

Геология

УДК 550.343.3

И. К. КЛИШ

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ МАГМАТИЧЕСКОГО  
КОМПЛЕКСА ГАРЦА (ФРГ)

Горный массив Гарц располагается в северной части территории Германии. Породы Гарца составляют геологически жесткий горстовый сильно-метаморфизованный верхнепалеозойский комплекс, в котором преимущественно развиты девонские и нижнекарбоновые образования. Для Гарца характерны плутонические образования *гарцбургит-габбровой* и *банатит-гранитоидной формаций*, к которым относятся массивы Гарцбург, Брокен, Рамберг, Окер и дайка Боде.

**Введение.** Горный массив Гарц располагается в северной части территории Германии и занимает геологическую позицию между Рейнскими складчатыми горами и глыбой Флейтинг-Росслау. В административном отношении Гарц относится к федеральным землям Нижняя Саксония, Заксен-Анхальт и Тюрингия (рис. 1).

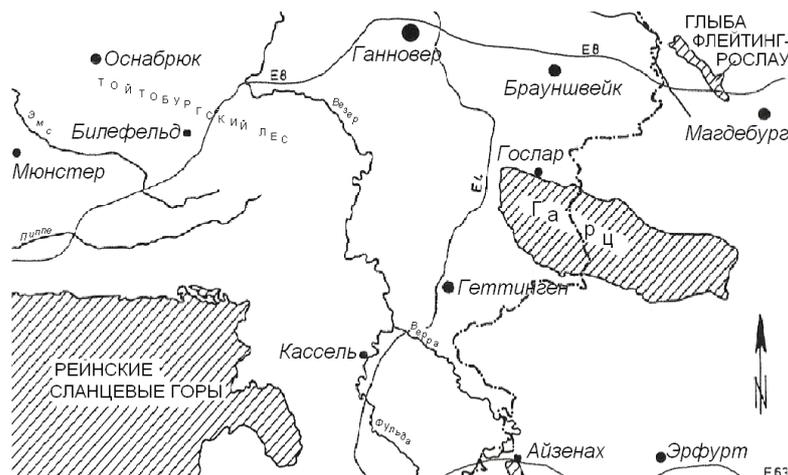


Рис. 1. Карта географической позиции Гарца [1].

В геоморфологическом отношении современная поверхность горного массива Гарц представляет собой ступенчатое вложение concentрических поднятий от периферии к центру. Эта особенность бросается в глаза при подходе к Гарцу с северо-востока, где всхолмленная до 250 м равнина уступообразно переходит в высокогорье, венчающееся горой Брокен (1141 м).

Породы Гарца составляют геологически жесткий горстовый сильно-метаморфизованный верхнепалеозойский комплекс, в котором преимущественно развиты девонские и нижнекарбовые образования. В геологическом строении Гарца различают три крупные морфологические единицы, маркируемые региональными нарушениями [1].

*Верхний Гарц (Oberharz):* девонская седловина верхнего Гарца, массив Иберг, складчатая зона Клаусталя, диабазовый пояс верхнего Гарца, мульда Зезе, пояс Аккер-Брухберг.

*Средний Гарц (Mittelharz):* мульда Зибер, среднегарцевская или складчатая зона Бланкенбурга, комплекс Эльбингероде, кульмские граувакки пояса Танне.

*Нижний Гарц (Unterharz):* мульда южного Гарца, мульда Зельке, складчатая зона Гарцгероде, метаморфическая зона Виппра.

Из глубинных магматитов в Гарце расположены: плутон Рамберг, плутон Брокен с габбровым массивом Гарцбург и метаморфическая глыба гнейса Экер, массив Окер.

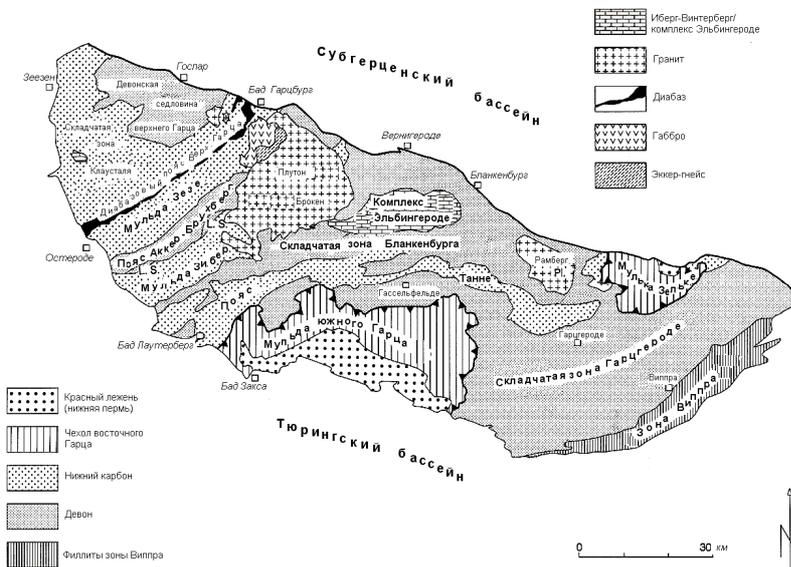


Рис. 2. Геологическая обзорная карта Гарца [1].

В пределах Гарца в настоящее время выделяются 14 самостоятельных в геологическом отношении зон. Их современные очертания сформировались в течение всей эволюции Гарца уже на ранних стадиях орогенеза в ходе осадкообразования и проявления магматизма (рис. 2).

Каждая из зон тщательно изучена, а описание их по данным предыдущих исследователей приведено в последней сводной работе [1].

**Стратиграфия.** Оставляя в стороне детализацию геологического строения этих зон, обратимся к краткому анализу стратиграфического расчленения всего массива Гарц в целом. Стратиграфический разрез снизу вверх представлен следующими периодами.

а) *Алгонк*. Представлен граувакковыми гнейсами, метаграувакками с филлитами, метакремнистыми сланцами и зелеными сланцами метаморфической зоны Виппра. Предположительно присутствующие зеленые сланцы также могут относиться к докембрию (?) и кембрию.

б) *Ордовик* (Лланвирн). Состоит из серий глинистых сланцев с кварцитами (впервые описаны образования ордовика в зоне Виппра [1]).

в) *Силур*. Образования обнажены вдоль так называемой «силуровой оси» Гарца и представлены тонкоплитчатыми глинистыми сланцами и известняками.

г) *Девон*. Выражен в пределах Гарца рейнской и герцинской фациями сланцевых отложений.

*Нижний девон* представлен глинистыми известковыми и кремнистыми сланцами, песчаниками, кварцитами, известковыми песчаниками и граувакками.

*Средний девон* представлен (снизу вверх) комплексом стрингоцефаловых рифовых известняков комплекса Рюбеланд–Эльбингероде, виссенбахскими сланцами и вулканогенными образованиями мощных излияний диабазов и кератофиров.

*Верхний девон* характеризуется еще более пестрой сменой фаций. Между виссенбахскими сланцами среднего и верхнего девона располагаются мандельштейновые диабазы и серые до темно-зеленых диабазовые туфы.

д) *Карбон* расчленен на нижний (*динант*) и верхний. Основной процесс горообразования в Гарце приходится на верхний карбон. Гамма интрузивов начинается с внедрения сложнодифференцированных интрузивных массивов, входящих в общую систему магматитов Окера, Брокена, Гарцбурга и Рамберга. Гранит-порфиры и кersантиты дайки Бодде являются самыми древними жильными породами, возникшими фактически до начала варисцийской складчатости. Магматизм завершается внедрением гранитов Ильзештейна и риолитовыми кварц-порфирированными породами массивов Равенсберга и Ауэрберга.

е) *Пермь* несогласно слагает ядра структур и расчленена в Гарце на *нижний (красный лежень)* и *верхний (цехштейн)* отделы.

ж) *Мезозой (триас, юра, мел)*. Породы характеризуются значительным развитием континентально-морских отложений. Последние, как и последующие третичные и четвертичные отложения, перекрывают трансгрессивно эвгеосинклинальные осадки палеозоя.

**Тектоника.** Среднеевропейская варисцийская эвгеосинклиналь разделяется *Среднегерманским кристаллическим порогом* на две системы трогов: на ЮВ расположен *Саксотюрингско-Судетский трог*, на СЗ – *Реногерцинский трог*. К последнему принадлежат Айфель, Рейнские сланцевые горы, Гарц, возвышенный пояс Флейтинг-Росслау.

Гарц является частью древних варисцийских складчатых гор. Основной процесс горообразования здесь приходится не на отрезок времени нижний–верхний карбон («судетская фаза»), как ранее представлялось, а только на *верхний карбон*, то есть варисцийская тектоника, представленная в ядре структур Гарца, и явилась результатом «*астурийской фазы*» (Westfal–Stefan) [1–3].

Вся варисцийская тектоника обладает «*рудногорской*» ЮЗ–СВ направленностью, в то время как вытянутый контур Гарца продолжает оставаться типичным для герцинид СЗ–ЮВ. Современный тектонический облик Гарца сформировался также под воздействием более поздних эпигенетических движений в третичное и даже четвертичное время. К концу *плиоцена* в Гарце произошло глыбово-тектоническое омолаживание, при котором сильно выявились подъем и выпуклость рельефа, а также слабое блоковое расщепление. Особенно на ЮЗ заметна тектоническая деятельность «*заальской фазы*» [1].

Главной для Гарца является *варисцийская складчатость*, в период которой наиболее интенсивно и проявился магматизм. После процессов складчатости в верхнем карбоне и в нижней перми (отэн) начался процесс поднятия Гарца. С этим была связана германотипная тектоника растяжения, по разломам которой произошел подъем магматических расплавов. При этом в нижней перми доминируют два направления: СЗ–простириания (*герцинское*) и С–СЗ–простириания (*эггическое*). Многофазовое внедрение массивов гранитов Брокена и Рамберга связано с нарушениями рейнского и эггического простирианий. Сравнительно молодой массив гранитов Ильзештейна внедрился по *герцински*-ориентированным разломам. Эггическое направление было активным как в период стефанского яруса (плутон Рамберг), так и в отэн (Ауэрберг). В глубинных этажах плутона Рамберг преобладали рейнские магмоподводящие зоны. Эггическое же направление ответственно за размещение гранита Рамберг на современном уровне. Каждая тектоническая автономная единица Гарца выделяется своими четкими пограничными разрывными элементами [1].

Особую тектоническую проблему для Гарца представляет его чешуйчатое строение. Есть представление по Коссмату о покровно-надвиговом альпийском характере строения Гарца [2]. В его понимании автохтонным оставался лишь верхний Гарц, в то время как средний и нижний состоял из покровов тектонически различного облика (как «плита нижнего Гарца» и «плита-ступень»), а их коренная часть располагалась в районе зоны Виппра. При этом комплекс отложений Эльбингероде и зоны Танне рассматривались как «*тектонические окна*» структур автохтонного происхождения. Другие же упомянутые области носили надвиговой характер с шагом надвига покровов или плит 50–60 км.

По общему плану строения Гарц воспринимается как автохтонный горный массив с отчетливой дисгармоничностью складок СЗ–простириания и сильной деформацией фациальных отложений. В широтном плане интенсивность складчатости сильно возрастает в ЮВ направлении вдоль массива. Кроме различных пликативных элементов, детали которых подробно описы-

ваются в специальных работах по тектонике Гарца, особое место принадлежит целому ряду дизъюнктивных нарушений, составляющих тектоническое лицо Гарца. К ним относятся древние тектонические глубинные региональные нарушения – линеаменты.

Примечательно, что пересечения подобных глубинных структур послужили местом внедрения синорогенных плутонов Гарца – Брокена и Рамберга.

Основной геотектонической проблемой является установление участия тектоники плит в варисцидах Мезоевропы. На сегодняшний день Мезоевропа является той частью континента, которая сложнее всего поддается интерпретации относительно модели тектоники плит. Долгое время применение этой модели в европейских варисцидах было поставлено под сомнение. Ведется дискуссия не о том «действительно ли», а «каким образом» произошло образование варисцидов с применением вышеназванной модели развития коры и тектоностратиграфии [3].

**Магматизм.** Сложная картина магматического этапа развития Гарца может быть проанализирована не только путем детального изучения эффузивных и интрузивных фаций, но и с помощью подробного формационного анализа.

1. *Гарцбургит-габбровая формация.* Породы этой формации в Гарце представлены типичной для начала заложения эвгеосинклинали ассоциацией пород типа гарцбургитов и габбро в сочетании с верхнепалеозойской вулканогенно-осадочной толщей спилит-диабазового типа. Последняя представлена целой серией: от спилитов силура через диабазы и их пирокласты среднего девона до покровных силлоподобных мощных тел диабазов и габбро-диабазов низов нижнего карбона.

По данным петрографического исследования [4], здесь встречаются *крупнозернистые* и *мелкозернистые* диабазы, переходы между которыми отчетливо прослеживаются в пределах крупных залежей. Наряду с крупнозернистыми диабазами среднего девона присутствуют также *вариолитовые* диабазы, относящиеся к границе верхнего девона – нижнего карбона. Они известны под названием *покровных диабазов* подводного излияния и распространены как в верхнем (Аккер-Брухберг), так и в нижнем Гарце. Они выступают среди верхнедевонских кремнистых сланцев и представляют собой породы зернисто-вариолитового облика. Среди них различают анальцимовые и роговообманковые разновидности, относимые к *тералитовому* типу магм [2].

Известные в Гарце излияния *кератофиров* относятся к среднему девону [1, 2]. Кератофиры отличаются от диабазов лишь по природе полевого шпата, слагающего обычно порфиновые выделения. Они образуют залежи среди виссенбахских сланцев, а вблизи Эльбингероде встречаются в основании стрингоцефаловых известняков. Таким образом, вулканизм древнего палеозоя представлен диабазами, кератофирами и их туфами.

Процессы вулканизма в Гарце продолжались и после внедрения главных плутонов Брокен и Рамберг. Породы этого периода представлены уже крупными дайкообразными и субвулканическими телами мелафиров, порфиров, слюдяных мелафиров и различных даек керсантитового, порфиритового (с энстатитом), диорит-порфиритового и др. составов. Субвулкани-

ческий и жильный комплексы пород довольно подробно описаны в сводках [2, 4, 5].

В ассоциации ультраосновных пород Гарца значительное место занимает крупный массив ультрабазитов и типичных гарцбургитов – *Гарцбург*, который входит в систему массивов плутона Брокен. Ультраосновные породы Гарцбурга вытянуты с ЮЗ на СВ между рр. Радау и Эккер и расположены на площади  $15 \text{ км}^2$  в районе южнее г. Бад Гарцбург. Массив Гарцбург петрографически состоит из двух частей: северной – габброидной и южной – норитовой. Обе части массива разделяются друг от друга тектонической интрамагматической зоной нарушения северо-западного простирания ( $125^\circ$ ), проходящей через гору Радау. На СВ габброиды прорываются гранитами Ильзештейна, на востоке – комплексом гранито-гнейсов долины р. Эккер. Структурно массив располагается на границе раздела мульды Зезе и зоны Аккер-Брухберг. Гарцбургский массив внедрился в варисцийский складчатый комплекс среднедевонских и нижнекарбонных пород верхнего Гарца, имеющих СВ–ЮЗ простирание. Петрографические составляющие массива характеризуются широким участием ромбических пироксенов (бронзит и энстатит) и биотита. При этом в норитовых разностях доминирует *железистый* бронзит. Гипербазиты и базиты Гарца были исследованы в [1, 2, 5, 6]. Зона расчленения норитов и габброидов представляет интрамагматическую контактную линию, сформированную еще в период субпластического состояния магмы. По этой линии габброидное тело было несколько смещено к СЗ. В трещины, связанные с этим нарушением, внедрились впоследствии остаточные дифференциаты типа оливинового габбро.

*Норитовый комплекс* массива включает линзоподобные тела гарцбургитов. Они рассматриваются как наиболее ранние дифференциаты, которые постепенно переходят в норитовые разности или скорее в оливиновые нориты и даже бронзититы.

*Габбровый комплекс* северной части массива включает разновидности типа слюдяных авгит-биотитовых норитов, оливиновых габбро и даже слюдяных габбро. Больше всего распространены биотит-авгитовые габбро [1].

2. *Банатит-гранитоидная формация*. Гранитоиды Гарца резко преобладают над ультраосновными породами по площади (более чем в 10 раз). Здесь примечательное место занимают сложнодифференцированные массивы Брокен, Рамберг и дайка Боде, представленные целым комплексом интрузивных пород варисцийского возраста от гарцбургитового до двуслюдяного гранитового состава.

*Плутон Брокен*. Породы плутона общей площадью  $165 \text{ км}^2$  залегают между складчатыми зонами Клаусталя на западе и Бланкенбурга на востоке. Плутон дискордантно прорывает пояс Аккер-Брухберг и мульду Зибер. При этом он на ЮВ широким фронтом подсекает складчатую зону Бланкенбурга. А граниты массива Окер и габброиды Гарцбурга прорывают структуры зоны верхнего Гарца. По [1, 2], в соответствии с геолого-петрографической схемой различают следующие основные типы пород плутона Брокен: нормальные,

порфировидные, микропегматитовые, крупнозернистые граниты; гранит-диориты и диориты; габбро и габбро-нориты.

Особый интерес представляет рассмотрение фазового расчленения пород плутона. Согласно современным данным, все породы интрузивов Гарца внедрились в течение довольно сжатого отрезка времени.

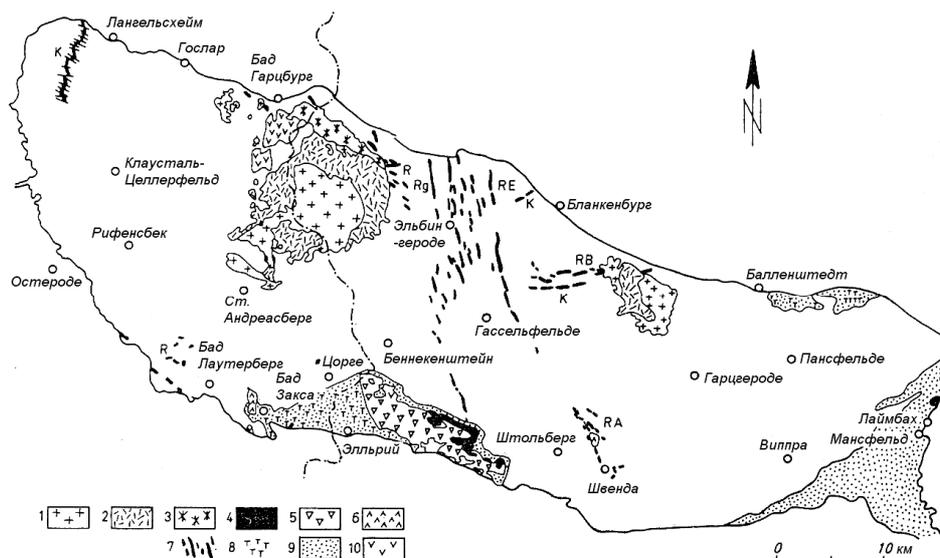


Рис. 3. Обзорная карта магматитов Гарца субсеквентного периода [1]: 1 – кровельный гранит плутона Брокен; среднезернистый гранит Рамберга; 2 – граниты и диориты краевых зон плутона Брокен и порфировый гранит Рамберга; 3 – гранит Ильзештейна; 4 – мелафир; 5 – порфириты (андезиты); 6 – кварц-порфир (риолит); 7 – дайки среднего Гарца (кварц-порфир, порфирит) и кварц-порфировые жилы; 8 – туфы; 9 – осадочные породы пермо-карбона; 10 – габбро массива Гарцбург; К – керсантит; R – кварц-порфир; Rg – гранит-порфир; RE – энстатит-порфир; RB – дайка Боде; RA – порфир Ауэрберга.

*Плутон Рамберг.* Это штокообразный массив, который дискордантно прорвал в ходе варисийской главной фазы внедрения породы складчатой зоны Бланкенбурга и подверг контактовому метаморфизму породы тектонических зон Танне и Гарцгероде. Массив расположен между городами Тале и Бад Зюдероде, а на ЮВ его венчает гора Викторсхеке (582 м). Общее падение контактов довольно крутое к Ю–ЮВ.

К настоящему времени плутон Рамберг имеет обширный (около 30 км<sup>2</sup>) выход на поверхность в виде треугольника, его длинный катет (около 7 км) протягивается параллельно северному краевому разлому Гарца, по которому граниты отсекаются от осадочных толщ. В приконтактной полосе известны породы типа мусковитовых роговиков, которые при удалении от контакта переходят в нормальные роговики и далее в обычные сланцы. В эндоконтактной зоне выделяются кварц-сланцевые породы. В противовес плутону Брокен породы здесь сравнительно однородны и представлены мелко- и сред-

незернистыми гранитами. Наиболее часты здесь двуслюдяные и биотитовые порфиroidные граниты [2, 4–8].

*Дайка Боде* имеет весьма внушительные размеры, представлена двумя параллельными телами кварц-порфировых пород, расположенных на расстоянии 100 м друг от друга между Штекленбергом и Вендефуртом. Они обнажаются в глубоком каньоне р. Боде. Граниты Рамберга расчленяют эту дайку на западную (8 км) и восточную (1 км) части. По мощности их выходы колеблются в пределах 3–8 м. На отдельных участках тело дайки ступенчато и многократно разорвано близширотными нарушениями «рудногорского» направления. Главное падение дайки – Ю–ЮЗ под углом  $70^{\circ}$ – $80^{\circ}$ . Вмещающие породы – виссенбахские сланцы низов среднего девона. Характер контактов рвуций, магматический.

Таким образом, глубинные породы Гарца представлены плутонами Брокен, Рамберг и дайкой Боде. Массив Брокен вместе с гранитными массивами Окер, Ильзештейн и габбровым массивом Гарцбург образуют целый сложнодифференцированный магматический комплекс. Несколько проще выглядит строение *обособленного* плутона Рамберг. Внедрение обоих плутонов произошло после формирования главных складчатых структур внутренних областей Гарца. Следовательно, габбро и граниты Гарца по возрасту моложе, чем его сланцевые и граувакковые породы [1, 2].

*Кафедра минералогии, петрологии и геохимии*

*Поступила 30.05.2007*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Mohr K.** Geologie und des Harzes. 2. neu bearbeitete Auflage, Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), 1993, 356 s.
2. **Möbus G.** Abriss der Geologie des Harzes. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 1966, 219 s.
3. **Schönberg R., Neugebauer J.** Einführung in die Geologie Europas. 7. völlig bearbeitete und erweiterte Neuauflage. Freiburg im Breisgau: Rombach GmbH Druck- und Verlagshaus, 1997, 385 s.
4. **Schriel W.** Die Geologie des Harzes. B. 49. Hannover: Wirtschaftswissenschaftliche Gesellschaft zum Studium Niedersachsens E. V., 1954, 308 s..
5. **Müller G.** Petrographische und geochemische Zuordnung der subsequenten permosilesischen Vulkanite des Harzes und benachbarter Gebiete. Hannover: Zeitschrift dt. geolog. Gesellschaft. 132, 1981, s. 5–15.
6. **Müller G., Strauß, K.-W.** Gesteine des Harzes. Clausthal-Zellerfeld: Clausthaler Geologische Abhandlungen, Sonderband 5, Verlag E. Pilger, 1987, s. 297.
7. **Eidam J., Seim R.** – Chemie der Erde, 1971, B. 29, s. 277–341.
8. **Seim, R., Eidam, J.** – Chemie der Erde, 1974, B. 33, s. 31 – 46.

Ի. Կ. ԿԼԻՇ

ՀԱՐՑԻ (Գ-Հ) ՄԱԳՄԱՏԻԿ ՀԱՄԱԼԻՐԻ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԴԻՐՔԸ

## Ամփոփում

Հարց լեռնազանգվածը գտնվում է Գերմանիայի հյուսիսում: Հարցի ապարները իրենցից ներկայացնում են վերին պալեոզոյի ուժեղ մետամորֆացված հորստային համալիր, որտեղ հատկապես արտահայտված են դեոնի և ստորին կարբոնի առաջացումները: Հարցի համար բնութագրական են պլուտոնային առաջացումները՝ հարցբուրգիդ-գաբրոյի և բանատիտ-գրանիտոիդային ֆորմացիաները, որոնցից են Հարցբուրգի, Բրոկենի, Ռամբերգի, Օկերի զանգվածները և Բողեյի դայկային առաջացումները:

I. K. KLISH

## GEOLOGICAL CONDITIONS OF HARZ (FRG) MAGMATIC COMPLEX

### Summary

The Harz massif is located in the northern part of the area of Germany. The Harz rocks compose geologically hard, horst, strongly metamorphized upper-Paleozoic complex with mainly developed Devon and lower-Carbon formations. Plutonic formations like harzburgite-gabbro and banatite-granitoid formation to which are related the massifs Harburg, Broken, Ramberg, Oker and Bode dyke are typical for Harz.