DOI:10.47765/0869-7175-2020-10032

УДК 551.4+528.855
© Коллектив авторов, 2020

Геолого-геоморфологические особенности строения и история формирования Ямалахского горста (Южная Якутия)

В.П.АФАНАСЬЕВ[1], Е.И.НИКОЛЕНКО[1], К.В.ЛОБОВ[1], И.Д.ЗОЛЬНИКОВ[1, 2], А.А.КАРТОЗИЯ[1,2,3], Н.В.ГЛУШКОВА[1, 2]
[1] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С.Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИГМ СО РАН); 630090, г. Новосибирск, проспект академика Коптюга, д. 3,
[2] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Новосибирский государственный университет (НГУ), 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1,
[3] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИНГГ СО РАН); 630090, г. Новосибирск, проспект академика Коптюга, д. 3

Даётся детальная характеристика геолого-геоморфологической позиции Ямалахского горста (Центрально-Алданский район Якутии), в южной части которого расположено Чомполинское поле неалмазоносных лампрофиров, а в северной – месторождения золота. Породы образовались в период мезозойского этапа щелочного магматизма Алданского щита. В послениженеюрское время произошли массовые внедрения щелочных пород, с которыми связывается образование горста.
Ключевые слова: лампрофир, геолого-геоморфологическое строение, горст, интрузия, тектонические нарушения, цифровые модели рельефа, ГИС.

Афанасьев Валентин Петрович
доктор геолого-минералогических наук — avp-diamond@mail.ru

Николенко Евгений Игоревич
кандидат геолого-минералогических наук — nevgeny@gmail.com

Лобов Константин Владиславович — kost_1j@mail.ru

Зольников Иван Дмитриевич
доктор геолого-минералогических наук — zol@igm.nsc.ru

Картозия Андрей Акакиевич — andrei.kartoziia@igm.nsc.ru

Глушкова Надежда Владимировна
кандидат технических наук — hope@igm.nsc.ru

The Yamalakh Horst (Southern Yakutia): features of geology, geomorphology and history

V.P.AFANASIEV[1], E.I.NIKOLENKO[1], K.V.LOBOV[1], I.D.ZOLNIKOV[1,2], A.A.KARTOZIYA[1,2,3], N.V.GLUSHKOVA[1,2]
[1] Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation,
[2] Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation,
[3] The Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS)

The paper presents geological and geomorphological details for the Yamalakh horst (Central Aldan region, Yakutia), which hosts the Chompolo field of barren lamprophyre in its southern part and a gold deposit in the north. The rocks resulted from Mesozoic alkaline magmatism in the Aldan shield. The horst origin relates to large-scale alkaline intrusions in post-Early Jurassic time.
Key words: lamprophyre, geomorphology, horst, intrusion, faults, digital elevation model, well logs.

Исследования Ямалахского горста проводились авторами данной статьи в рамках общей оценки алмазоносности Центрально-Алданского района Якутии. Оценка алмазоносности Центрального Алдана предпринималась ещё в начале 1950-х гг. в связи с сообщениями старателей о находках алмазов, главным образом в бассейне р. Джеконда. В результате проведения поисковых работ в устье руч. Трудовой (приток р. Джеконда) в аллювии были найдены два алмаза, что послужило поводом для расширения поисковых работ. В конце 1950-х гг. было открыто Чомполинское поле трубок взрыва, отнесённых к кимберлитам, но неалмазоносным. В 1980-е гг. в результате нового опробования трубок взрыва были найдены алмазы, однако характер и качество обогащения пород не исключали возможность заражения алмазами. Поэтому в рамках работ с ГУГГП РС (Я) «Якутскгеология» на протяжении 2012–2014 гг. авторы провели ещё один этап детального исследования пород трубок взрыва и оценили их потенциальную алмазоносность. Учитывая довольно необычную геоморфологическую позицию района, были выполнены и детальные геолого-геоморфологические исследования Ямалахского горста, результаты которых приведены ниже.

Геологическая характеристика района. Территория Ямалахского горста составляет около 1500 км^2, охватывает водораздельное пространство верхнего течения р. Амга и верховьев р. Чомполо. В орографическом отношении представляет собой хребет с абсолютными отметками до 1318 м в центральной части участка (рис. 1, А), вытянутого в меридиональном направлении. К востоку и западу абсолютные отметки понижаются до полукилометра и менее. Расчленённость рельефа высокая. Гидросеть представлена главным образом маловодными периодически пересыхающими водотоками; пересыхание русел связано, по-видимому, с сильной закарстованностью, из-за которой осуществляется подрусловой сток.

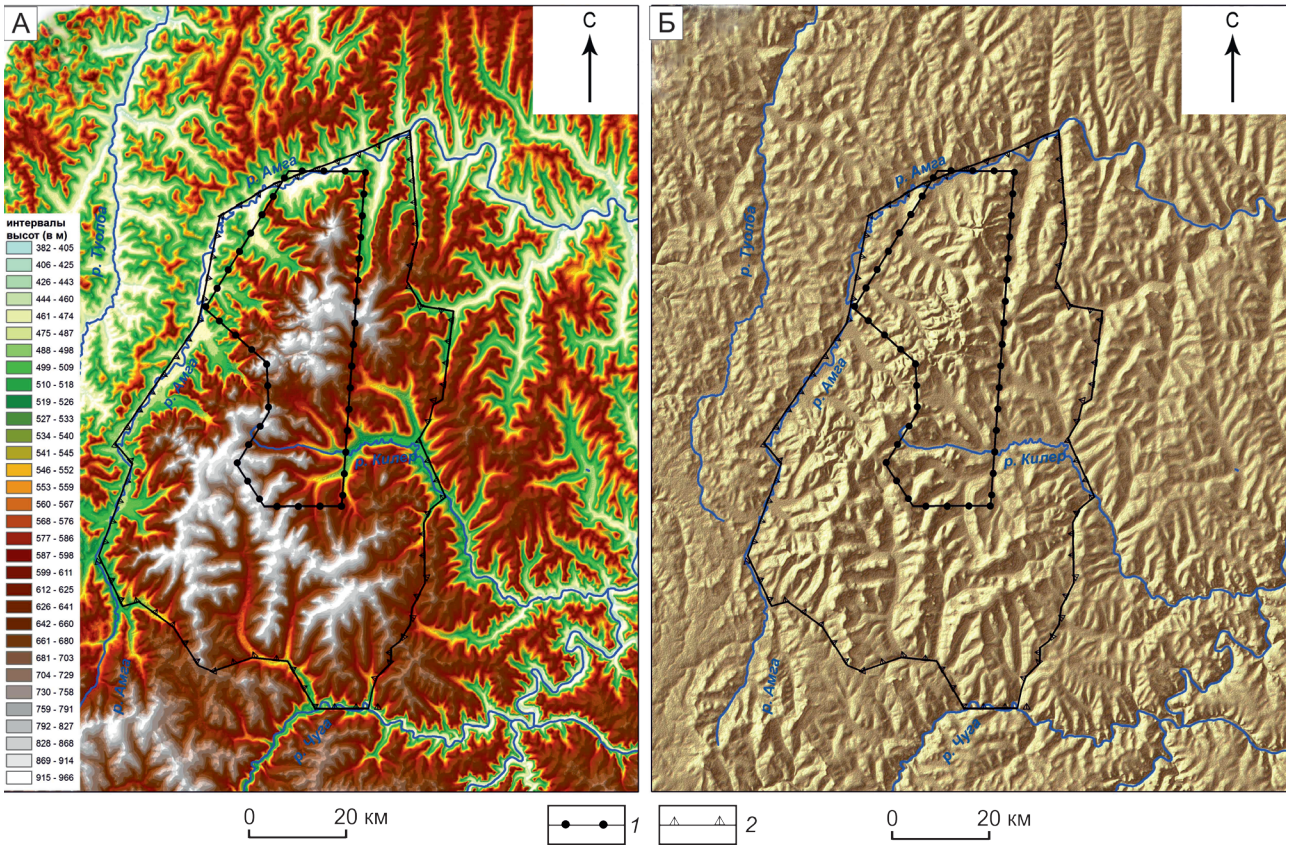


Рис. 1. Контур Ямалахского горста:

А – на цифровой модели рельефа; Б – на теневой модели; границы: *1* – участка исследований, *2* – Амгинского горста

В южной части горста расположено Чомполинское поле трубок и даек пород, ранее относившихся к кимберлитам, так как они содержат мантийные минералы – пиропы, хромиты, хромдиопсиды. По результатам комплексного петрохимического, минералогического и геохимического изучения, проведённого авторами статьи, данные породы не являются лампроитами и отнесены к категории лампрофиров низкотитанистого ряда [2]. Алмазы в них не установлены, и, по минералогическим критериям алмазоносности Н.В.Соболева [6], эти породы не соответствуют алмазоносным. Чомполинское поле занимает территорию около 350 км^2. Дайки размером до (360–800)×40 м, трубки овальной формы, диаметром до 110 м, имеют вертикальные или субвертикальные контакты с вмещающими породами (82°–90°). Трубки взрыва прорывают позднепротерозойские–нижнекембрийские доломиты и известняки с прослоями конгломератов и песчаников с карбонатным цементом – юдомская, пестроцветная, тумулдурская свиты. На них фрагментарно сохранились нижнеюрские аркозовые песчаники с линзами конгломератов в низах и прослоями алевролитов. Эти отложения приурочены к водоразделам, для них характерен существенно кварцевый тип цемента, благодаря чему они устойчивы к эрозии. Юрские отложения являются коллектором мантийных минералов, из чего следует доюрский возраст их коренных источников – трубок и даек лампрофиров. На возможность триасового возраста этих пород указано в работе [1]. Это принципиальный факт: во-первых, на Алдане это единственное поле триасового возраста, лампроиты Тобукского, Хатыстырского и других полей имеют позднеюрский–меловой возраст и неалмазоносны, во-вторых, триасовая эпоха кимберлитового магматизма на Сибирской платформе была алмазоносной, хотя и не в той мере, как среднепалеозойская, и не все триасовые кимберлиты содержат алмазы. Поэтому важно было выяснить, являются ли породы Чомполинского поля алмазоносными. Детальные исследования вещественного состава, а также прямое опробование на алмазы показали, что породы неалмазоносны.

В формировании современного структурного плана как Чомполинского поля, так и в целом Ямалахского горста большую роль играли движения по зонам разломов. Для территории характерны четыре системы разрывных нарушений: субмеридиональная, широтная, северо-восточная и северо-западная. Нарушения фиксируются зонами окварцевания доломитов, катаклаза и милонитизации сиенит-порфиров и нижнекембрийских пород. Они часто сопровождаются дайками, малыми интрузиями и иногда гидротермальными изменениями пород.

Особый интерес представляют разломы субмеридионального направления. К этим разломам приурочены дайки диабазов и щелочных образований, тела изученных лампрофиров и крупные интрузии щелочноземельных пород. В морфологическом отношении они представляют собой разрывные нарушения с амплитудами смещения 40–60 м. Падение поверхности сместителей вертикальное или близкое к нему, что подтверждается замерами элементов залегания даек и трубообразных тел (до 75°–85° на запад или восток). Протяжённость разломов достигает 45 км. Проявления интрузивных пород различного возраста, связываемых с этими разломами, позволяют говорить о длительной истории их формирования.

Кристаллический фундамент представлял собой гранулито-гнейсовую область и характеризовался кратонными условиями развития начиная с AR_1, а с AR_2 Центрально-Алданский блок – это стабильная область [1]. Кристаллические породы архейского возраста (федоровская и верхнеалданская свиты иенгрской серии нижнего архея) встречаются за пределами поля на абсолютной высоте до 360 м.

Чомполинская площадь характеризуется практически повсеместным распространением шлиховых ореолов индикаторных минералов лампрофиров (пиропов, хромитов и хромдиопсидов). Это свидетельствует о наличии ещё не найденных тел.

Геолого-геоморфологические исследования. Геолого-геоморфологические исследования проведены с целью выяснения характера поисковой обстановки в отношении трубок взрыва и в целом оценки структурной позиции Чомполинского поля. Использованы мультиспектральные космоснимки LANDSAT.

Сравнение спектральных характеристик для различных геологических тел показало, что в целом на территории задернованность такова, что литологически разные образования нередко имеют одинаковый спектральный отклик, а одинаковые по литологии – разный. В то же время границы геологических тел (в частности контуры интрузий) после преобразований (различные фильтрации) «проявляются» на мультиспектральных изображениях. Однако, как показало сравнение с материалами геологического картирования, с гораздо более значимой контрастностью особенности геологического строения отражаются на цифровых моделях рельефа (ЦМР), построенных по данным радарной съёмки Земли из космоса SRTM. Поэтому выявление закономерностей проявления геологического строения в рельефе осуществлялось по данным ЦМР.

Прежде всего необходимо определить точные границы Ямалахского горста как неотектонической структуры, поскольку в материалах геологической съёмки листов O-51-IX, O-51-X, O-51-XV, O-51-XVI

[3–5] его конфигурация описывалась достаточно условно. Для детального геоморфологического анализа ЦМР по SRTM была приведена к размеру ячейки 50×50 м. На рис. 1, А показана детальная граница Ямалахского горста, которая проведена вручную с учётом ЦМР и построенной на её основе теневой модели рельефа (см. рис. 1, Б). Видны геоморфологические черты изучаемой территории, которая находится в зоне перехода от Алданского нагорья к Лено-Алданскому плато. Выделившийся в рельефе Ямалахский горст оконтурен сплошной чёрной линией. Здесь же приводятся контуры участка исследований, причём очевидно, что контуры неотектонической структуры, непосредственно проявленной в рельефе, включают большую площадь, чем изначально заданный участок исследований.

Для дальнейшего анализа геоморфологического строения территории использовались данные государственного геологического картирования. Были отсканированы и геокодированы геологические карты. На их основе создана схема литологических комплексов района (рис. 2, А). В единый литокомплекс были объединены интенсивно метаморфизованные архейско-протерозойские гранитогнейсы; несколько кембрийских свит преимущественно доломитового состава были объединены в кембрийский карбонатный литокомплекс. Отдельными литокомплексами выделены юрские отложения и четвертичные отложения речных долин.

На рис. 2, А хорошо видно, что Ямалахский горст сформировался на территории, для которой фоновыми являются доломиты кембрийского карбонатного

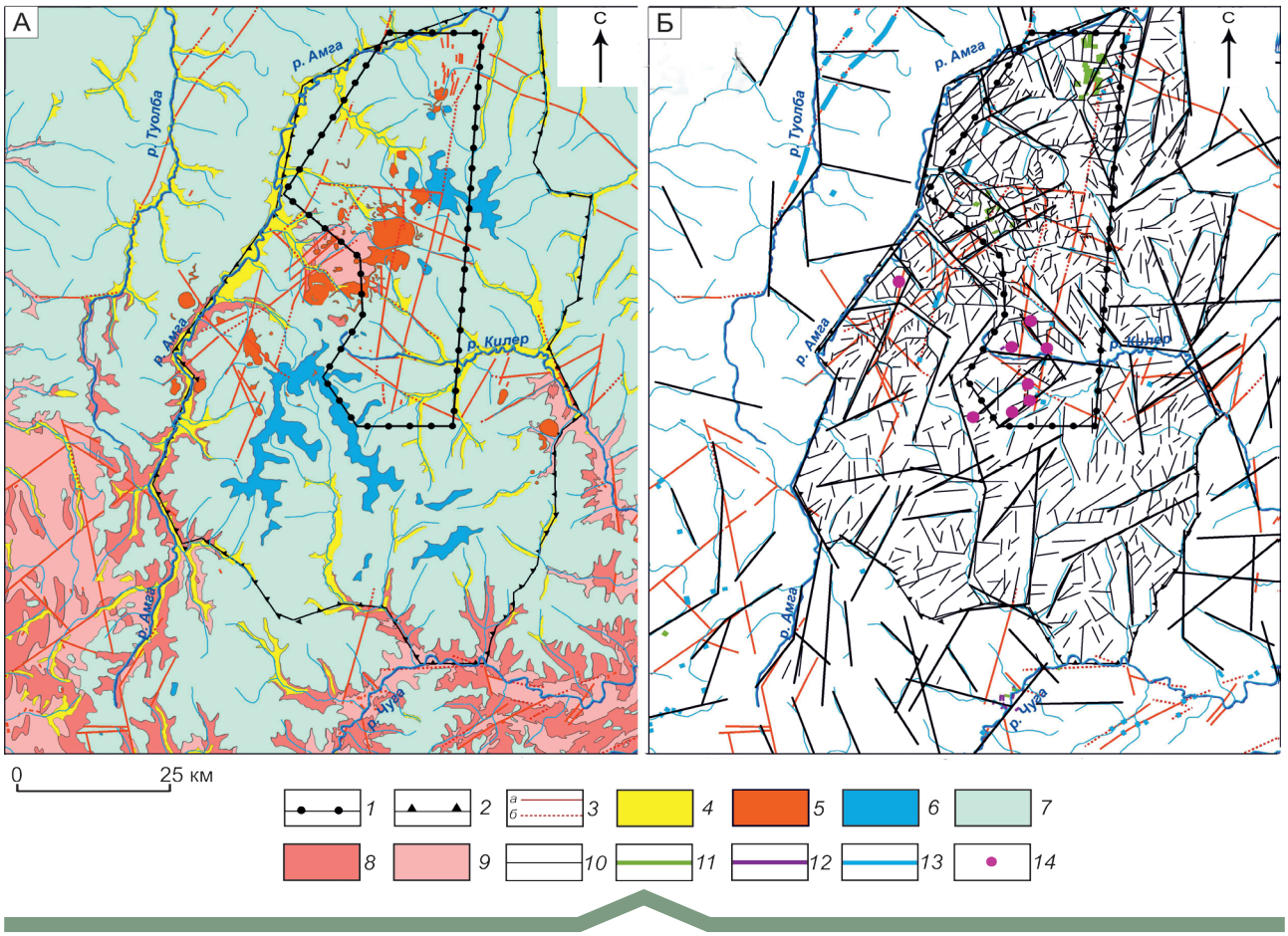


Рис. 2. Геологические особенности территории:

А – схема литокомплексов; границы: *1* – участка исследований, *2* – Амгинского горста; *3* – разломы: *а* – установленные, *б* – предполагаемые; литокомплексы: *4* – четвертичные отложения, *5* – раннемеловые сиениты, *6* – юрские песчаники, *7* – кембрийские карбонаты, *8* – архейские гранитоиды, *9* – архейско-протерозойские гнейсы; Б – схема линеаментов с вынесенными на неё разломами и разновозрастными дайками: *10* – линеаменты; дайки: *11* – меловые сиениты, *12* – триасовые лампроиты, *13* – среднепалеозойские долериты; *14* – трубки

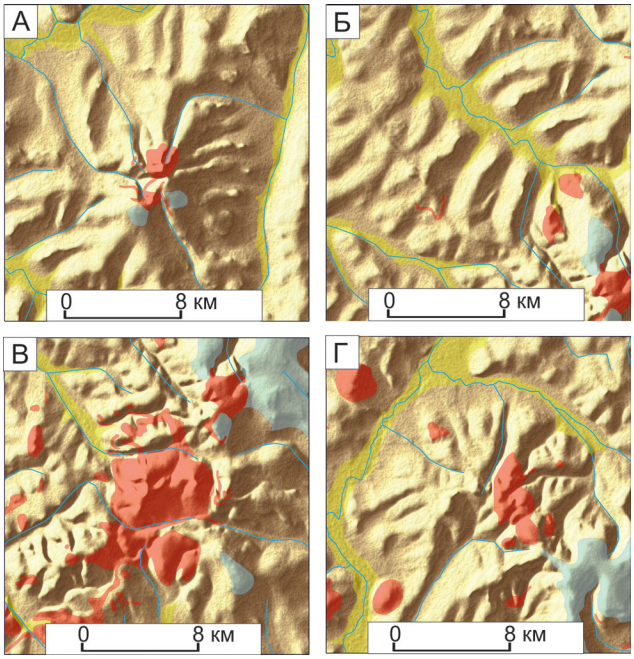


Рис. 3. Радиальные и концентрические морфоструктуры, обусловленные проявленностью на теневой модели рельефа раннемеловых щелочных интрузий (А–Г)

комплекса. Внутрь контуров горста попадают плоские участки водоразделов, сложенные юрскими песчаниками, и большинство тел щелочноземельных и щелочных пород: кварцевых и кварцсодержащих порфиров, эгирин-авгитовых и роговообманковых сиенит-порфиров, бостонитов и других щелочных интрузий раннемелового возраста. Архейско-протерозойский литологический комплекс лежит преимущественно за пределами участка или на его границах. Исключение составляет небольшой выход в центральной части горста.

При анализе ЦМР и производных от неё схем обращает на себя внимание чёткая проявленность в морфоструктурах современной дневной поверхности раннемелового интрузивного магматизма. Так, на рис. 3, А фиксируется радиальная морфоструктура долин и водоразделов, в центре которой закартированы раннемеловая интрузия и юрские песчаники. На рис. 3, Б отражён фрагмент концентрической морфоструктуры, опоясывающей выходы сиенитов и юрских песчаников. Концентрические дуги в данном случае дополняются и радиальными линеаментами. На рис. 3, В также приведён пример морфоструктуры, в которой доминируют радиальные элементы. На рис. 3, Г – радиальная морфоструктура с расходящимися из центра линеаментами, опоясанная хорошо развитой кольцевой речной долиной, выполненной аллювиальными отложениями.

Таким образом, тела раннемеловых интрузий достаточно ярко выражены в рельефе в виде концентрических морфоструктур и образуют как бы внутренний геологический каркас Ямалахского горста в сочетании с юрскими песчаниками, устойчивыми к процессам денудации и формирующими плоские полосы водоразделов. В целом же Ямалахское поднятие представляет собой ступенчатый односторонний горст, ограниченный разломами с южной, восточной и северной сторон. Общий наклон поверхности горстового поднятия наблюдается на северо-запад, куда происходит постепенное уменьшение амплитуды поднятия (от 500 м в наиболее поднятой юго-восточной части до нуля у долины р. Амга). В пределах горста расположены системы субпараллельных разломов северо-восточного простирания, вдоль которых происходят малоамплитудные (до 100 м) смещения мелких сколотых блоков горста, что придаёт ему ступенчатое строение. Некоторое представление о разломной тектонике района горста даёт рис. 2, А, на котором показаны разломы и дайки, закартированные в ходе государственной геологической съёмки. На рис. 4 представлены розы-диаграммы разломов, а также даек разного возраста и состава, составленные для объектов внутри контура горста.

Несколько специфический вид розы-диаграммы для лапрофировых даек (см. рис. 4, Б) обусловлен тем, что внутри контура горста присутствуют всего четыре дайки, две из которых ориентированы на юг, а две на юго-восток. Следует признать, что для даек щелочных пород, вероятнее всего, выборка не является генеральной. В целом же интересен тот факт, что и у разломов, и у даек розы-диаграммы однотипны (за исключением лампрофировых даек).

Существенное дополнение к представлениям о неотектоническом строении района исследований представляют собой главные и второстепенные линеаменты, отдешифрированные по ЦМР и производным от ЦМР схемам. Линеаменты проводились по спрямлённым тальвегам речных долин и прямолинейным уступам. В данном районе с жёстким фундаментом реакция на тектонические нагрузки проявлялась в значительной мере за счёт формирования зон трещиноватости как со смещением по ним блоков, так и без такового. Зоны трещиноватости – наиболее подверженные эрозии участки, поэтому по ним закладываются русла постоянных и временных водотоков. Соответственно, линеаменты отражают трещинно-разломную структуру района.

На рис. 4, Д–Е приведены розы-диаграммы линеаментов, которые обладают гораздо большим разнообразием направлений, чем розы-диаграммы даек

и геологических разломов. С одной стороны, это обусловлено наличием внутри района большого числа радиальных и концентрических трещин и разломов, связанных с кольцевыми морфоструктурами, оконтуривающими штоки и лакколиты гипабиссальных меловых интрузий. С другой стороны, дополнительные направления обусловлены системой разломов, рассекающих на отдельные блоки (ступени) Ямалахское неотектоническое поднятие. Кроме того, линеаменты отражают трещиноватость, суммарно накопившуюся за всю геологическую историю существования изучаемой территории. Поэтому на розах-диаграммах линеаментов проявлена как субмеридиональная, так и диагональная и даже субширотная ориентировка геологических структур.

На рис. 5, А видно, что выходы меловых щелочных интрузий отражаются кольцевыми структурами, которые расположены преимущественно в северной части исследуемого района. Несколько кольцевых морфоструктур выделяются условно с меньшей степенью достоверности, и внутри них нет выходов интрузий. Это может быть связано с большей глубиной залегания интрузивных тел от дневной поверхности. На рис. 5, Б добавлена схема плотности линеаментов. Видно, что максимальная густота линеаментов характерна для северо-западной части района, где имеется наибольшая концентрация как кольцевых структур, так и щелочных интрузий мелового возраста. Здесь же необходимо отметить, что лампрофировые дайки и трубки, закартированные на данной территории, локализованы за пределами распространения кольцевых морфоструктур, а также вне участков с повышенной густотой линеаментов.

Обсуждение результатов исследований. Проведённые геолого-геоморфологические исследования позволяют следующим образом представить развитие Ямалахского горста.

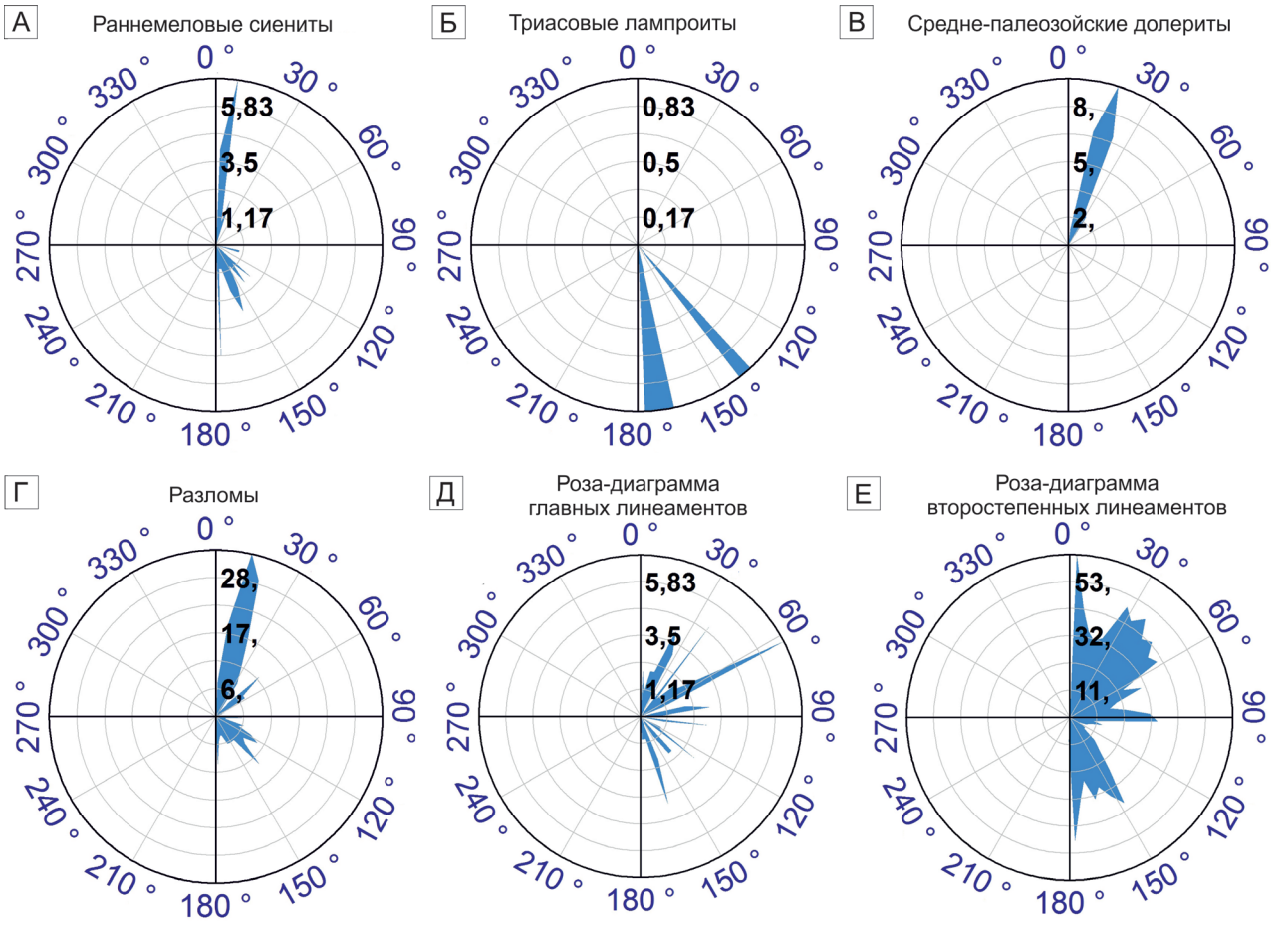


Рис. 4. Розы-диаграммы даек и разломов с геологических карт масштаба 1:200 000

На момент формирования трубок взрыва территория района представляла собой выровненную, слабо приподнятую сушу, в связи с чем эрозионный срез трубок взрыва и даек невелик (юрские отложения как промежуточный коллектор небогаты индикаторными минералами). Вероятно, все лампрофировые тела были погребены под юрскими осадками; трубка Перевальная до сих пор частично перекрыта ими. Образование горста произошло достаточно быстро в послеюрское время, судя по реликтам юрских отложений на водоразделах. Связать его можно с активизацией щелочного магматизма в позднеюрское–раннемеловое время на территории Центрально-Алданского района. Оно сопровождалось обильными эманациями, обогащёнными кремнезёмом, в результате чего произошло окварцевание юрских отложений и превращение их в весьма прочную породу, устойчивую к эрозии, и сохранение её при последующем быстром воздымании, благодаря чему они в настоящее время занимают максимально возвышенные участки. Повышенное содержание кремнезёма отмечается и в породах трубок взрыва. Обильная трещиноватость, характерная для горста, образовалась, как и кольцевые структуры, при быстром внедрении массивов щелочных пород. В южной части горста в пределах Чомполинского поля магматические массивы остались на глубине и отражаются в косвенных признаках – окремнении пород трубок взрыва, повышенной трещиноватости. На севере, где магматические массивы выходят на дневную поверхность, с ними связано золотое оруденение.

Заключение. Геолого-геоморфологические исследования показывают, что образование Ямалахского горста, наиболее вероятно, связано с внедрением крупных масс щелочных пород в период мезозойской тектоно-магматической активизации Цен-

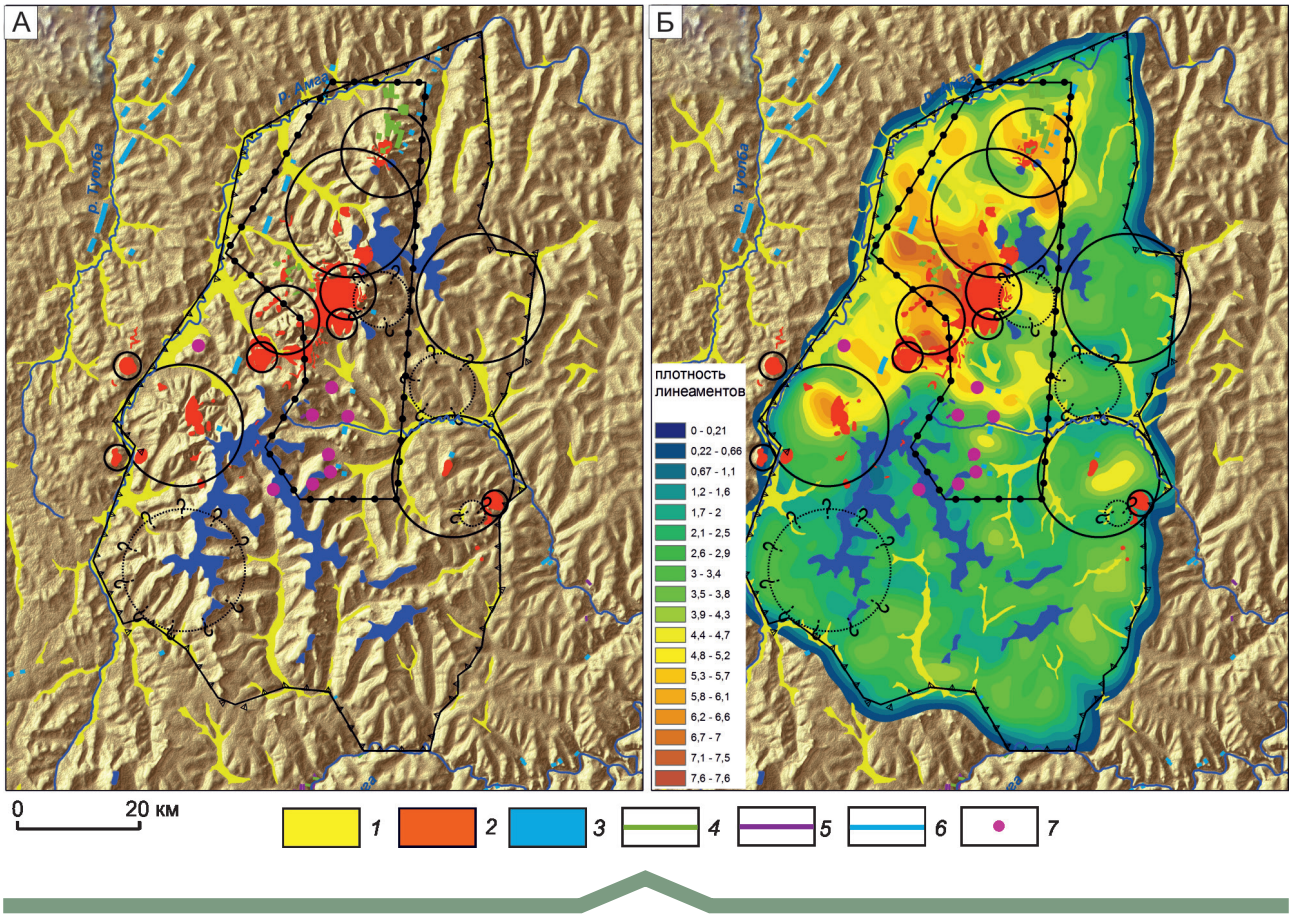


Рис. 5. Кольцевые структуры:

А – на теневой модели рельефа с дополнением некоторых геологических объектов; Б – с дополнением схемы плотности линеаментов; *1* – юрские песчанки; *2* – меловые интрузии; *3* – четвертичные отложения; дайки: *4* – сиенитов, *5* – лампроитов, *6* – долеритов; *7* – трубки; см. услов. обозн. к рис. 1

трально-Алданского региона. Лампрофировые трубки и дайки внедрились до формирования горста в доюрское время и независимы от него. Проведённые детальные исследования пород трубок взрыва и даек лампрофиров позволяют полностью отрицать их алмазоносность. Щелочные породы, сформировавшие горст, использовали ранее существовавшую субмеридиональную проницаемую зону, по которой также произошло и внедрение лампрофиров. В северной части Ямалахского горста со щелочными массивами связано золотое оруденение. Можно предполагать, что в южной части горста, где щелочные массивы не поднялись до дневной поверхности, золотое оруденение осталось на глубине.

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богатиков О.А., Рябчиков И.Д., Кононова В.А.* и др. Лампроиты. – М.: Недра, 1991. – 302 с.
2. *Корнилова В.П.* Петрография и минералогия известково-щелочных лампрофиров и эруптивных брекчий бассейна р. Чомполо // Отечественная геология. – 1997. – № 9. – С. 6–9.
3. *Малков Л.Н.* Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Алданская. Лист О-51-IX. Объяснительная записка. – М.: Недра, 1974. – 64 с.
4. *Малков Л.Н.* Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Алданская. Лист О-51-X. Объяснительная записка. – М.: Недра, 1974. – 68 с.
5. *Малков Л.Н., Фрумкин И.М.* Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Алданская. Лист О-51-XV. Объяснительная записка. – М.: Недра, 1981. – 84 с.
6. *Соболев Н.В.* О минералогических критериях алмазоносности // Геология и геофизика. – 1971. – № 3. – С. 70–80.
7. *Сухин М.В.* Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Алданская. Лист О-51-XVI. Объяснительная записка. – М.: Недра, 1964. – 67 с.

REFERENCES

1. *Bogatikov O.A., Ryabchikov I.D., Kononova V.A.* et al. Lamproity [Lamproites]. Moscow, Nedra publ. 1991. 302 p.
2. *Kornilova V.P.* Petrografiya i mineralogiya izvestkovo-shchelochnykh lamprofirov i eruptivnykh brekchiy basseyna r. Chompolo [Petrography and mineralogy of calc-alkaline lamprophyres and eruptive breccias of the Chompolo]. Otechestvennaya geologiya. 1997. No. 9. P. 6–9.
3. *Malkov L.N.* Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200 000. Seriya Aldanskaya. List O-51-IX. Ob"yasnitel'naya zapiska [Geological map of the USSR on a scale of 1:200 000. Aldanskaya series. Sheet O-51-IX. Explanatory note]. Moscow, Nedra publ. 1974. 64 p.
4. *Malkov L.N.* Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200 000. Seriya Aldanskaya. List O-51-X. Ob"yasnitel'naya zapiska [Geological map of the USSR on a scale of 1:200 000. Aldanskaya series. Sheet O-51-X. Explanatory note]. Moscow, Nedra publ. 1974. 68 p.
5. *Malkov L.N., Frumkin I.M.* Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200 000 Seriya Aldanskaya. List O-51-XV. Ob"yasnitel'naya zapiska [Geological map of the USSR on a scale of 1:200 000. Aldanskaya series. Sheet O-51-XV. Explanatory note]. Moscow, Nedra publ. 1981. 84 p.
6. *Sobolev N.V.* O mineralogicheskikh kriteriyakh almazonosnosti [Mineralogical criteria for diamond content]. Geologiya i geofizika. 1971. No. 3. P. 70–80.
7. *Sukhin M.V.* Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200 000. Seriya Aldanskaya. List O-51-XVI. Ob"yasnitel'naya zapiska [Geological map of the USSR on a scale of 1:200 000. Aldanskaya series. Sheet O-51-XVI. Explanatory note]. Moscow, Nedra publ. 1964. 67 p.