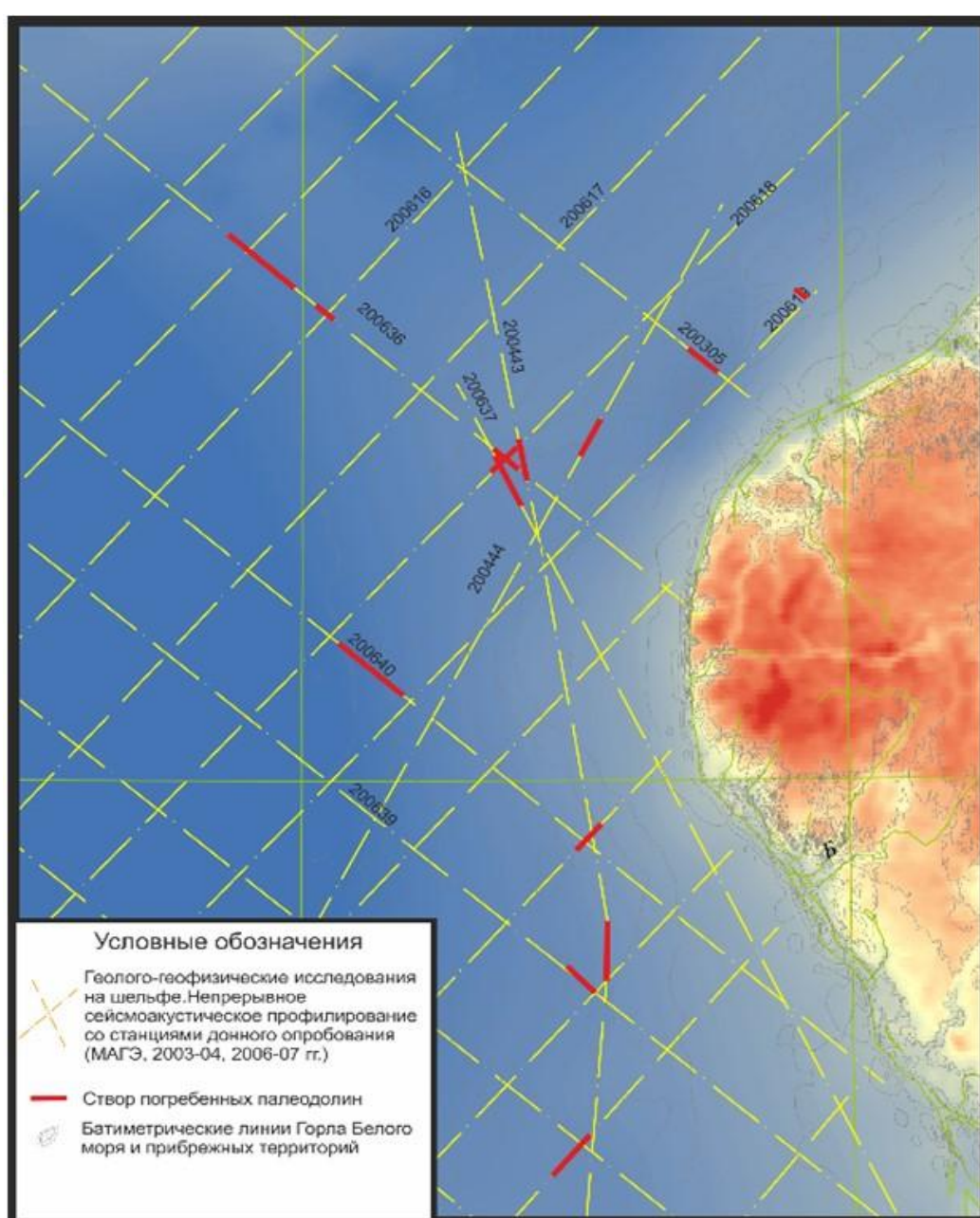


Рис. 4. Прослеживание погребенных палеодолин по сейсмоакустическим данным.

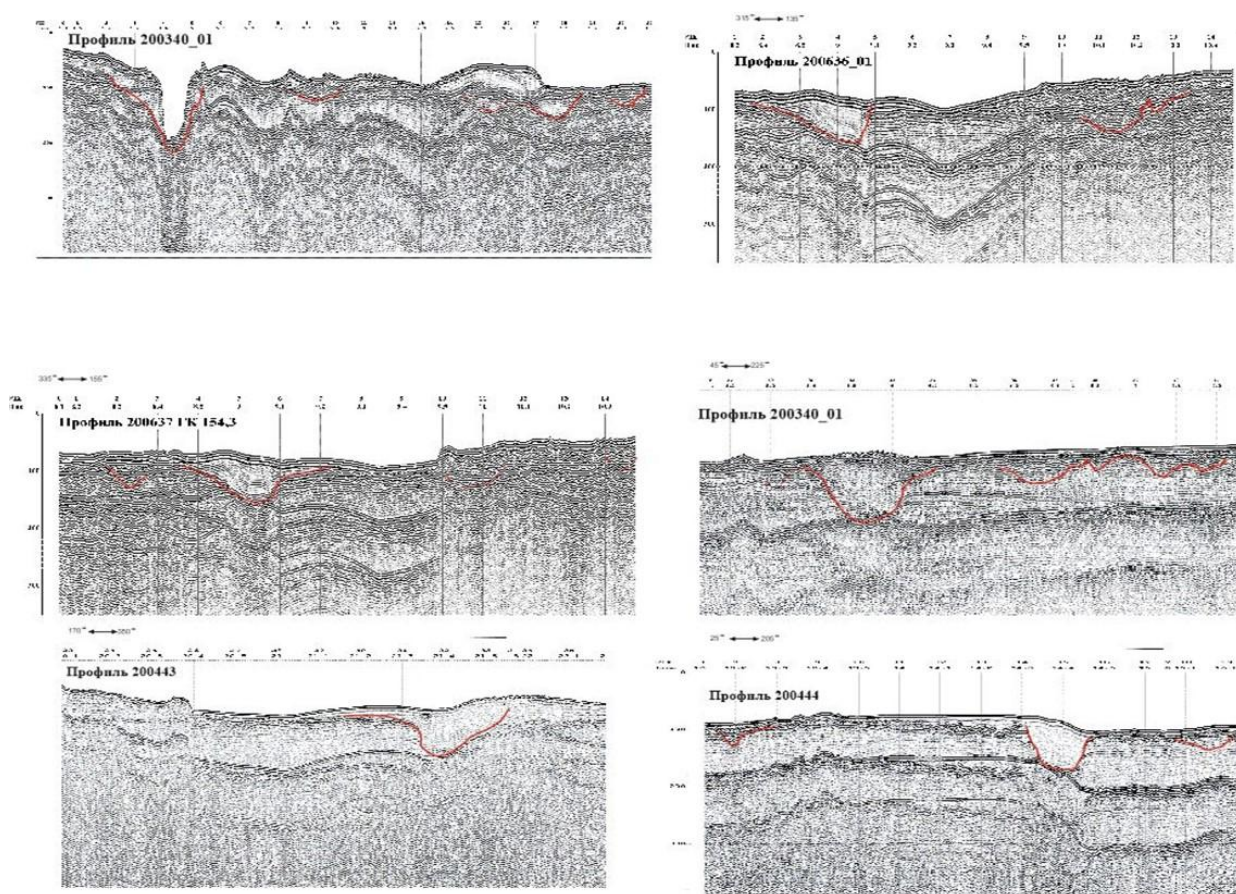


Рис. 5. Примеры палеоврезов на сейсмоакустических профилях в Горле Белого моря.

С помощью цифровых данных о топографии поверхности Земли (ArcticDEM), была составлена цифровая модель рельефа высокого разрешения (2 м на пиксель). Такая детальность позволяет с высокой точностью выделить современные речные и морские террасы, а также анализировать рельеф прибрежных территорий. В программе ArcGIS выделены участки территории гипсометрически ниже 140 м (на данном уровне предполагается наличие береговой линии микулинского времени). При совмещении данной модели с известными месторождениями алмазов (рис. 1) отчетливо видно, что большинство трубок взрыва приходятся на прибрежную зону, в которой развита волноприбойная деятельность. Предположительно, в период микулинской трансгрессии (130-112 тыс. лет) активно размывалась урзугская свита и Зимнебережный кимберлитовый комплекс, который насыщал формирующуюся морскую толщу россыпями алмазов и его спутников. Подводные россыпи, расположенные на береговом склоне, обычно связаны с аккумулятивными формами рельефа дна: подводными валами, барами, косами. В указанном районе эта разновидность продуктивных песков в большинстве случаев тянется широкой (до нескольких сотен метров) полосой на десятки километров параллельно современной береговой линии на расстоянии от 0,5 до 15 км от нее [Попов, 2014].

Сравнение скважин показывает, что на высоких отметках (в местах близких к микулинской береговой линии) в подошве преобладают глины и алевроиты (скважины 208, 209, 219). В скважинах №2 [Государственная..., 2009] и 206, 212 [Станковский, 1980] микулинские обложения (на глубинах с -24 до -34,5 м) залегают на вендских породах и представлены песчаными отложениями. Следует предполагать, что фации, содержащие алмазы, находятся в современной береговой зоне и на мелководье (<20 км от берега). Перемывание в более поздние этапы маловероятно, так как отложения микулинского мариния не размыты полностью на всей рассматриваемой территории. В современных

пляжевых фациях перспективы алмазонасности вероятны, но ограничены по площади в местах, где Белое море размывает микулинский мариний.

В пределах рассматриваемой площади на песках московского гляциомариния с размывом залегают глины алевроитово-песчаные, темно-серые до буровато-коричневых в подошве, плотные, с прослоями песков, с гравием и галькой до 15% [Станковский, 1980]. Такой цвет указывает на внешнее сходство нижней части мариния и кратерной фации трубок взрыва.

Шлиховое опробование (более 660 точек наблюдения) велось в основном по донным осадкам рек. Однако современный аллювий Беломоро-Кулойского плато – это перемытые четвертичные осадки, а в данном случае в большинстве водотоков в бортах вскрываются морские осадки микулинского времени [Станковский, 1980]. Ниже приведен анализ встреченных при шлиховом анализе минералов-спутников алмазов.

Гранаты весьма характерны для тяжелой фракции шлихов района. Наиболее распространенным минералом из числа гранатов является альмандин ($n_g^2 \cong 1.7 \cdot 10 \pm$). Встречается он в виде неправильных угловатых и угловато-окатанных зёрен размером до 1 мм и более. Поверхность зерен гладкая или шероховатая. Некоторые зерна окатаны. Пироксены являются довольно широко распространенными минералами и имеют различный видовой состав. Ромбические пироксены представлены минералами группы энстатита ($n_g \cong 1.666-1.670$). Их зерна таблитчатой или призматической формы. Часто угловатые. Для ромбических пироксенов характерны включения хромшпинелидов октаэдрического габитуса. Кроме того, спорадически встречаются хорошо ограненные кристаллики моноклинного пироксена (ряд диопсид-авгита) различных оттенков зелёного цвета с ($n_g \cong 1.703$) у бледно-окрашенных разновидностей до ($n_g \cong 1.703$) у густо-зелёных. Аналогичные кристаллики пироксена известны в качестве порообразующих в трубках взрыва щелочных базальтоидов Онежского п-ва [Каминский и др., 1974] и в качестве аксессуарных минералов - в пластовых телах кимберлитов Зимнего берега Белого моря. Хромшпинелиды встречаются в виде октаэдрических кристалликов с блестящими гранями или ксеногенных зёрен размером до 0.5 мм. Судя по магнитным свойствам, они гетерогенны - магнитные и электромагнитные. Для 18 зерен хромшпинелидов из аллювия р. Падун выполнены сокращенные анализы на три компонента (CrO_3 9.2 – 42, 3, 20, 8; TiO_2 1.4-23.4.9.5; Al_2O_3 2.9-80,3,6). Судя по результатам этих анализов можно полагать, что они имеют гетерогенную природу и связаны как с кимберлитами, так и с породами типа меймечитов или щелочных базальтоидов. Довольно часто хромшпинелиды встречаются совместно с пиропами, оливинами и хромдиопсидом (проба 4456, 2880). В двух пробах (9237, 4299) хромшпинелид отмечается в сростке с оливином.

Пиропы пляжевого аллювия обычно колотые с закругленными ребрами сколов. Затёртость отмечается только лишь на выпуклых элементах зёрен, что свидетельствует об их абразивной природе. Пиропы речного аллювия чаще округлые без следов затёртости, изредка колотые и скульптурированные. Обращает на себя внимание принадлежность основной массы пиропов к классу менее 1 мм (средний размер зерен 0.5 мм). Показательно, что во всех известных кимберлитовых провинциях мира пиропы из кимберлитов жерловой фации имеют размер более 1 мм. На этом основан экспресс-метод их диагностики [Илупин и др., 1978]. Среди обнаруженных зёрен существенно преобладают пиропы, окрашенные в различные оттенки лилового, фиолетово-красного и оранжево-фиолетово-красного цвета.

На рисунке 6 отмечены места нахождения минералов спутников алмазов. Отдельно выделены точки, в которых проводилось шлиховое опробование из морских микулинских отложений в бортах рек.

В данном случае россыпи являются продуктом дальнего сноса или скопившимися в промежуточных прибрежно-морских коллекторов. Распределение алмазов в россыпях

² Показатель преломления

дального переноса или сформированных в результате перемыва древних промежуточных прибрежно-морских коллекторов выглядит необычно. Эти россыпи выделяются высоким средним весом кристаллов, полным отсутствием представительства класса - 1 мм и существенным снижением доли класса -2 + 1 мм. В качестве примера таких россыпей можно привести месторождения Урала и прибрежно-морские россыпи Юго-Западной Африки, россыпь р. Бол. Куонамка северо-запада Якутии. Естественно, что из-за хорошей сортировки и повышенной крупности алмазы таких россыпей характеризуются высокой стоимостью [Граханов и др. , 2007].

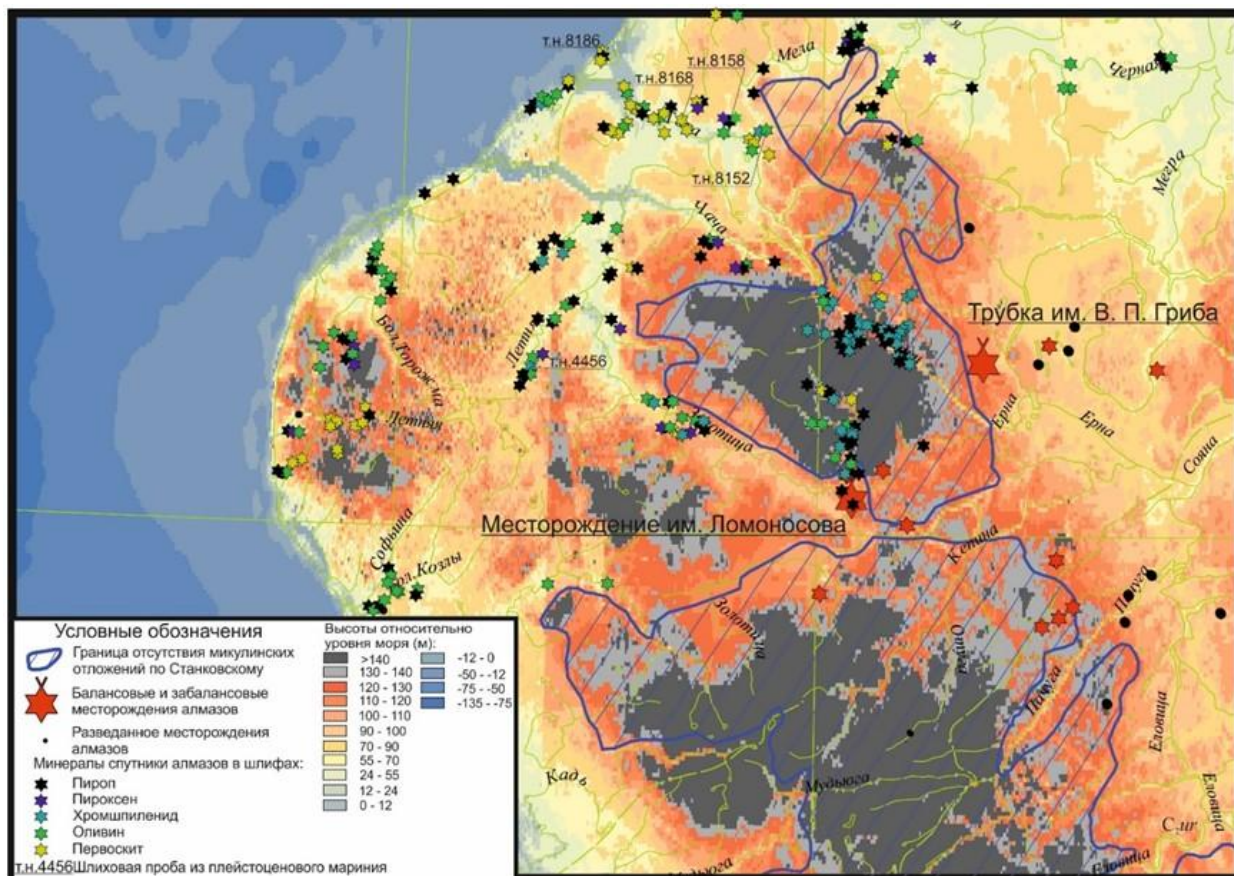


Рис. 6. Минералы-спутники алмазов по результатам шлихового опробования.

Заключение. При анализе материалов предшественников обнаружались новые сведения о возможной алмазности морских четвертичных образований, которые до этого не рассматривались как перспективные. А.Н. Евдокимов [2007] высказывает предположение о скудных запасах россыпей на Зимнем берегу и делает акцент на перспективах Терского берега Белого моря, как наиболее перспективного. Следует провести доизучение области с фокусом на предложенную концепцию. Рекомендуются провести дополнительное бурение и опробование вдоль выделенных палеодолин, в том числе и на мелководье. Являясь погребенными на протяжении 100 тыс. лет, возможные россыпи не могут быть полностью эродированными и перенесенными дальше в открытое море.

ЛИТЕРАТУРА.

Балуев А.С., Журавлев В.А., Терехов Е.Н., Пржиялговский Е.С. Тектоника Белого моря и прилегающих территорий (Объяснительная записка к «Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий» масштаба 1:1500000) / М.: ГЕОС, 2012. 104 с.

Бовкун А.В., Третьяченко В.В., Гаранин В.К. Особенности индикаторных минералов кимберлитов из поздневисейского коллектора бассейна р. Падун Зимнебережного района // *Известия Вузов. Геология и разведка*, 2008. № 5. С. 11-17.

Евдокимов А.Н., Гопчак В.Г., Николаев В.В., Смирнов А.Н., Бурнаева М.Ю. Перспективы алмазоносности донных отложений на акватории Горла Белого моря. В книге «Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна». Выпуск 1. Российская академия наук. Министерство образования и науки Российской Федерации. Апатиты. 2004 г. С. 322-334.

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

Илупин И.П., Каминский Ф.В., Францессон Е.В. Геохимия кимберлитов. М., Недра, 1978. 352 с.

Каминский Ф.В., Константиновский А.А., Пиотровский С.В., Константинов Ю.Г., Соболев В.К., Станковский А.Ф., Южаков В.М. Оценка перспектив алмазоносности Онежского полуострова. АГРТ, ЦНИГРИ. Фонд АТГУ, 1974 г.

Попов А.Г. Россыпи алмазов Урала // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 6.

Спирidonов М.А., Девдариани Н.А., Калинин А.В. и др. Геология Белого моря. Советская геология. 1980. №4. С. 45–55.

PROSPECTING FOR DIAMOND PLACERS IN INTERMEDIATE RESERVOIRS OF NEOGENE-QUATERNARY ROCKS WITHIN ZIMNIY BEREG COASTLINE AND THE BELOMOR-KULOY PLATEAU

Kruglikov R. G.

VNIIOkeangeologia, St. Petersburg, Russia

Diamond deposits on the Zimniy Bereg were discovered in the 80s of the 20th century. In the shortest possible time, productive blast pipes were discovered, including those included in the 5 largest in the world (field the Grib). However, the largest volumes of diamond mining are produced from placer deposits, which have not been found in these regions. Based on the results of the Jurassic expedition, an assumption was made about the possible existence of large placer deposits in the Urzug suite of the Middle Carboniferous, which was not confirmed by the replacement. The author of the article suggested that the collector could have been washed away by later transgressions, including Quaternary ones, and diamond placers were preserved in paleovalleys formed in the Neogene-Quaternary time.

Keywords: *diamond placer, Pleistocene, intermediate collector, Zimniy Bereg, Belomor-Kuloy Plateau, paleovalleys, White Sea*

REFERENCES:

Baluev A.S., Zhuravlev V.A., Terekhov E.N., Przhivalgovsky E.S. Tectonics of the White Sea and Adjacent Territories (Explanatory Note to the "Tectonic Map of the White Sea and Adjacent Territories" at a scale of 1:1,500,000) / Moscow: GEOS, 2012. 104 p.

Bovkun A.V., Tretyachenko V.V., Garanin V.K. Features of Indicator Minerals in Kimberlites from the Late Visean Reservoir of the Padun River Basin in the Zimneberezhny District // *Izvestiya VUZov. Geologia I razvedka*. 2008. No. 5. P. 11-17.

Evdokimov A.N., Gopchak V.G., Nikolaev V.V., Smirnov A.N., Burnaeva M.Yu. Prospects for diamond potential of bottom sediments in the White Sea Gorlo water area. In the book "Comprehensive studies of processes, characteristics and resources of the Russian seas of the North European Basin". Issue 1. Russian Academy of Sciences. Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Apatity. 2004. P. 322–334.

Grakhanov S.A., Shatalov V.I., Shtyrov V.A., Kychkin V.R., Suleymanov A.M. Placers of diamonds in Russia; - Novosibirsk: Academic Publishing House "Geo", 2007. 457 p.

- Ilupin I.P., Kaminsky F.V., Francesson E.V.* Geochemistry of kimberlites. М., Nedra, 1978. 352 p.
- Kaminsky F.V., Konstantinovsky A.A., Piotrovsky S.V., Konstantinov Yu.G., Sobolev V.K., Stankovsky A.F., Yuzhakov V.M.* Assessment of diamond potential of the Onega Peninsula. AGRT, TsNIGRI. Fund of the Altai State University, 1974.
- Popov A.G.* Ural diamond placers // Modern problems of science and education. 2014. N. 6.
- Spiridonov M.A., Devdariani N.A., Kalinin A.V.* et al. Geology of the White Sea // Soviet Geology. 1980. No. 4. P. 45–55.