

Хотылев Олег Владимирович

**НЕОТЕКТОННИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МАКОНСКОГО
РАЙОНА (ЛЕСНАЯ ГВИНЕЯ) И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА
РОССЫПНУЮ АЛМАЗОНОСНОСТЬ**

Специальность 25.00.01 – Общая и региональная геология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2014

Работа выполнена на кафедре общей геологии и геологического картирования в Федеральном Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ)

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
Корчуганова Нелли Иосифовна (МГРИ-РГГРУ)

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Сим Лидия Андреевна (ИФЗ РАН)
доктор геолого-минералогических наук
Константинов Михаил Михайлович
(ЦНИГРИ)

Ведущая организация: Российский университет дружбы народов
им. Патриса Лумумбы

Защита состоится 29 мая 2014 года в 15.00 на заседании диссертационного совета Д 212.121.03 при Российском государственном геологоразведочном университете им. Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ) по адресу г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, ауд. 4-73

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГРИ-РГГРУ.

Автореферат разослан «___» 2014 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

Кандидат геолого-минералогических наук

В.Н. Комаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность

На территории Гвинейской республики алмазы добывались с середины 30-х годов прошлого века. Значительный вклад в изучение строения коренных и россыпных месторождений внесли советские геологи. В настоящее время на территории республики известно значительное количество коренных объектов, подавляющее большинство из которых имеет непромышленный масштаб, и на передний план выходят не поиски кимберлитовых тел, а оценка водотоков на предмет россыпной алмазоносности и выявление перспективных площадей, как в пределах современных долин, так и участков древней речной сети. Известно, что на локализацию полезного компонента в речных долинах влияет неотектоника, но изучением новейшего тектонического строения Маконского района не занимались, что и определяет актуальность данного исследования.

Степень разработанности исследования

Понятие «ловушка» достаточно часто используется в россыпной геологии и упоминается в трудах многих авторов: И.Я. Билибина, Н.А. Шило, Н.Г. Патык-Кара др., однако конкретная систематика типов, места расположения в долинах и строение «ловушек» в их трудах отсутствуют. Впервые понятие «структурно-геоморфологическая ловушка» было сформулировано в трудах Н.П. Костенко и Н.И. Корчугановой и там же была дана первая типизация ловушек, описаны условия их формирования и определены вероятные места расположения в долинах рек. Для алмазоносных россыпей Маконского района Лесной Гвинеи (Республика Гвинея) такая работа проделана впервые.

Цель работы: изучение неотектонического строения Маконского района и установление его влияния на россыпную алмазоносность.

Задачи исследования:

- составление структурно-геоморфологической карты и геолого-геоморфологических разрезов и выявление разноранговых новейших структурных форм
- изучение строения речных долин, их типизация
- определение перспектив алмазоносности различных типов долин
- выявление участков, наиболее перспективных на россыпеобразование (структурно-геоморфологических ловушек алмазов), их типизации
- шлихо-минералогический анализ аллювия из выявленных ловушек
- определение минералогических критериев поисков перспективных участков.

Научная новизна работы

В силу чрезвычайно малой геологической изученности региона и закрытости информации частными фирмами, информация по россыпям алмазов Гвинейской

Республики очень скудна. Автором впервые собран и обобщен значительный массив данных по влиянию неотектоники на распределение и строение россыпей алмазов Маконского района Лесной Гвинеи.

Впервые охарактеризовано неотектоническое строение района, выявлены разноранговые структурные формы, в том числе разрывы, активные на новейшем этапе, некоторые из которых кимберлитоконтролирующие.

Изучены характерные разрезы речных долин и впервые выделены и типизированы структурно-геоморфологические ловушки.

Впервые получены данные по гидродинамическим ассоциациям тяжелых минералов в аллювии рек Маконского района. Сформулированы принципы и закономерности формирования минералогических динамических ассоциаций.

Впервые на основе определения форм зерен пиропов совокупность их обломков разбракowana на две группы: плоские – дальнеприносные и близкоизометричной формы – из близкорасположенных коренных источников.

Собранный и проанализированный материал является первой работой по структурно-геоморфологическому положению россыпей алмазов Лесной Гвинеи и гидродинамическим ассоциациям минералов в них.

Практическая значимость

Практическая значимость выполненных исследований заключается в определении структурно-геоморфологического положения россыпных объектов Лесной Гвинеи (Маконский россыпной узел) в общем строении района, что необходимо для рационального проведения геолого-разведочных работ.

Обоснована необходимость выделения структурно-геоморфологических ловушек на предполевом камеральном этапе, что позволит существенно сэкономить время и затраты на дальнейшее проведение поисковых работ.

Предложено использовать данные по уплощению зерен пироба для разбраковки обломков по группам дальности их переноса, что необходимо для поисков коренных источников алмазов.

Определены гидродинамические ассоциации минералов в алмазоносных россыпях Маконского района и показана необходимость установления их непосредственно в процессе ведения полевых работ с целью определения мест, благоприятных для накопления алмазов.

Методика исследований

В выполненной автором работе применялись структурно-геоморфологические методы выявления новейших структурных форм, получивших выражение в рельефе

(конэрозионных). Для выявления стадийности орографического становления новейших структур произведен анализ вертикального расчленения рельефа.

Выделение и картирование новейших структурных форм и разновозрастных комплексов рельефа проводились по аэрофотоснимкам, данным SRTM-рельефа и по космоснимкам Landsat различного разрешения, полученным в свободном доступе в интернете, а так же по топографическим картам масштаба 1:200 000 и 1:50 000. В качестве геологической основы использовались имеющаяся геологическая карта масштаба 1:500 000 и авторские данные полевых наблюдений. Материал собирался и объединялся в едином электронном банке данных, после чего был проведен анализ рельефа и созданы его модели, построены геолого-геоморфологические разрезы, выявлены конэрозионные новейшие структуры и проведено их ранжирование.

Для определения отличий и особенностей водотоков Маконского района автором по топографической карте масштаба 1:50000 установлены или вычислены порядок водотоков, протяженность русла и его уклон.

В процессе полевых работ были описаны характерные типы разрезов аллювиальных отложений и проведен минералогический анализ концентратов проб с измерением зерен минералов-спутников алмаза.

Данные камеральных и полевых исследований обобщены и обработаны в стандартных программных пакетах с целью выявления влияния новейшего строения территории на россыпную алмазоносность и определения участков возможной концентрации алмазов на примере среднего течения р. Макона.

Защищаемые положения

1. В неотектоническом строении Маконского района выделяются два блока, разделенные региональным разломом. В северном блоке преобладают широтные разломы, а в южном, осложненном относительной впадиной, - северо-восточные; некоторые из этих разломов кимберлитоконтролирующие. В становлении новейших поднятий в рельефе выделены три стадии: миоценовая, плиоцен-раннеплейстоценовая, среднеплейстоцен-голоценовая; для последней установлены перестройки речной сети.

2. Выделены три типа речных долин, различающиеся геоморфологическим положением, строением, разрезом аллювиальных отложений и перспективами алмазоносности.

3. Выявлены и типизированы участки, перспективные на россыпеобразование (структурно-геоморфологические ловушки), определены гидродинамические спутники алмаза и особенности их накопления в аллювии рек Маконского района.

Степень достоверности и апробация работы

Основные положения диссертации докладывались на X Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (РГГРУ, 2011), обсуждались на заседании отдела ВНИИЗарубежгеологии (2012, 2013) и опубликованы в открытой печати (2 статьи в реферируемых журналах, рекомендованных ВАК, и тезисы доклада по теме диссертации). Достоверность исследований подтверждена в процессе полевых работ в республике Гвинея. Результаты работ представлены в отчете: «Информационный отчет по полевым работам геологической группы фирмы IDG за 2006-2007 г.г.» (IDG, 2007). Кроме того, выводы, полученные автором, так же были использованы и получили подтверждение при проведении поисковых работ на алмазы и золото в других странах.

Структура и объем работы

Работа состоит из пяти глав, введения и заключения. В первой главе рассмотрены геологическое строение Маконского района, история открытия и эксплуатации россыпей Гвинеи и дана краткая характеристика коренных источников алмазов. Во второй главе описана методика работ. Третья глава посвящена анализу новейшего тектонического строения Маконского района и стадийности конэрозионного развития новейших структурных форм. В четвертой главе описаны характерные разрезы аллювия рек района, определены параметры водотоков, дана типизация речных долин и установлены перспективы алмазоносности каждого типа. В пятой главе определены типы структурно-геоморфологических ловушек на примере среднего течения р. Макона, приведен минералогический состав и типы минералов-спутников в россыпях реки.

Общий объем работы составляет 89 страниц, 45 рисунков, 6 таблиц. Список литературы состоит из 85 наименований.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность за неоценимую помощь в выполнении работы и обсуждении ее результатов своему научному руководителю и наставнику Н.И. Корчугановой, а также своему идейному вдохновителю А.В. Суркову, без которых бы эта работа не состоялась. Автор чрезвычайно благодарен директору ОАО «ВНИИЗарубежгеология» А.Г. Алексееву за создание условий для написания работы и неоценимую помощь, оказанную в процессе подготовки материалов. Большое спасибо коллегам по работе В.А. Добролюбову, А. Б. Сорокину, Е. Г. Кожевниковой, А. И. Филину и А.Ф. Чугуновой за моральную поддержку и помощь автору в процессе написания работы. Отдельную благодарность автору хотелось бы принести сотрудникам кафедры общей геологии и геологического картирования МГРИ-РГГУ и руководителю кафедры А.К. Корсакову за ценные советы и плодотворное обсуждение материалов. Автор так же

весьма признателен руководству фирмы IDG за предоставленные данные.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Республика Гвинея расположена на западном побережье Африканского континента и граничит с Гвинеей-Биссау, Сенегалом, Мали, Кот-д'Ивуар, Либерией и Сьерра-Леоне. Район работ расположен в Юго-восточной части страны (далее – Лесная Гвинея), в префектуре Масента и входит в состав Леоно-Либерийского щита Африканской платформы. Породы докембрия представлены нижеархейскими кристаллическими сланцами и амфиболитами, выходы которых обладают сложной неправильной формой и протяженностью до 12 км. Метаморфические породы окружены породами гранитоидного состава, которые занимают практически всю изучаемую площадь. Гранитоиды имеют средне-верхнеархейский возраст и относятся к метасоматическим гранитам.

Докембрийские комплексы прорваны мезозойскими интрузиями долеритов и кимберлитов. Долериты, формирование которых можно отнести к границе триаса и юры, представлены относительно многочисленными дайками различного масштаба и реже силлообразными телами, прорывающими докембрийский комплекс пород. Тела даек обладают протяженностью до нескольких километров, мощностью от первых метров до первых десятков метров и имеют, в подавляющем большинстве, восток-северо-восточное простирание.

Кимберлитовые тела на территории Гвинеи концентрируются в удлиненной зоне, ориентированной в северо-западном направлении и протягивающейся в пределы Сьерра-Леоне. В пределах этой полосы выделяется несколько кимберлитовых полей. Район работ охватывает Маконское и Мандалинское кимберлитовые поля. Кимберлиты прорывают и секут долериты. Абсолютный возраст кимберлитов определен как раннеюрский. По форме проявления тела этого состава могут быть подразделены на трубки взрыва и дайки. Дайки (жилы) являются значительно более распространенными на территории Гвинеи. Падение их преимущественно крутое, реже наклонное. По химическому составу и структурно-минералогическим признакам кимберлиты Лесной Гвинеи относятся к лампрофировому (слюдяному) типу.

Четвертичные отложения представлены в районе работ широко развитыми образованиями кор выветривания, отложениями склонового ряда и различными фациями аллювия.

В тектоническом отношении район принадлежит Леоно-Либерийскому щиту и на изучаемой территории представлен только нижнеархейский структурный этаж, который сложен кристаллическими сланцами. Структурный план в пределах изучаемой площади имеет северо-западное простирание в соответствии с общим простиранием структур этого

фрагмента щита.

Россыпные и коренные месторождения Гвинеи входят в состав Западно-Африканской алмазоносной провинции, которая включает в себя алмазоносные площади Гвинеи, Сьерра-Леоне, Либерии, Кот-д'Ивуара и республики Гана.

Первые алмазы в Гвинее были обнаружены в 1932 г. в юго-восточной части страны, в верхнем течении р. Макона (Macona). В настоящее время в стране на поисках и разведке коренных и россыпных месторождений алмазов работало и работает некоторое количество мелких и крупных компаний различного типа и финансирования. Однако основная часть алмазов в стране до сих пор добывается старателями.

Первое защищаемое положение

В неотектоническом строении Маконского района выделяются два блока, разделенные региональным разломом. В северном блоке преобладают широтные разломы, а в южном, осложненном относительной впадиной - северо-восточные; некоторые из этих разломов кимберлитоконтролирующие. В становлении новейших поднятий в рельефе выделены три стадии: миоценовая, плиоцен-раннеплейстоценовая, среднеплейстоцен-голоценовая, для последней из которых установлены перестройки речной сети.

Маконский район находится в пределах Лесной Гвинеи, и его рельеф имеет денудационный характер, а абсолютные отметки колеблются от 500 до 1000 м. Наибольшие амплитуды новейших поднятий отмечаются в северной и восточной частях территории, тогда как на юге находится обширная относительная впадина (рисунок 1).

Район разделен на две части региональным Маконским разломом восток-северо-восточного простирания протяженностью более 80 км, который пересекает весь район и прослеживается далеко за его пределами к юго-западу по долине р. Бая, а к востоку — до долины р. Мило. К этому разлому приурочены 12-ти километровый отрезок долины р. Макона, резко изменившей свое простирание, а также р. Бая, их притоки и долинообразные впадины; на востоке он контролирует кимберлитовую дайку.

Северная часть района представлена поднятием Бамбая, абс. отм. которого составляют от 700 до 900 м. Поднятие Бамбая нарушено разломами, субширотные (1-3) из которых наиболее протяженные (>20 км). Они маркируются преломлением долин рек при пересечении с ними, протяженными субширотными отрезками долин р.р. Макона и Доффе, узкими долинообразными понижениями и продолжаются в смежные крупные относительные впадины. Морфокинематический тип этих разломов предположительно

сбросовый с крутым наклоном поверхностей сместителей к югу. Среди прочих разрывных нарушений на востоке выделены северо-западные, на западе также и северо-восточные, секущие по отношению к долеритовым дайкам, а на юге — серия сбросов, выраженных в рельефе высокими и крутыми уступами.

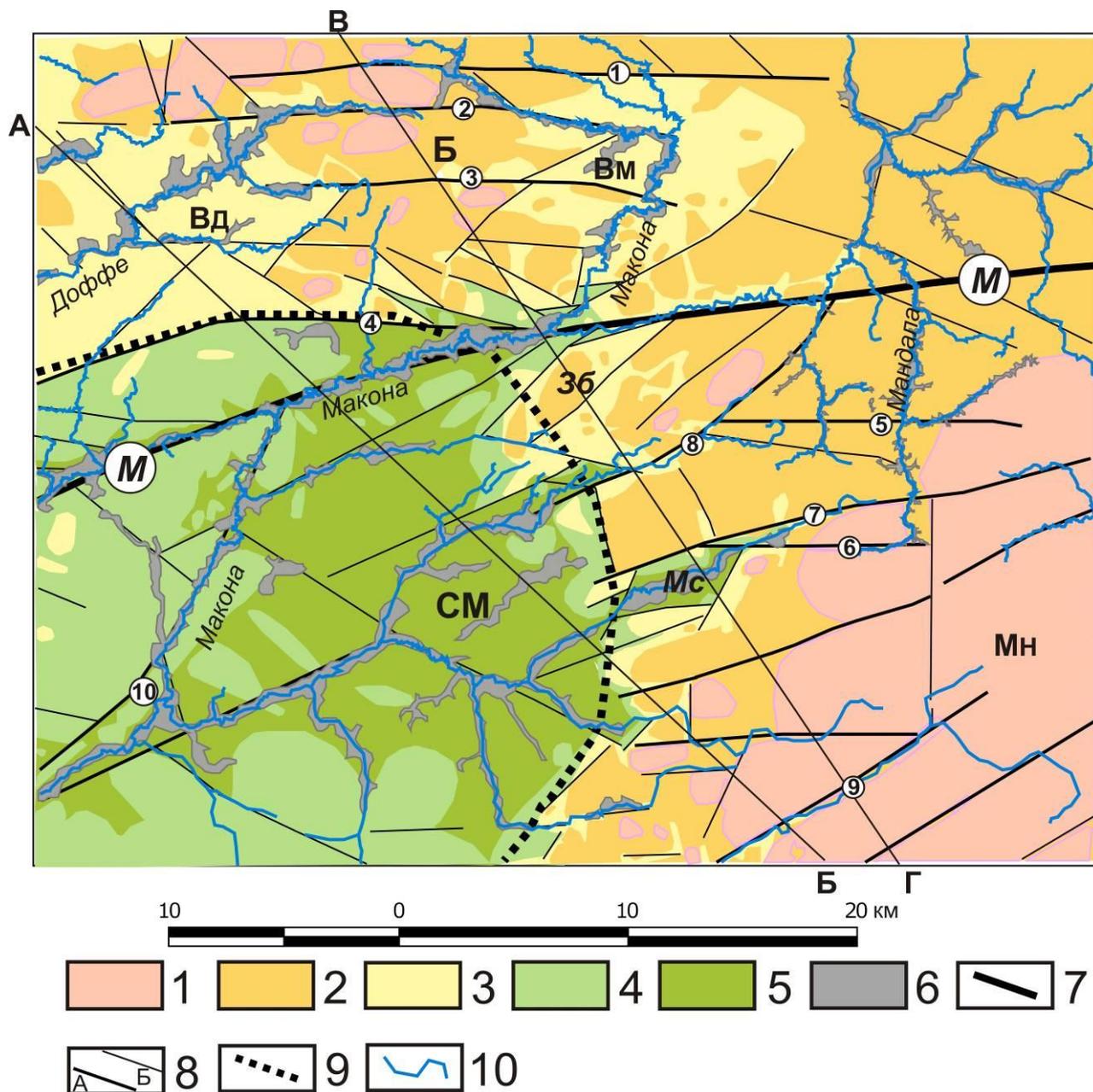


Рисунок 1. Структурно-геоморфологическое строение Маконского района

1-2 — новейшие поднятия амплитудами, м: 1 — >900, 2 — 800-900; 3-5 — относительные впадины, абс. отм., м: 3 — 700-800, 4 — 600-700, 5 — >600; 6 — четвертичные отложения; 7 — региональный разлом (М); 8 — разломы и зоны повышенной трещиноватости горных пород: а — главные, б — прочие; 9 — контуры мегаконцентрической структуры; 10 — реки. Названия структур: поднятия: Мн — Мандалинское, Б — Бамбая, относительные впадины: СМ — Средне-

Маконская, ВМ — Верхне-Мафинская, ВД — Верхне-Доффинская. Остальные обозначения — в тексте

Своеобразие рельефа и современного структурного плана северной части района создают осложняющие поднятие Бамбая крупные Верхне-Маконская и Верхне-Доффинская эрозионно-тектонические относительные впадины.

Верхне-Маконская впадина квазиизометричной морфологии, служащая водосбором для мелких водотоков, имеет преимущественно эрозионные, а на отдельных участках эрозионно-тектонические ограничения. На юго-юго-западном замыкании впадина осложнена мелкими разрывами и эрозионными останцами, с которыми связаны крутой ступенчатый невыработанный продольный профиль русла реки и водопады.

Верхне-Доффинская относительная впадина открывается на юго-запад, нарушена широтными и диагональными разломами и дренируется долиной реки Доффе, простираение которой структурно предопределено.

Южная часть района отличается контрастным рельефом и значительным размахом абсолютных отметок (550-1000 м). Здесь резко обособляются Мандалинское поднятие и Средне-Маконская относительная впадина, граница между которыми на значительном протяжении выражена градиентными зонами — крутыми, местами обрывистыми денудационными, а на отдельных отрезках денудационно-тектоническими уступами.

Средне-Маконская обширная впадина обрамляется с запада и юга малоамплитудными поднятиями и, в целом, имеет дугообразное ограничение, определяющее в пределах района ее полуконцентрическую морфологию. Абсолютные отметки днища Средне-Маконской впадины составляют от 550 до 600 м, к западному борту ее приурочена долина р. Макона, на значительном протяжении структурно предопределенная. Впадина осложнена главным образом северо-восточными, меньше северо-западными разрывами и зонами трещиноватости; на юге в рельефе наблюдаются широтно ориентированные узкие долинообразные понижения.

В Мандалинском поднятии наибольшие амплитуды отмечаются в юго-восточной части и снижаются к северо-западу, где обособляется сводообразное поднятие Зембезу (Зб). Особенностью новейшего строения поднятия являются локальные приразломные впадины. Мандалинское поднятие значительно нарушено протяженными разломами преимущественно северо-восточного простираения, к некоторым из которых приурочены выходы долеритов. В южной части поднятия отмечается ортогональная сеть непротяженных слабых зон разрывов и повышенной трещиноватости, разработанных экзогенными процессами.

Таким образом, на неотектоническом этапе район испытал разноамплитудные поднятия, при этом часть древних разломов, в том числе кимберлитоконтролирующих, оказалась реанимированной.

В развитии новейшей структуры Маконского района и ее становлении в рельефе выделены четыре стадии (рисунок 2).

Перед этапом новейшей тектонической активизации Маконский район представлял собой пенепленизированную денудационную равнину, только на севере и юго-востоке осложненную невысокими останцовыми возвышенностями (А на рисунке 2). Абсолютные отметки этой поверхности в современном рельефе составляют 850-950 м.

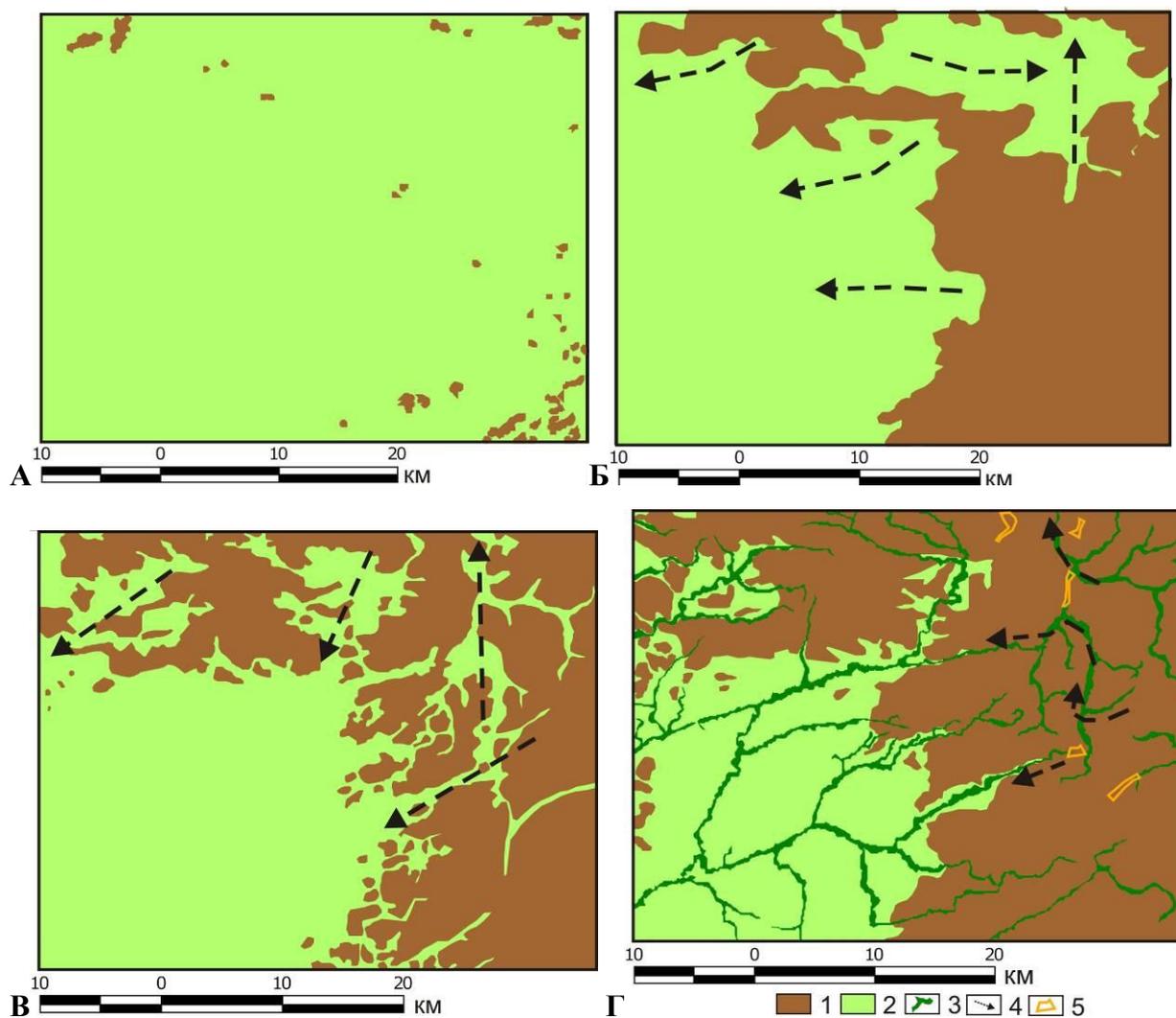


Рисунок 2. Палеогеоморфологические схемы, отражающие этапы развития поднятий Маконского района. А - поверхность африканского этапа планации с останцами постгондванской поверхности выравнивания; стадии конэрозийного развития поднятий: Б - миоценовая; В - плиоцен-раннеплейстоценовая; Г - плейстоцен-голоценовая

1 — останцовые возвышенности-поднятия; 2 — равнины (относительные впадины); 3 — направления стока поверхностных вод на разных стадиях развития поднятий, предполагаемые; 4 — современные направления стока; 5 — фрагменты палеодолин

По данным Ю.П. Селиверстова, изучавшего поверхности выравнивания в верховьях р. Бауле, площади выравнивания этой высоты соответствуют поверхности африканской планации и имеют раннепалеоген-олигоценый возраст. Соответственно останцы, высоты которых составляют свыше 1000 м, будут принадлежать к постгондванской (альб-сеноманской) поверхности выравнивания.

В миоцене в районе закладываются общие контуры поднятий. Поверхность африканской планации была расчленена широкими долинами-равнинами, глубина вреза которых составляла 50-80 м. К концу миоцена в рельефе получили выражение Мандалинское поднятие и поднятие Бамбая, наметились очертания Верхне-Маконской впадины, но значительная площадь на юг-юго-западе и востоке района представляла собой равнину (Б на рис. 2). Вероятно, в это время заложилась долины наиболее крупных рек, приуроченные к крупным и региональным разломам – р.р. Макона, Доффе, Бауле. Верховья р. Макона, вероятно, имели сток на север, в бассейн «Пранигера», возможно через долину р. Бауле.

Расширение поднятий и усложнение гидросети продолжилось в плиоцен-раннеплестоценовое время. Эта стадия характеризовалась дальнейшим поднятием, расчленением палеодолинами уже существовавших возвышенностей и увеличением площади денудации. В пределах бывших равнин в рельефе проявились многочисленные останцовые локальные поднятия, а площади, занятые равнинами, сократились (В на рисунке 2). К концу раннего плейстоцена оформились основные контуры водосборов всех крупных рек. Река Мандала составляла единый бассейн с р. Бауле и имела сток на север, в бассейн «Пранигера». Верховья р. Масени, вероятно, пересекали современную долину р. Мандалы и захватывали ее крупный правый приток, направляя его сток в бассейн р. Макона. Верхнее течение р. Макона получило сток в современном направлении.

На последней стадии, в течение среднего плейстоцена-голоцена, отмечается расширение площади поднятий и перестройка гидросети (Г на рисунке 2): левый приток р. Макона перехватывает сток р. Мандала, верховья р. Мандала отрезают исток р. Масени и он становится принадлежностью бассейна р. Нигер. Долина в нижнего течения р. Бауле мигрирует на запад. Денудационная равнина, расчлененная долинами крупных рек, сохраняется только в юг-юго-западной части района.

Таким образом, становление в рельефе новейших структур происходило стадийно,

при этом происходило расширение площади поднятий и перестройка речной сети.

Второе защищаемое положение

Определены три типа речных долин, различающиеся геоморфологическим положением, строением, разрезом аллювиальных отложений и перспективами алмазоносности.

Речная сеть района работ отличается большой густотой и в основном принадлежит бассейну реки Макона. Северо–западная часть относится к бассейну р. Доффе, а северо–восточная – к бассейну р. Бауле. Сток рек Макона и Доффе относится к атлантическому бассейну, в то время как река Бауле принадлежит к водосбору р. Нигер.

В соответствии с геоморфологическим положением, строением разреза долин, порядком долины и другими показателями на данной территории можно выделить три типа рек.

К первому типу относятся реки, располагающиеся в пределах эрозионно–тектонических впадин (нижнее–среднее течение р. Макона). Для долин рек характерна корытообразная форма и ширина от 200 до 1600 м. Русло, шириной 12–15 м в межень, выработано в коренных породах и только на отдельных участках перекрыто тонким слоем аллювия песчано–галечного состава мощностью от 0,1 до 1,5 м, который образует косы и побочни. На всем протяжении русла отмечаются крупные валуны размером до первых метров. Иногда фиксируются поперечные к руслу выходы даек долеритов, образующие пороги, за которыми располагаются глубокие «котлы» линейным размером до 30x35 м. На обоих берегах прослеживается пойменный уступ высотой 1,5–2,5 м и две надпойменные террасы высотой 5–7 м и 15–20 м соответственно, первая на отдельных участках цокольная. Террасы обычно хорошо выражены как на поверхности, так и в строении плотика, хотя иногда затушеваны склоновыми процессами. Появление цокольных террас в нижнем течении реки, вероятно, объясняется большими уклонами русла на этом участке.

У второго типа водотоков, расположенных в пределах поднятий, – р. Доффе и в верховьях р.р. Мандала и Макона, долина имеет асимметричное поперечное строение (террасы расположены только вдоль одного борта долины) и ширину 200–500 м. Русло шириной 8–12 м интенсивно меандрирует и выработано в аллювиальных песчано–галечных отложениях. В русле постоянно присутствует грубообломочный песчано–галечный материал. Пойменная площадка (высотой 1–3 м) развита на всем протяжении долины по обоим берегам. На всем протяжении реки фиксируется одна (для р. Доффе) или две (для р. Мандала и верховьев р. Макона) надпойменных террасы, которые обычно

присутствует только на одном берегу. Четко фиксируется только первая терраса, хорошо выраженная как в рельефе, так и в строении плотика и имеющая высоту 4–6 м. Отложения второй развиты локально и сливаются с вышерасположенными склонами, зачастую определяясь только по наличию окатанного кварцевого гравия на плотике. В пределах долины горными выработками иногда фиксируются древние тальвеги, перекрытые молодыми отложениями.

К третьему типу относятся притоки основных рек, верхнее течение которых обычно расположено в пределах склона или на относительном поднятии, а нижнее проходит по дну эрозионно–тектонической впадины. Таковы реки Массениго и Лозозия. Их долины имеют ширину от 100 до 400 м при ширине русла от 5 до 8 м и разделяется на два участка: в верхнем течении они имеют каньонообразный профиль, выработанный в коренных породах, и русло изобилующее перекатами. В нижнем течении, где реки выходят на равнину, их профиль меняется на корытообразный, русло выработано в аллювиальных отложениях и вдоль него присутствует только пойменный уступ высотой 1,5–2,5 м.

Дополнительно для каждого водотока по карте были определены или вычислены: порядок водотока (по методике Хортон-Философова) протяженность русла и его уклон. Полученные параметры подтверждают разделение рек района на три типа.

Так водотоки первого типа относятся к 6–му порядку, имеют уклоны русла 1–2 м/км и суммарную протяженность около 50 км. Для второго типа характерен 5–й порядок водотока, уклон русла 3–4 м/км и протяженность 29–33 км. Третий тип имеет, соответственно, 3–4–й порядок водотока, уклон от 2 до 26 м/км (в зависимости от участка долины) и суммарную протяженность долины 20–23 км.

Россыпная алмазность описанных типов речных долин различна.

В реках первого типа продуктивными являются два горизонта: алмазы содержатся как в нижнем (основном, более мощном и более богатом) грубообломочном пласте аллювия, который залегает на плотике, так и в верхнем (локально проявленном) горизонте в кровле второй надпойменной террасы. Содержания алмазов колеблются от нескольких сотых до 0,63 кар/м³. В ходе полевых работ установлено, что алмазодносным является аллювий на всем протяжении реки, но концентрации полезного компонента низки. Однако в пределах русла присутствуют локальные участки, годные для промышленного освоения и представляющие собой «ловушки» полезного компонента, в которых концентрации алмазов вырастают в несколько раз.

С водотоками второго типа связаны промышленные россыпи, часть из которых была отработана еще в 30–х гг. прошлого века. Для рек этого типа алмазодносными

являются отложения грубообломочного горизонта, расположенного на плотике в современном русле, пойме и основании террас. В истоках р. Макона (россыпь отработана в 1935 г. компанией Согинекс) содержания алмазов 0,05–0,1 кар/м³. Промышленный контур россыпи протягивается почти на 18 км вниз по течению.

По р. Доффе промышленный контур имеет длину около 8 км. Содержания полезного компонента составляют до 1,5 кар/м³ и падают в верхней и нижней частях водотока до 0,1 кар/м³. Россыпь в настоящее время эпизодически отработывается местными жителями. На р. Мандала ведется промышленная добыча алмазов компанией Stellar Diamonds. Содержания кристаллов составляют в среднем 0,31 кар/м³. Общая протяженность россыпи составляет 11 км.

Источниками алмазов для первого и второго типа водотоков являются группы кимберлитовых тел (даек), расположенных в самых верховьях рек, которые соответственно формируют россыпи ближнего сноса во втором типе рек и россыпи относительно дальнего переноса – в первом.

Для третьего типа водотоков (Массениго, Лозозия и др.) протяженность продуктивных участков составляет несколько сотен метров, а содержания алмазов не превышают 0,2 кар/м³. Кристаллы содержатся в приплотиковом грубообломочном горизонте. Источниками полезного компонента для этих рек являются кимберлитовые дайки, вероятно, образующие мелкие группы, имеющие субширотное простирание. Точное положение даек не установлено.

Таким образом, *наиболее перспективными для поисков промышленных россыпей являются водотоки второго типа – реки пятого порядка, расположенные в пределах относительных поднятий. В водотоках более высоких порядков значительные концентрации алмазов присутствуют только в пределах локальных участков долины – ловушках, а основная часть аллювия малопродуктивна. В водотоках низких порядков отсутствуют необходимые для промышленной отработки количество горной массы и концентрация полезного компонента.*

Наиболее благоприятны для накопления алмазов участки гидросети с уклоном русла около 3 м на 1 км долины, меньшие уклоны ведут к накоплению больших масс осадка и разубоживанию содержаний полезного компонента, а большие – к смыву алмазов вниз по течению.

Третье защищаемое положение:

Выявлены и типизированы участки, перспективные на россыпеобразование (структурно-геоморфологические ловушки), определены гидродинамические спутники алмаза и особенности их накопления в аллювии рек Маконского района.

Результаты проведенных автором структурно-геоморфологических исследований вместе с данными дешифрирования четвертичных отложений по космо- и аэроснимкам позволили выявить различные типы ловушек полезного компонента. При этом, кроме структурно-геоморфологических критериев, учитывались и палеогеоморфологические (места унаследованного развития долин, перестройки гидросети, связанные с активизацией тектонической активности на новейшем этапе и усложнением структурного плана района к современной эпохе, что влияло на пути транзита и аккумуляции обломочного материала).

Для Маконского района установлены следующие типы ловушек:

1. ловушки подпруживания;
2. ловушки разгрузки, а также приразломные впадины типа pull-apart;
3. локальные ловушки в долинах, прежде всего крупных рек, связанные с неровностями плотика как следствия пересечения реками разрывных нарушений с вертикальными смещениями, а также зон повышенной трещиноватости горных пород;
4. участки древней гидросети, разрабатываемые современными водотоками, где вероятен переыв потенциальных промежуточных коллекторов.
5. локальные ловушки в долинах рек, связанные с пересечением русла реки дайкой (или серией даек) устойчивых пород, в данном случае – долеритов.

Ловушки подпруживания.

Ловушки этого вида приурочены к зонам контрастного сочленения относительных впадин с локальными поднятиями (рисунок 3, А). Река как бы «подпирается» локальным поднятием, что замедляет скорости течения и создает условия для выпадения тяжелых минералов из общего потока наносов. Типовое сочетание структур расположено в нижнем течении р. Макона. Участок формирования повышенных концентраций минералов тяжелой фракции и алмазов в данном случае распадается на два интервала - по числу локальных поднятий, следующих одно за другим. Верхняя часть ловушки вытянута поперек долины, нижняя – имеет близкoизометричную форму и сочетает в себе два типа: на входе – создаются условия разгрузки минералов тяжелой фракции (см. далее), на выходе – условия подпруживания водного потока. Протяженность продуктивных отрезков составляет сотни метров при ширине, равной ширине долины реки в данном месте.

Ловушки разгрузки

Этот тип ловушек возникает в зонах контрастного сочленения разноамплитудных

поднятий со впадинами, расположенными ниже по течению реки (Б на рисунке 3). Осаждение тяжелых минералов связано с падением скорости течения на выходе ее на пологий участок.

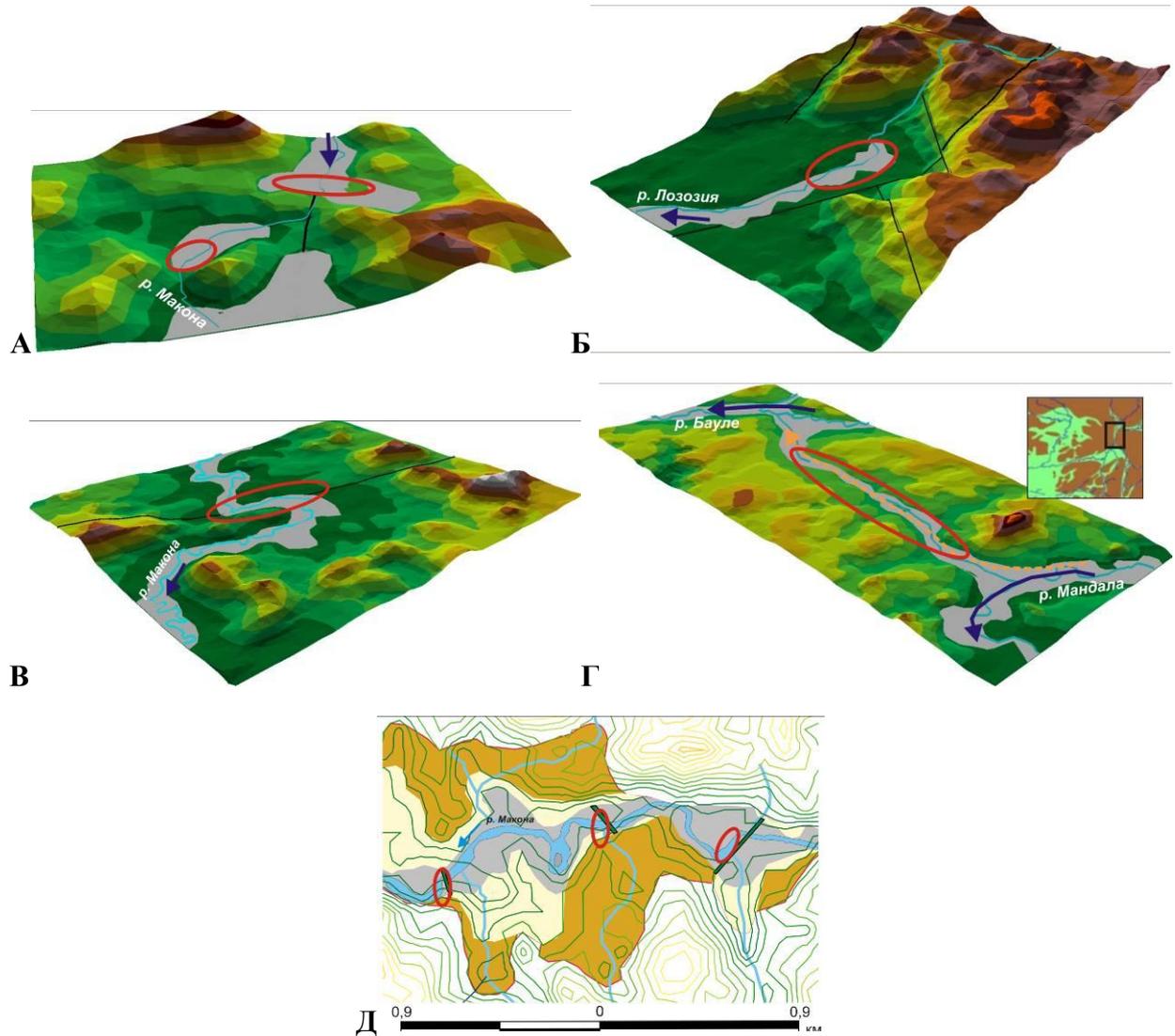


Рисунок 3. Типы структурно-геоморфологических ловушек алмаза Маконского района:
А – ловушка подпруживания (долина нижнего течения р. Макона); **Б** - ловушка разгрузки (долина р. Лозозия); **В** — ловушки, возникающие при пересечении рекой разломов или зон трещиноватости (верхнее течение р. Макона) ; **Г** — палеодолины (фрагмент палеодолины р. Мандала, соединявшая ее с р. Бауле); **Д** — природные экраны (выходы даек долеритов в долине р. Макона)

1 – положение ловушки в долине; 2 – вторая терраса; 3 – первая терраса; 4 – пойма; 5 – дайки долеритов; 6 – разломные зоны; 7 – современные водотоки; 8 – направления современного стока; 9 – направления палеостока

Протяженность участка определяется сменой уклонов дна долины и может составить несколько километров. Россыпные концентрации способны возникать на отрезках долины с уклонами 2-4 м/км. При меньших уклонах содержания алмазов будут снижаться за счет интенсивного накопления аллювия и разубоживания, при больших – полезный компонент не будет накапливаться из-за высокой скорости потока.

Локальные ловушки, связанные с неровностями плотика как следствия пересечения реками разрывных нарушений и зон трещиноватости.

Области накопления минералов тяжелой фракции могут возникать в случае пересечения рекой разлома или зоны трещиноватости (В на рисунке 3), которые создают локальные неровности плотика, где и происходит накопление тяжелых минералов. Протяженность таких участков составляет от первых десятков метров до километра в зависимости от масштаба пересекаемой структуры, ее ориентировки относительно долины, сопряженности с другими структурами и пр. Ширина так же будет меняться.

Участки древней гидросети.

Участки древней гидросети, поднятые на водораздельный уровень и захороненные в результате перестроек рельефа, достаточно характерны для Гвинеи. В качестве эталонного объекта можно привести брошенный «канал» долины р. Мандала, соединявший ее с долиной р. Бауле. Канал был обнаружен в 1930 году Bardet M.G. В настоящее время канал разделен на два водотока: левый безымянный приток р. Бауле и правый – приток р. Мандала – р. Моригбаду (Г на рисунке 3). Протяженность участка составляет 4,5 км при ширине 150-400 м и врезе в коренные породы на глубину до 10 м. Канал заполнен алмазоносным аллювием, аналогичным по составу и содержаниям современным отложениям р. Мандалы.

Ловушки, связанные с пересечением рекой дайки долеритов (природные экраны)

На некоторых участках русел рек Макона и Доффе отмечаются коренные выходы даек долеритов (Д на рис. 3), образующие пороги, за которыми возникают так называемые котлы — локальные расширения русла реки, сопровождающиеся резкими понижениями плотика. Протяженность таких участков составляет десятки метров при ширине, равной ширине выхода дайки. Опробование ловушек этого типа затруднено большой глубиной воды в омуте за порогом, но данные по другим регионам позволяют считать такие «накопители» весьма продуктивными.

Основная часть ловушек (четыре типа из пяти) обусловлены неотектоническим строением района и только одна разновидность связана с геологическим строением территории. То есть подавляющее большинство перспективных участков может быть определено в ходе предполевого специализированного анализа рельефа, что позволит

экономить время и затраты при проведении полевых работ.

Для определения эффективности обогащения аллювия в ловушках Маконского района был использован минералогический анализ тяжелой фракции проб (концентраты отсадки на ситах с ячейей 1,5 мм), результаты которого показывают, что максимальные содержания алмаза в этих структурах достигают 7 кар/м³.

Значительное количество зерен минералов-спутников, полученных при опробовании, позволило провести детальные замеры частиц и сопоставить распределение количества индикаторных минералов кимберлитов и алмазов с особенностями гидродинамики водного потока.

По принципу единой площади опробования, схожести объемов проб (0,8-1,5 куб. м.) и условий накопления осадка, в среднем течении р. Макона из общего объема опробования аллювия были выбраны 35 проб, шесть из которых отобраны в структурно-геоморфологических ловушках. В остальных случаях использовался материал кос и побочней на простых участках русла.

Наиболее распространенными минералами концентратов большинства проб являются лимонит и эпидот. В незначительных количествах присутствуют ильменит, гранат, рутил, монацит, апатит, турмалин, циркон. Индикаторные минералы кимберлитов (ИМК) представлены пиропом различных окрасок и пикроильменитом.

Количество *пиропов* в пробах варьирует от единичных знаков до десятков зерен. Наиболее значительные их количества встречены в пределах выявленных автором структурных ловушек. Цвет пиропов весьма разнообразен. На большей части обломков и кристаллов отсутствуют признаки переноса - следы потертости и окатывания. На крупных обломках отчетливо наблюдаются фрагменты и участки первичной пирамидальной, черепитчатой, пирамидально-черепитчатой, а также каплевидной и ямчато-бугорчатой поверхности.

Пикроильменит в пробах представлен в количествах от десятков-сотен зерен до десятков процентов от общего количества минералов в концентрате. Он установлен в крупно-песчаной и гравийной компоненте проб в виде монокристаллических зерен размером от первых миллиметров до желваков размером до 16,0 мм.

Аналитика ИМК была выполнена в ИГЕМ РАН на сканирующем электронном микроскопе с зондирующей приставкой.

Наличие угловатых обломков пироба, по мнению М.И. Плотникова, Н.Н. Сардсадских, является указателем не близости, а, напротив, дальности источников сноса.

В соответствии с этими данными, в процессе работ была предпринята попытка разбраковать полученные зерна пироба по форме. Для этого каждое зерно минерала было

измерено окулярной линейкой микроскопа по трем перпендикулярным осям (длина «А», ширина «В», толщина «С») в соответствии с методикой А.В. Суркова. Полученные замеры позволили построить график отношений толщина/ширина (С/В) и ширина/длина (В/А), аппроксимировав полученные формы в виде параллелепипедов с различными отношениями сторон. Всего было измерено 450 обломков пироба.

Было определено, что наравне с основной субизометричной или слабоуплощенной формой зерен присутствует значительная доля пластинчатых частиц, которая, вследствие своей формы, легко переносится даже слабым течением, что позволяет предположить ее относительно дальнюю транспортировку. То есть в аллювии среднего течения реки Макона присутствуют пироба двух генераций из различных групп источников: относительно дальнеприносные (возможно, из верховий) – плоские зерна, и частицы ближней транспортировки - имеющие изометричные и субизометричные формы. В совокупности с наличием крупных не окатанных зерен пикроильменита это позволяет предположить наличие под руслом еще не выявленных кимберлитовых тел.

Традиционно ИМК рассматриваются как спутники, сопровождающие алмаз в процессе его транспортировки и накопления, однако, по словам академика Н.А. Шило: «перемещение обломочного материала, согласно законам гидродинамики и гравитации, сопровождается его дифференциацией по крупности и плотности». То есть, при транспортировке и накоплении обломочного материала формируются ассоциации минералов, зависящие от гидродинамических условий среды, в которой происходит перемещение и отложение частиц. Вслед за Б.А. Макеевым, минералы, имеющие одинаковые физические свойства, отвечающие за схожее поведение зерен в процессе транспортировки и отложения (плотность, форму зерен и износостойкость), мы будем называть *гидродинамическими спутниками*, а их ассоциации, формирующиеся в процессе переноса, называть *гидродинамическими ассоциациями*.

В результате минералогического анализа концентратов проб среднего течения р. Макона было установлено, что на некоторых участках русла пикроильменит в соответствии со своим удельным весом накапливается, в то время как пироб и алмаз, напротив, выносятся. Так при содержаниях в концентрате пикроильменита в количествах от 70-100 зерен до первых процентов (от общего количества обломков тяжелых минералов), пироб отсутствует или наблюдается в количестве единичных зерен. И, наоборот – при высоких содержаниях пироба в пробах количество пикроильменита мало (рисунок 4)

Взяв за основу понятие о гидродинамических ассоциациях, можно предположить, что накопление пикроильменита происходит в областях с активной гидродинамикой

потока, при которой пироп и алмаз выносятся в силу их меньшей плотности.

Таким образом, в процессе переноса ИМК «разрыв» в ореолах пирона и пикроильменита может определяться не только износом одного из них, но и особенностями условий их транспортировки, при которой более легкий пироп может «отрываться» от пикроильменита.

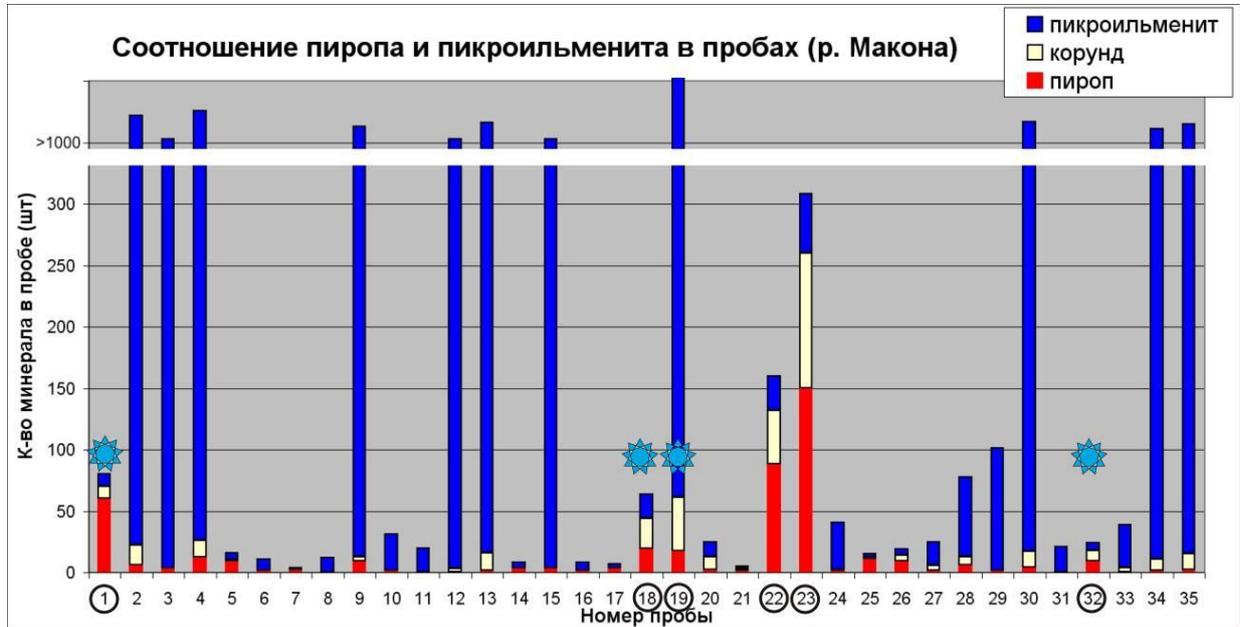


Рисунок 4. Соотношения пирона, корунда и пикроильменита в пробах (р. Макона).

Номера в кружочках – пробы из структурно-геоморфологических ловушек, синими звездочками – точки находок алмазов.

Кроме пирона, сходными с алмазом гидродинамическими характеристиками обладает достаточно обширный спектр минералов, которые будут транспортироваться и накапливаться совместно с соразмерными им кристаллами алмаза (Макеев Б. А. Гидродинамические спутники алмаза россыпи Ичетью, Средний Тимман. С.191).

Для алмаза такими гидродинамическими спутниками в Маконском районе являются эпидот, ставролит, кианит, лимонит, корунд (таблица 1), из которых в аллювии

Таблица 1. Плотности динамических спутников алмаза

Минерал	Разброс плотности	Средняя плотность
Алмаз	3,47—3,55	3,51
Эпидот	3,37-3,53	3,45
Кианит	3,56-3,57	3,56
Ставролит	3,75-3,78	3,76
Лимонит	3,8	3,8
Корунд	3,95-4,10	4,00

р.Макона наиболее распространены лимонит, эпидот и корунд.

Первые два, поступая в значительных количествах из окружающих пород, зачастую в любых условиях составляют значительную часть концентрата, в то время как корунд, с одной стороны, достаточно распространен, а с другой - достаточно редок, чтобы быть маркером условий формирования осадка.

В том же массиве проб хорошо прослеживается тенденция резкого повышения содержания корунда в точках интенсивного накопления пироба и, соответственно, уменьшения количества зерен корунда в точках накопления пикроильменита (рисунок 4), что подтверждает одинаковое поведение корунда и пироба в потоке. Количество алмазов, полученных из данной выборки проб, позволяет сделать вывод, что алмаз в точках с высокими содержаниями пикроильменита отсутствует.

Таким образом, в Маконском районе гидродинамическими спутниками алмаза являются пироб и корунд. Наличие значительного количества этих минералов в концентратах проб будет являться показателем благоприятных условий для концентрации, в то время как присутствие большого числа зерен пикроильменита будет, напротив, неблагоприятным признаком. Эти особенности накопления минералов в аллювии и анализ особенностей формирования гидродинамических ассоциаций позволяют оценить перспективность участков долины уже на поисковых стадиях работ.

В целом, наиболее ярко гидродинамические ассоциации будут проявлены в случае длительной транспортировки минералов и хорошей сортировки осадков. То есть использование гидродинамических спутников при поисках россыпей, несомненно, перспективно в тех условиях, когда алмаз оторван от ореолов ИМК или ИМК не сохранились по различным причинам. В таких случаях гидродинамические спутники будут фиксировать места, благоприятные для возникновения и сохранения высоких концентраций алмаза.

Заключение

В результате проведенных работ впервые:

- установлено новейшее тектоническое строение Маконского района; составлены структурно-геоморфологические карты, геолого-геоморфологические разрезы и геоморфологические профили, отражающие разноранговые новейшие структурные формы,
- выделены крупные поднятия (Бамбаинское и Мандалинское), разделенные трансрегиональным разломом предположительно сбросо-сдвигового типа северо-

- восточного простирания и осложненные эрозионно-тектоническими впадинами;
- определено, что особенностью Мандалинского поднятия являются локальные впадины каскадного строения, которые контролируются сдвигами;
 - выявлены унаследовано развивающиеся на новейшем этапе кимберлитоконтролирующие разломы,
 - в истории конэрозионного развития поднятий Маконского района выделены три стадии и составлены палеосхемы каждой из них;
 - охарактеризована морфология долин Маконского района, проведена их типизация, изучены разрезы аллювия;
 - определена зависимость алмазоносности от типа долин;
 - выделены типы структурно-геоморфологических ловушек алмазов: ловушки подпруживания, разгрузки, связанные с пересечением реками разрывных нарушений и даек долеритов, а также участки палеодолин, разрабатываемые реками современной гидросети;
 - определены гидродинамические спутники алмаза и особенности их накопления в аллювии рек Маконского района;
 - на практике применена технология выявления структурно-геоморфологических ловушек на предполевом этапе с последующей их заверкой и опробованием в процессе полевых работ и разбраковкой перспективных участков по наличию и содержаниям динамических спутников алмаза.

По теме работы опубликованы:

1. Хотылев О.В. Типизация водотоков Маконского района (Лесная Гвинея) и их россыпная алмазоносность // Изв. ВУЗов, геология и разведка. - 2013, № 5. С. 36-41.
2. Корчуганова Н.И., Хотылев О.В., Загубный Д.Г., Сурков А.В. Структурно-геоморфологическое строение Маконского района (Лесная Гвинея) и его влияние на россыпную алмазоносность // Руды и металлы, - 2012. № 4. - С. 28-35.
3. Корчуганова Н.И., Загубный Д.Г., Хотылев О.В. Дистанционные исследования при локальном прогнозе // Изв. Вузов, геология и разведка. - 2011. № 6. - С. 13-21.
4. Хотылев О.В. О роли детального грануломинералогического анализа при определении условий формирования продуктивных горизонтов в россыпях. // Изв. ВУЗов, геология и разведка. - 2001, №5. - С. 158-161.
5. Сурков, А.В., Хотылев, О.В. Детальный грануломинералогический анализ песков россыпей, хвостов их гравитационного обогащения и рудных концентратов: методические рекомендации. - М.: РИО МГГА, 1997. - 24с.
6. Хотылев, О.В. Геология и особенности россыпной алмазоносности Маконского россыпного поля (Гвинейская народная республика) // X Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». - М.: Экстра-Принт. - 2011. - Т 1. - С. 241.
7. Хотылев, О.В. Использование детального грануломинералогического анализа для определения динамических условий осадконакопления терригенных пород-коллекторов // Материалы XII научного семинара «Система планета Земля (нетрадиционные вопросы геологии)». - М., 2004. - С. 115-120.