

**ГЕОМОРФОЛОГИЯ И НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

УДК 551.4 : 553.875 (235.36)

З. А. БАГРОВА

**ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПОИСКОВ И ПОЛОЖЕНИЕ  
В РЕЛЬЕФЕ УЧАСТКОВ ХРУСТАЛЕПРОЯВЛЕНИЙ  
НА АЛДАНСКОМ ЩИТЕ**

В статье рассматривается применимость геоморфологических методов при изучении хрусталепроявлений на Алданском щите. Геоморфологические и морфометрические методы в комплексе с дешифрированием аэрофотоснимков позволяют решать ряд вопросов, связанных с образованием месторождений, их сохранностью и вскрытием, а также непосредственным выражением в современном рельефе. Некоторые геоморфологические признаки могут быть использованы в качестве геоморфологических поисковых критериев. Показана возможность количественной характеристики форм рельефа участков хрусталепроявлений.

В настоящее время в прикладной геоморфологии складывается новое направление, которое может использоваться в практике геолого-поисковых работ при выявлении эндогенного оруденения. Логическим обоснованием этого положения, по выражению Ю. Г. Симонова (1968), является то, «что в создании месторождений эндогенного происхождения и формирования рельефа принимает участие один и тот же набор эндогенных и литологических факторов. Поэтому между рельефом и оруденением возможна определенная корреляция». Со временем геоморфологические методы применительно к эндогенным месторождениям при рациональной организации прогнозных и поисково-разведочных работ должны занять определенное место, как относительно дешевые, быстрые и объективные (Пиотровский, 1968).

При прогнозных работах на хрусталеносность участков кристаллического щита намечались три основных аспекта применения геоморфологических методов.

1. Применение морфоструктурных и морфометрических методов для изучения структурного плана территории и прежде всего для выявления блоковых морфоструктур, контролирующих размещение месторождений.

2. Изучение условий сохранения месторождений и определение величины денудационного среза как критерия оценки перспективности.

3. Установление непосредственной выраженности в рельефе участков месторождений. Качественное и количественное изучение форм рельефа, с которыми связано оруденение.

Морфометрический и морфоструктурный анализ хрусталеносного района проводился по известным методикам (Философов, 1960; Симонов, Лукашов, 1963; Шубина, Аристархова, 1965). Установлено, что преобладающее количество хрусталепроявлений приурочено к крупному блоку с отметками изолиний вершинной поверхности от 650 до 950 м. Относительно окружающих блоков, имеющих отметки вершинной поверхности

от 1200 до 1700 м, этот блок понижен и в изолиниях изображается в виде впадины. От соседних блоков он отличается по геологическому строению, структурно-тектоническому плану и эрозионному срезу.

В его пределах развиты три типа рельефа, отличающиеся условиями формирования, возрастом и частично составом слагающих пород. Это пологоволнистая равнина, развитая на отложениях кембрия, древний пенеплен, сформированный на глубокометаморфизованных породах архея, и холмисто-грядовый рельеф, представляющий собой измененный и переработанный пенеплен. Равнинный рельеф на горизонтально залегающих породах кембрия занимает современные водоразделы. Древний пенеплен сохранился также на водоразделах в виде реликтовых выровненных участков с высотой от 650 до 950 м. По высоте он в большинстве случаев сопоставляется с базальным основанием кембрия. По-видимому, пенеплен после своего формирования был перекрыт платформенным чехлом и вторично «откопан» в связи с его размывом. Холмисто-грядовый рельеф развит на склонах современных водоразделов и образован путем переработки эрозией и денудацией древнего пенеплена.

Характерной особенностью рельефа района является присутствие четко выраженных на местности и аэрофотоснимках линейно вытянутых останцов, которые расположены на низких водоразделах и склонах, часто не согласуясь с ориентировкой местных водоразделов. Останцы сложены чаще всего аляскитовыми гранитами и их дайковой фацией — гранит-пегматитами, ортотектитовыми пегматитами, аплитами, реже — кристаллическими сланцами, гнейсами, кварцитами, пронизанными дайками аляскитовых гранитов. Территориально останцы приурочены к хрусталеносному району, т. е. намечается пространственная или парагенетическая связь между хрусталеносной минерализацией и гранитоидными породами останцов.

Участки хрусталепроявления и хрусталеносные кварцевые жилы распространены вполне закономерно в отношении упомянутых типов рельефа. В основном они расположены в пределах от 450 до 950 м высоты. Максимальное их количество (75%) приходится на высоты 650—750 м, которые отвечают уровню древнего пенеплена. Единичные участки хрусталепроявления отмечены в пределах холмисто-грядового рельефа, на склонах современных долин или на низких водоразделах. Участки хрусталепроявления, приуроченные к уровню древнего пенеплена, обладают наибольшей вертикальной мощностью хрусталеносных зон по сравнению с нижележащими.

Учитывая гипсометрическое положение участков хрусталепроявления, близкое к уровню древнего пенеплена, и время хрусталеносной минерализации (по мнению многих исследователей, хрусталеобразование произошло в докембрии), можно заключить, что вскрытие и размыв их начались еще до трансгрессии кембрийского моря. Осадки кембрия мощностью около 500—800 м (Мокшанцев, Горнштейн, Гудков и др., 1968) перекрыли пенеплен, и поскольку впадина длительное время находилась в стабильном состоянии, сохраняли от размыва хрусталеносные участки. В то же время окружающие блоки испытывали дифференцированные движения. Одни в основном поднимались и усиленно эродировались, в результате чего были полностью уничтожены платформенные отложения и вскрыты глубинные части интрузивных массивов архея, которые в современном срезе образуют крупные выходы. Другие блоки испытывали колебательные движения переменного знака, в связи с чем здесь отлагались породы кембрия, юры, мела. Видимо, в конце мела в результате общих сводовых поднятий щита в пределах хрусталеносного блока начался усиленный размыв кембрийских отложений, произошли вскрытие и расчленение рифейского пенеплена. С этого же времени началось вторичное вскрытие и разрушение хрусталеносных участков.

Таким образом, можно отметить три интересные особенности исследуемого хрусталеносного района: 1) наибольшее количество хрустале-

носных участков и хрусталеносных кварцевых жил (около 75%) приурочено к уровню древнего пенеплена; 2) на протяжении длительной геологической истории часть хрусталеносных участков и жил вскрывалась дважды (перед формированием кембрийского покрова и в мезо-кайнозойское время); 3) участки, приуроченные к уровню древнего пенеплена, обладают наибольшей вертикальной мощностью (80—100 м) хрусталеносного тела.

На основании перечисленных особенностей можно сделать заключение, что при формировании древнего пенеплена была вскрыта «критическая зона»<sup>1</sup> хрусталеносной минерализации. Вертикальный размах этой зоны на Алданском щите составляет около 500 м.

«Критические зоны» гидротермального оруденения, по мнению ряда авторов (Вольфсон, 1962; Вольфсон, Лукин, Чернышев, Корин, Малиновский, Сафонов, 1969), возникают в пределах определенного структурного этажа и контролируются складчатыми структурами и связанными с ними разрывными нарушениями. Верхняя граница локализации оруденения определяется разгрузкой гидротермальных систем, вызванной определенными термодинамическими условиями и взаимодействием с вмещающими породами.

Анализ условий локализации хрусталеносных кварцевых жил щита, проведенный автором совместно с В. А. Николенко, показал, что основную роль в распределении кварцевых жил играют вмещающие породы и структуры субширотного и северо-восточного простирания. Последующие тектонические деформации в пределах хрусталеносного блока проявились слабо. Перемещения вдоль разломов, по наблюдениям большинства геологов, или отсутствуют совершенно, или укладываются в первые десятки метров. По мелким разрывам типа трещин перемещения совершенно не отмечаются. Таким образом, в платформенный этап первичный уровень хрусталеобразования испытывал лишь общие сводовые движения в пределах блока и практически не нарушен. Заметные перемещения происходили в основном вдоль сквозных разломов, ограничивающих крупные блоки щита.

Определить точно величину денудационного среза на данном этапе исследования довольно трудно, поскольку нет достаточно универсального и объективного метода для установления глубины формирования месторождений. Решить этот вопрос можно чисто условно, приняв за исходную вершинную поверхность, которая на площадях отсутствия кембрийских отложений практически совпадает с поверхностью древнего пенеплена. В схематическом виде она представляет реконструированный рельеф поверхности до переработки ее процессами эрозии и денудации, как бы поверхность с «засыпанными» речными долинами (Лукашов, Симонов, 1968). В таком случае можно проанализировать положение хрусталеносных участков относительно вершинной поверхности. С этой целью непосредственно на участке определялись приближенное значение вершинной поверхности и абсолютная отметка максимального хрусталепроявления в современном срезе. Полученные данные наносили на условный график (рис. 1), где по оси «у» отмечены абсолютные отметки участков и положения вершинной поверхности в данной точке. На оси «х» вне масштаба показаны участки, их последовательность примерно выдержана с юга на север. На графике видно, что для одних участков гипсометрический уровень и положение вершинной поверхности сближены; другие отклоняются от уровня вершинной поверхности на 50—150 м. Наиболее перспективны участки, приуроченные к вершинной поверхности, именно они характеризуются наибольшей мощностью хрусталеносного тела (до 80—100 м). Участки же, отклоняющиеся от уровня вершинной поверхности на 50 м и более, видимо, значительно срезаны в мезо-кайнозойское вре-

<sup>1</sup> Термин предложен Ф. И. Вольфсоном и Л. И. Лукиным (1965).

мя. Как правило, протяженность хрусталеносного тела на этих участках незначительна, что касается единичных участков, расположенных ниже вершинной поверхности на несколько десятков и даже сотен метров, то

Рис. 1. Условный график соотношений вершинной поверхности и гипсометрического положения участков хрусталепроявлений

1 — кривая вершинной поверхности; 2 — кривая гипсометрического уровня хрусталеносных участков

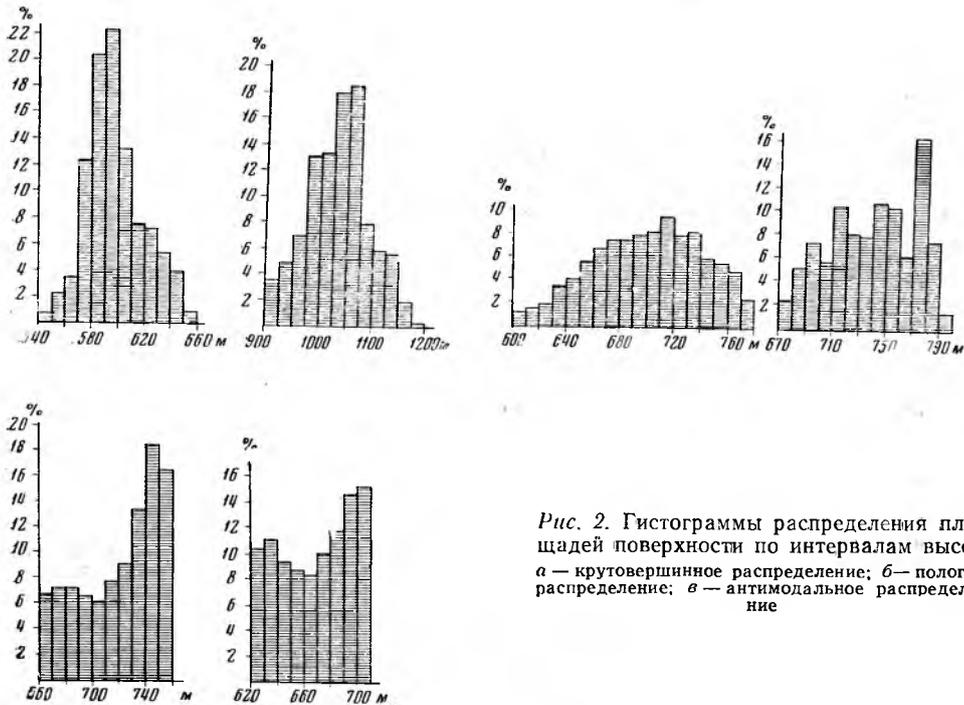
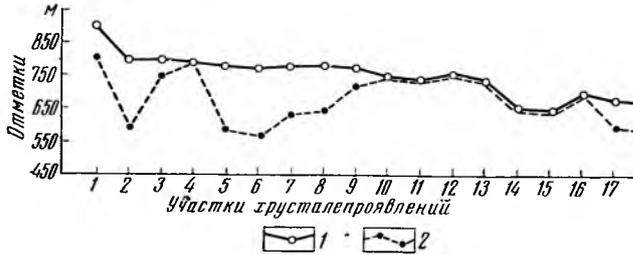


Рис. 2. Гистограммы распределения площадей поверхности по интервалам высот а — крутовершинное распределение; б — пологое распределение; в — антимодальное распределение

сейчас трудно сказать, была ли растянута хрусталеносность по всей вертикальной зоне от современного среза до уровня вершинной поверхности, или там располагались «пустые» породы, впоследствии уничтоженные эрозией.

В современном рельефе хрусталепроявления обычно приурочены к положительным формам рельефа — крупным кварцитовым грядам и гольцам. Это связано с рядом причин.

1. С одной стороны это, видимо, было предрасположено самим процессом хрусталеобразования, который протекал, как упоминалось выше, в определенной «критической зоне». Вскрытие этой зоны произошло при формировании поверхности пенеплена, который в современном рельефе занимает наиболее возвышенные участки.

2. Большинство хрусталеносных кварцевых жил (95%) приурочено к мономинеральным кварцитам иенгурской серии верхнеалданской свиты. Такие кварциты несколько плотнее других пород, что придает им большую устойчивость к агентам денудации.

3. На участках хрусталепроявления вмещающие кварциты пронизаны дайками гранитоидов, кварцевыми жилами, которые «залечивают» большинство трещин и как бы создают твердый каркас из пород жильной фации, придающий устойчивость кварцитам против денудации. В различной степени эродированные кварцитовые сопки, в которых вскрывается магматический каркас в виде даек и жил, неоднократно наблюдались в поле и при дешифрировании аэрофотоснимков. В пределах эрозионного рельефа такие дайки часто приурочены к останцам, развитым ниже отметок 700—650 м. Останцы, как отмечалось выше, либо полностью состоят из аляскитовых гранитов и их дайковой фации, либо представлены кристаллическими сланцами, гнейсами, кварцитами, пронизанными дайками аляскитовых гранитов (гранит-пегматитов, ортотектитов и аплитов). Довольно часто на гребнях останцов дайки увеличиваются в размерах и в поперечном срезе приобретают грибовидную форму. Поскольку останцы тяготеют к хрусталеносным районам, то этот факт может служить региональным геоморфологическим поисковым критерием.

Для использования форм рельефа в качестве косвенного признака важно установить их сходство и различие для известных хрусталеносных участков. Лучше выражать формы в количественных параметрах. Относительная количественная характеристика форм рельефа была получена методом подсчета площадей по интервалам высот с дальнейшим построением гистограмм, дающих объемное представление формы в отличие от

профилей по отдельным направлениям. Этот метод был предложен И. П. Шараповым (1967) для типизации рельефа и геоморфологического районирования.

Промеры площадей по интервалам высот участков хрусталепроявлений производились по геологическим картам, выполненным на топографической основе масштаба 1:5000. Полученные значения выражались в процентах по отношению ко всей площади. По этим данным строились гистограммы, где по оси «у» откладывались значения площадей в процентах, а по оси «х» — абсолютные отметки. По данным гистограмм, построенных для вось-

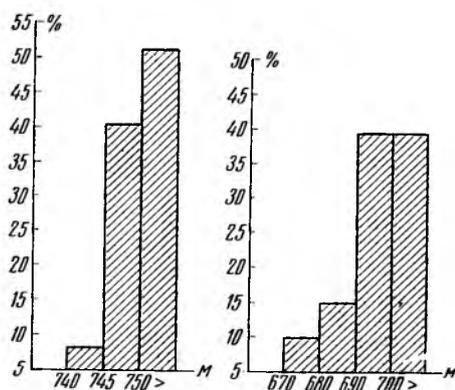


Рис. 3. Гистограмма распределения площадей выходов гранитпегматитов по интервалам высот

ми участков, были установлены следующие типы распределения площадей по интервалам высот.

1. Одновершинный, асимметричный или близкий к симметричному: а) крутовершинное (рис. 2, а); б) пологое (рис. 2, б).
2. Антимодальное (U-образное) распределение (рис. 2, в).
3. Амодальное, асимметричное (правоасимметричное).

Объяснить причину сходства и различия этих распределений для хрусталеносных участков пока не представляется возможным. Предварительные исследования позволяют заключить, что характер распределения площадей поверхности по высотам связан, с одной стороны, с геологическим строением, с другой — с характером вскрытия хрусталеносного участка. Так, для участков, приуроченных к реликтам поверхности пенеплена, чаще свойственны антимодальный и амодальный типы. Причем для участков с антимодальным распределением характерно присутствие с поверхности жильных гранитоидов, а для амодальных — их отсутствие. Сравнивались по геологическому строению два участка с антимодальным распределением (рис. 2, в). Оба участка приурочены к брахиантиклинальным складкам северо-западного простирания; в рельефе образуют

сопки. Вмещающие породы — кварциты, в меньшей степени кристаллические сланцы, присутствуют дайки аляскитовых гранитов. По геологическим картам по интервалам высот подсчитывались площади гранитов в современном срезе. Полученные распределения, выраженные в гистограммах, оказались сходными (рис. 3). Для участков хрусталепроявлений, расположенных значительно ниже поверхности пенеплена, специфические формы рельефа менее свойственны, обычно они приурочены к склонам или низким водоразделам. Распределения площадей по высотам для этих участков имеют одновершинный симметричный характер (рис. 2, а, б). Аналогичный вид имеет распределение, построенное для жильного поля в целом. Эти данные указывают по-видимому на то, что для таких участков распределения площадей по интервалам высот не характерны, поскольку они отражают рельеф и, видимо, геологическое строение большой площади.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Вольфсон Ф. И. Проблемы изучения гидротермальных месторождений, М. «Наука», 1962.
- Вольфсон Ф. И., Лукин Л. И., Чернышев В. Ф., Корин И. В., Малиновский Е. П., Сафонов Ю. Г. Структурные условия локализации гидротермального оруденения в различных структурных этажах.— В кн.: Проблемы геологии минеральных месторождений, петрологии и минералогии, т. 1, М., «Наука», 1969.
- Лукашов А. А., Симонов Ю. Г. Структурно-геоморфологический анализ новейшей тектоники подвижных платформенных поясов.— В кн.: Геоморфологические и гидрогеологические исследования, М., Изд-во МГУ, 1968.
- Мокшанцев К. Б., Горнштейн Д. К., Гудков А. А., Гусев Г. С., Денъгин Э. В., Штех Г. И. Глубинное строение восточной части Сибирской платформы и прилегающих складчатых сооружений Верхояно-Чукотской области. М., «Наука», 1968.
- Пиотровский М. В. Общие вопросы геоморфологических исследований при изучении эндогенного оруденения.— В сб.: Геоморфологические методы поисков эндогенного оруденения. Чита, 1968.
- Симонов Ю. Г., Лукашов А. А. Некоторые приемы и результаты анализа неотектонических структур Юго-Восточного Забайкалья.— Зап. Забайкальск. отд. Геогр. о-ва СССР, вып. 21. Чита, 1963.
- Симонов Ю. Г. О совпадении основных морфоструктурных и металлогенических провинций в Забайкалье.— Вопр. регион. геол. и металлогении Забайкалья, вып. III, Чита, 1967.
- Симонов Ю. Г. Две основные геоморфологические задачи при поисках эндогенного оруденения.— В сб.: Геоморфологические методы поисков эндогенного оруденения. Чита, 1968.
- Философов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Изд-во Саратовск. ун-та, 1960.
- Шарапов И. П. Функции распределения высоты рельефа.— В кн.: Рельеф земли и математика, М., «Мысль», 1967.
- Шубина Н. Г., Аристархова Л. Б. Методика восстановления «первичного» тектонического рельефа по топографической карте.— Вестн. Моск. ун-та, Геогр., № 2, 1965.

ВНИИСИМС

Поступила в редакцию  
25.III.1970

#### GEOMORPHOLOGICAL CRITERIA OF THE RESEARCH AND THE SITUATION OF CRYSTALL-BEARING PLOTS ON THE ALDAN SHEET

Z. A. BAGROVA

#### Summary

Morphometrical methods made it possible to establish a block structure of the Sheet. Crystall outcrops are primarily associated with the lowered block. Most of the crystall-bearing plots (78 per cent) by their altitude location come close to the ancient peneplain formed in the Precambrian. At that period there began the opening of crystall-bearing plots. Cambrian deposits covered them and preserved for a long time against destruction. The most perspective are those plots which are inclined towards the peneplain surface or its relicts. An attempt is made to define the forms of relief quantitatively, which is needed for classifying the crystall-bearing areas into different types.