

О вероятной алмазоносности донных отложений Горла Белого моря

А. Н. Евдокимов¹, доктор геолого-минералогических наук
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

Опробование рыхлых донных отложений акватории Горла Белого моря позволило установить повышенные содержания минералов тяжелой фракции и спутников алмаза в нескольких депрессиях рельефа дна. Определены потенциальные коренные источники алмазов, расположенные в прибрежной части существующих и предполагаемых кимберлитовых полей Кольского берега. Намечено пять первоочередных участков для более детального изучения. Предлагается усовершенствовать метод опробования с целью увеличения глубины взятия проб до 0,5 м от поверхности плотика.

Ключевые слова: алмазы, донные отложения, Горло Белого моря.

О возможности россыпеобразования в бассейне Белого моря упоминалось в работах ряда исследователей: А. В. Сидоренко [11], А. П. Афанасьева [2], В. Я. Евзерова и А. С. Лихачева [6], М. А. Спиридонова с соавторами [5], И. И. Киселева [9], Е. Н. Невеского и др. [10], А. И. Ивлева [7], Б. В. Гавриленко и др. [4]. Перспективы россыпной алмазоносности определяются наличием коренных источников в береговой зоне Горла Белого моря, в целом историей формирования бассейна, выполненного осадками за счет постоянного размыва и неравномерного воздымания Балтийского кристаллического щита, а также абразии Зимнего берега. Крупные кимберлитовые месторождения алмазов на Зимнем берегу к северо-востоку от Архангельска и проявления коренной алмазоносности на Терском берегу, а также активный гидродинамический режим в пределах Горла Белого моря, способствующий естественному обогащению современных осадков в отношении минералов тяжелой фракции, позволили сделать предположение о возможности обнаружения россыпных месторождений алмазов в пределах этой площади.

Цель статьи — привлечь внимание научной общности и геологической службы Северо-Запада

к перспективному на алмазы объекту, показать недостатки методического плана, которые до сих пор имеют место в производстве геолого-поисковых работ на твердые полезные ископаемые в пределах континентального шельфа Российской Федерации.

По данным геолого-съёмочных работ на шельфе Горла Белого моря в морских плейстоцен-голоценовых песчано-гравийно-галечных и современных пляжевых отложениях обнаружены алмазы и их минералы-спутники. В процессе работ австралийской фирмы «Эштон Майнинг Лимитед» в Карелии выявлено Кимозерское кимберлитовое проявление алмазов. В 1992 г. по данным В. В. Ушкова [13] Б. А. Котековым в русле ручья, впадающего в Кимозеро, были обнаружены хромиты и алмазы, а позже — коренные выходы кимберлита. Абсолютный возраст породы по определению И. Л. Махоткина [14] методом построения Sm-Nd изохроны составляет 1764 ± 125 млн лет. Кимозерские кимберлиты описаны в статье В. Н. Устинова и соавторов в 2009 г. [12], где приведены геологические характеристики рудных тел и изучено около 100 кристаллов алмазов, извлеченных из 12 проб общим весом 815 кг. Алмазы представлены резорбированными октаэдрами, комбинациями октаэдра и ромбододэкаэдра а также двойниками шпинелевого типа. Более поздние уран-свинцовые датировки цирконов указывают

¹ e-mail: evdokimov48@list.ru.

на возраст Кимозерского кимберлита 1,92 млрд лет [15], что соответствует поздней стадии палеопротерозойского рифтинга Карельского кратона и разрастания Свекофенского океана.

Первая находка алмаза на Кольском полуострове относится к позапрошлому столетию. Несколько кристаллов алмаза небольших размеров были найдены в 1891 г. среди альмандиновых песков, привезенных географом Ш. Рабо с острова Чевессуолло на реке Паз. В 1989 г. геологи Центрально-Кольской экспедиции (ЦКЭ) обнаружили россыпные алмазы в гляциальных и флювиогляциальных отложениях Северной Карелии в районе озера Ципринга. На участке проводила детализационные работы канадская фирма GMM. Геологами ЦКЭ выполнены работы по поискам коренных и россыпных проявлений алмазов на юго-западе Кольского полуострова (Зареченская площадь), где уже найдены минералы — спутники алмазов, и в первую очередь пиропы.

Геологическое строение дна Белого моря определяется наличием близко расположенного кристаллического фундамента — продолжения на акваторию Горла Белого моря метаморфических и магматических пород Балтийского щита со стороны Кольского полуострова и осадочных пород венда и карбона на Зимнем берегу. Таким сочленением пород фундамента и чехла определяется глубинная часть геологического разреза.

На суше Кольского полуострова преобладают скальные береговые уступы, и по мере удаления от берега моря маломощные рыхлые четвертичные отложения чередуются с кристаллическими породами, представляющими собой полого сглаженные ледником так называемые бараны лбы, обрамленные крупноглыбовыми развалами коренных пород, валунником, гравийными и песчаными фракциями — продуктами денудации коренных пород. Те и другие образуют мелкопочечный рельеф.

На Зимнем берегу осадочные отложения имеют субгоризонтальное залегание, сложены песчаниками венда и вулканогенно-осадочными терригенными отложениями карбонового возраста. Рельеф здесь более пологий по сравнению с Кольским берегом. Однако сильные приливно-отливные течения вдоль береговой зоны активно подмывают осадочную толщу, и в некоторых местах здесь образуются довольно крутые береговые обрывы.

Ввиду большей устойчивости кристаллических пород фундамента к процессам выветривания и последующей денудации, включая эрозию течением морской воды, поперечный профиль рельефа дна в Горле Белого моря имеет небольшой уклон и падение от Кольского к Зимнему берегу. По причине сильных (до 17 узлов) приливно-отливных течений мощность рыхлых донных отложений в районе, как правило, невелика и меняется от 0 до первых десятков сантиметров на «кольской» части дна за исключением эстуария и конуса выноса реки Поной. Здесь и еще севернее распространены алевриты

и алевропелиты с включениями валунного и галечного материала относительно большой мощности, более 12 м. Мощность рыхлых донных осадков на участке, примыкающем к Зимнему берегу, составляет от 0,5 до 5—10 м. Гранулометрический состав донных отложений весьма разнообразен. Если в центральной части и на относительно мелководных участках преобладают валунный материал и гравийные фракции, то во впадинах высок процент песчаных, алевритовых фаций, присутствуют галечные и гравийные отложения, ракушняки и железомарганцевые конкреции. Глинистая и иловая составляющие чаще распространены в депрессиях, примыкающих к Зимнему берегу. Валунные, галечные и гравийные фракции преобладают на кольском фланге Горла Белого моря.

Верхи разрезов сложены голоценовыми (около 12 тыс. лет) слабоуплотненными (1,4—1,7 г/см³) осадками, преимущественно алеврито-глинистого состава, которые несогласно перекрывают более уплотненные (1,9—2,2 г/см³) и сухие субазральные образования плейстоцена. Природа голоценовых отложений в основном морская, реже терригенная с заметным влиянием аллювиальных фаций в прибрежной части акватории. Биогенно-карбонатные разновидности осадков представлены обломками двустворок (абсолютный возраст — 8—5 тыс. лет) и детритом баянуса (2—3 тыс. лет).

Поисковыми работами ЦКЭ в 1982—1992 гг. на Терском берегу Белого моря найдено 60 взрывных объектов, сложенных кимберлитами, мелилитами и фойдитами. Территориально они входят в состав Беломорской кимберлитовой субпровинции в зоне сочленения Балтийского щита и Русской плиты. Данная субпровинция приурочена к рифейской рифтогенной структуре северо-западного простирания и представлена системой горстов и грабенов. Эта структура в ходе палеозойской активизации пересечена разломами северо-восточного и северо-западного простираний, контролирующими проявления кимберлитового и родственного ему магматизма. На восточном фланге палеорифта находится Зимнебережный, а на западном — Терскобережный кимберлитовый районы. Две кимберлитовые трубки с низким содержанием алмазов обнаружены на площади Ермаковского поля. Они прорывают гнейсограниты архейского фундамента, рифейские песчаники терской свиты и перекрыты четвертичными отложениями средней мощностью 10 м. Возраст кимберлитов, по данным Rb-Sr-изохронного метода, составляет 465 ± 12 млн лет [3]. Более поздние определения $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом, по данным А. А. Арзамасцева и соавторов [1], показали значения абсолютного возраста двух генераций флогопита из трубки взрыва «Ермаковская-7» $375,0 \pm 2,5$ млн лет и $372,6 \pm 2,5$ млн лет. Эти значения близки возрасту недалеко расположенного массива Турий мыс. В рыхлых отложениях на площади прогнозируемых Макеевского и Пялицкого полей к юго-востоку от

Ермаковского поля обнаружены минералы — спутники алмаза: пиропы, хромдиопсиды и хромшпинелиды. К северу, в пределах Кицкого грабена, установлены локальные магнитные аномалии «трубчатого типа», а в четвертичных осадках — шлиховые ореолы с пиропами, хромшпинелидами и хромдиопсидами. Эти факты свидетельствуют о возможности обнаружения новых продуктивных кимберлитовых трубок.

Основные перспективы алмазности прибрежно-морских отложений обусловлены наличием россыпеобразующих формаций (алмазные кимберлиты Ермаковского и, возможно, других полей) и россыпеконтролирующих структур (Восточно-Кольская низменность), а также палеогеографическими обстановками кайнозоя. Следует учесть, что изученность шельфовых областей Баренцева и Белого морей существенно ниже, чем материковой части Кольского региона.

Начиная с протерозойских морских бассейновых отложений Печенгской структуры [8] и завершая современными пляжевыми отложениями в регионе обнаружены различные по составу погребенные алмаз-циркон-шпинель-турмалин содержащие ильменит-магнетит кварцевые грауваковые россыпи. Известны находки алмазов в Чешской губе. Здесь в современных морских пляжевых отложениях найдены три кристалла у мыса Бармин. В четвертичных отложениях присутствуют: пироп, хромшпинелиды, хромдиопсид и пикроильменит. Эти данные свидетельствуют о перспективах россыпной алмазности мелководной зоны Баренцева моря.

В 1998 г. автор в составе геологического отряда ФГУП ВНИИОкеангеология и отряда Геологического института Кольского филиала РАН принимал участие в опробовании донных отложений западной акватории Горла Белого моря. Работа выполнялась по заказу компании «Эджелейн Инвестментс Лимитед» под руководством начальника комплексной партии ФГУП ВНИИОкеангеология В. В. Николаева с борта научно-исследовательского судна «Иван Петров». Опробование донных отложений с углублением пробоотбора до 20 см осуществлялось с помощью драги объемом 50 л. Точки опробования были распределены по сети с интервалом в 5 км, общее количество проб — 133, при этом на нескольких точках — станциях рыхлый донный материал отсутствовал, а дночерпатель цеплялся за скальные выступы. Контроль координат выполнялся GPS-навигатором, глубина воды над точками опробования определялась судовым эхолотом. В результате было отобрано 112 проб объемом от 5 до 35 л.

В Горле Белого моря глубины у Архангельского берега больше, чем у Кольского, наблюдается пологий склон дна на юго-восток. Площадь исследованного участка располагалась в прибрежной части акватории. На склоне морского дна на удалении от 7 до 20 км от Кольского берега вытянута руслоподобная цепь впадин. Впадины соединены седловинами

и ориентированы длинными осями субпараллельно береговой линии. Положение впадин обусловлено динамикой приливно-отливных течений, причем приливные русла ближе к берегу, чем отливные. Седловины между впадинами пологие и широкие. Они превышают по площади впадины в три-пять раз. Средняя площадь впадин — около 2 км². Средние превышения седловин над уровнем дна впадин составляют 20—30 м.

Гидродинамический режим на этом участке Горла определяют суточные высокоскоростные приливно-отливные течения всей Беломорской акватории и впадающие с северо-запада мелкие водотоки Кольской суши. Поступление осадков в настоящее время происходит за счет размыва Кольского берега. Приливно-отливная работа моря по перемыку и износу осадков в Горле Белого моря усиливается по сравнению с самим морем в несколько раз за счет сокращения площади поперечного сечения водотока. Гидродинамическая обстановка способствует естественному обогащению и накоплению минералов тяжелой фракции во впадинах.

Гранулометрический состав донных отложений изучался непосредственно на борту судна и в лабораториях. По полученным данным были построены схемы распространенности каждой из фракций и три разреза гранулометрического состава поверхностного слоя донных отложений. Оказалось, что прибрежное мелководье с глубинами до 50 м имеет сравнительно равномерную представительность по всем гранулометрическим фракциям за исключением северного участка, где располагается конус выноса реки Поной, где в донных осадках преобладает песчаная фракция. На всех линиях глубоководная часть участка более дифференцирована, на возвышенностях и их склонах больше валунов и гальки, во впадинах количество валунов исчезающе мало. Глины в виде небольших линз и карманов в песках зафиксированы только на девяти станциях.

Галечно-гравийно-глинистые смеси считаются перспективными для концентрации алмазов. Они распространены на небольшой мелководной площади в районе конуса выноса реки Поной, а также в центре и на юго-востоке изученной площади и продолжают за ее пределы в сторону Зимнего берега (рис. 1).

В составе донного валунно-галечного материала преобладают породы метаморфического комплекса. В коренном залегании они обнажаются на берегу Кольского полуострова и представлены архейскими гнейсами, амфиболитами, кварцитами, кварцевыми мигматитами. Протерозойские песчаники, риолиты, туфы, лавы, пироксениты, гранатовые пироксениты, разнообразные метавулканы и карбонатные породы реже образуют валуны, чем гальку, и распространены в донных отложениях в меньшей степени, чем кристаллические метаморфиты.

Области скопления неокатанных обломков располагаются в непосредственной близости от коренных

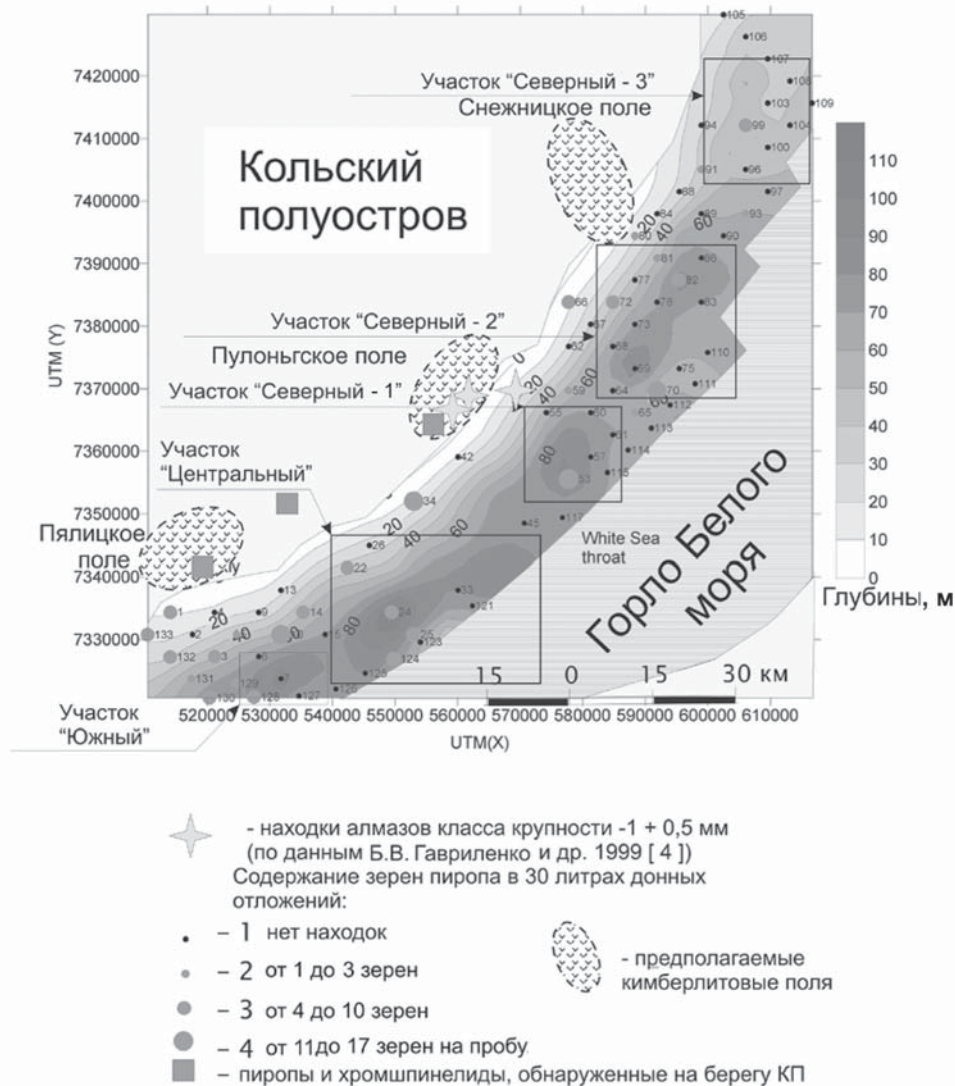


Рис. 1. Схема расположения перспективных на россыпи алмазов участков в Горле Белого моря на шельфе Кольского полуострова

выходов этих пород на прибрежном мелководье и на возвышенностях глубоководной части площади. Ореолы концентрации полуокатанных галек смещены ниже по склону дна по отношению к максимумам распределения неокатанных (угловатых). Хорошо окатанные гальки скапливаются еще дальше от берега и ниже по склону дна, на его пологих участках, а также в глубоководных депрессиях. Последние располагаются в глубоководной части Горла Белого моря и имеют вытянутую и ориентированную параллельно берегу форму. Цепочки таких депрессий совпадают с трассами мощного приливно-отливного течения в этой части Горла.

Характер распределения галечного материала, степень его окатанности могут служить важным поисковым признаком для определения путей транспортировки и накопления алмазов соответствующей (с учетом его плотности — 3,4 г/см³) гидравлической

крупности (5—10 мм). Наиболее вероятные трассы миграции галечного материала от коренного источника к участкам накопления определены из последовательности перемещения аномалий от неокатанных к полуокатанным и, наконец, к окатанным разновидностям. Результат такого анализа приведен на рис. 1. В итоге околнурены зоны концентрации галечного материала, располагающиеся в депрессиях рельефа дна на удалении от берега 7—20 км, и пути их пополнения.

Обломочный материал представлен: эклогитами с содержанием граната около 25%, пироксена, амфибола, кварца, плагиоклаза и рудного минерала; несколькими образцами щелочно-ультраосновных магматических пород, коренные выходы которых известны на Терском берегу, в районе Турьего мыса; гальками пикритового порфирита с вкрапленниками оливина, клинопироксена и слюды; щелочного

лампрофира из группы альнеитов (нефелиновый окатит или турьяит); карбонатизированной туфолавы; на севере участка — кристаллических карбонатов. Все эти породы известны в коренном залегании на Кольском полуострове, а отсутствие каких-либо обломков пород Зимнего берега подтверждает возможность сноса в эту часть Горла терригенного материала только с Кольского берега.

Аномалии распределения гравийной фракции не совпадают, а дополняют в плане максимумы содержаний крупнообломочного материала. Здесь максимальные содержания гравия достигают 30% объема породы. Небольшая аномалия гравийной фракции проявлена на севере участка. Она приурочена к устью реки Поной. В гравийниках аккумулируется тяжелая фракция крупнозернистого песка и возрастает вероятность обнаружения алмазов соответствующей гидравлической крупности, т. е. размером около 1 мм.

Минералогический состав тяжелой фракции соответствует продуктам разрушения метаморфических пород Кольского берега. На этом фоне обнаружены многочисленные зерна минералов — спутников алмаза: пироба, хромдиопсида, хромшпинелидов, форстерита, перовскита, муассонита. Пиробы двух цветовых разновидностей — розово-оранжевой и светло-фиолетовой. Розово-оранжевые содержат 46—59% пиробового минала, 24—34% алмадинового, 5—25% гроссулярового, 0—10% андрадитового и 0—1% спессартинового минала. Светло-фиолетовые состоят на 71—72% из пироба, на 13—14% из алмадина, на 6—6,5% из андрадита и 7—7,5% из уваровита. На рис. 1 показаны точки концентраций зерен пироба размером $2,0 \pm 0,5$ мм. Максимальное число пироба в одной пробе достигает 17.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о высокой вероятности обнаружения в пределах изученной площади алмазных россыпей, сформированных за счет денудации коренных источников, расположенных на Кольском полуострове. Кроме того, предлагается усовершенствовать методику опробования донных отложений на алмазы и другие минералы тяжелой фракции включая золото и самородные металлы — элементы группы платины. Для этого необходимо обеспечить доступность бурового инструмента — эйрлифта до глубины его внедрения в породы плотика на 20—50 см. Такой подход к опробованию позволит однозначно определять наличие полезных минералов даже в трещинах и в различных углублениях, где вполне вероятно накопление тяжелой фракции на участках морского дна с повышенными скоростями приливно-отливных течений.

Литература

1. Арзамасцев А. А., Федотов Ж. А., Арзамасцева Л. В. Дайковый магматизм северо-восточной части Балтийского щита. — Л.: Наука, 2009. — 384 с.

2. Афанасьев А. П. Фанерозойские коры выветривания Балтийского щита и связанные с ними полезные ископаемые. — Л.: Наука, 1977. — 244 с.
3. Баянова Т. Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. — М.: Наука, 2004. — 172 с.
4. Гавриленко Б. В., Зазуля Д. Р., Чикирев И. В. О возможности обнаружения новых кимберлитовых полей на терском побережье Кольского полуострова // Материалы X конференции, посвященной памяти К. О. Кратца: Геология и полезные ископаемые Северо-Запада и центра России. — Апатиты: КНЦ РАН, 1999. — С. 27—34.
5. Спиридонов М. А., Девдариани Н. А., Калинин А. В. и др. Геология Белого моря // Совет. геология. — 1980. — № 4. — С. 45—55.
6. Евзеров В. Я., Лихачев А. С. Новые данные о формировании россыпей на Кольском полуострове // Проблемы докембрия Кольского полуострова. — Апатиты: КФАН СССР, 1974. — С. 119—122.
7. Ивлиев А. И. Перспективные виды полезных ископаемых бассейна Белого моря // Геология и полезные ископаемые шельфов России. — М.: ГЕОС, 2002. — С. 205—213.
8. Ивлиев А. И., Штеренберг Л. Е. Тектоническое положение древних метаморфических комплексов с алмазами кимберлитового типа на Балтийском щите: Тез. докл. // Тектоника осадочных бассейнов северной Евразии. — М.: ГИН РАН, 1995. — С. 48—49.
9. Киселев И. И. Концентрации ценных минералов в рыхлом покрове восточной части Балтийского щита // Отеч. геология. — 1993. — № 11. — С. 25—32.
10. Невесский Е. Н., Медведев В. С., Калинин В. В. Белое море: Седиментогенез в истории развития в голоцене. — М.: Наука, 1977. — 236 с.
11. Сидоренко А. В. О доледниковом (дочетвертичном) континентальном этапе развития Кольского полуострова и восточной части Балтийского щита // Регион. палеогеография: XXI сессия МГК: Докл. совет. геологов. — М., 1960. — С. 164—171.
12. Устинов В. Н., Загайный А. К., Смит К. Б. и др. Раннепротерозойские алмазносные кимберлиты Карелии и особенности их формирования // Геология и геофизика. — 2009. — Т. 50, № 9. — С. 963—977.
13. Ушков В. В. Кимозерское проявление алмазносных кимберлитов в Онежской структуре // Геология и полезные ископаемые Карелии: Вып. 3. — Петрозаводск, 2001. — С. 94—98.
14. Mahotkin I. L. Age and geochemistry of rock samples from the Kemozero occurrence, Karelia, NW Russia: AMI. Report № 52390. — [S. l.], 1999.
15. Priyatkina N., Khudoley A. K., Ustinov V. N., Kullerud K. 1.92 Ga kimberlitic rocks from Kimozero, NW Russia: their geochemistry, tectonic setting and unusual field occurrence // Precambrian Research. — 2014. — Vol. 249. — P. 162—179.