

Научная статья

УДК 552.086; 552.311

DOI: 10.37102/0869-7698\_2022\_222\_02\_7

## Результаты петрографических исследований раннемеловых гранитоидов Японского моря

Т.С. Якимов✉, Д.А. Ахмедов

*Тимур Сергеевич Якимов*

младший научный сотрудник

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,

Владивосток, Россия

yakimov-timur@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1812-3274>

*Дмитрий Александрович Ахмедов*

инженер-исследователь

Сибирский федеральный университет, Красноярск

[negleger@gmail.com](mailto:negleger@gmail.com)

**Аннотация.** Проведены петрографические исследования гранитоидов раннемелового комплекса, установлены минералого-структурные и тектонические особенности. Основными методами подводных геологических экспедиционных исследований магматизма Японского моря являлись драгирование, глубоководное бурение, опробование коробчатými пробоотборниками и дночерпателями при обязательном исследовании рельефа дна и геофизических полей. В результате анализа фактического материала авторами определены морфологические типы цирконов, которые помогают исследовать этапность гранитоидного магматизма. Выделены два этапа возможного формирования гранитоидов плато Уллын: первый этап – становление гранитоидов в условиях континентальной коры, второй – подъем территории в верхнем меле и дальнейшее разрушение окраины Азии в процессе образования Японского моря в кайнозой. На первом этапе в процессе развития очагов коровой магмогенерации как результат пластических деформаций формировались разнообразные директивные текстуры, выраженные в ориентировке кварца, темноцветных минералов и полевых шпатов, сложно сочетающиеся с массивными текстурами, характерными для полностью переплавленных фаз. На втором этапе как в директивных, так и в массивных текстурах проявляются разнообразные формы катаклаза. На стадии консолидированной коры происходят процессы метасоматических преобразований и последующего возможного протрузивного течения, проявленного в виде дислокации и катаклаза.

**Ключевые слова:** возвышенность Гэбасс, возвышенность Криштофовича, плато Уллын, петрография, гранитоиды

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность к.г.-м.н. В.Т. Съедину и д.г.-м.н. Р.Б. Шакирову за поддержку в реализации исследований. Исследование выполнено по проекту

«Геосистемы и минеральные ресурсы переходных зон «континент–океан» и открытого океана» (ГЕОМИР, рук. д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров) в рамках Десятилетия ООН «Науки об океане в интересах устойчивого развития» (2021–2030 гг.), а также по теме госзадания ТОИ ДВО РАН «Газогеохимические поля Мирового океана, геодинамические процессы и потоки природных газов, влияющие на формирование геологических структур с залежами углеводородов и аутигенной минерализации» (0211-2021-0006), науч. рук. А.И. Обжиров, регистрационный номер 121021500055-0.

**Для цитирования:** Якимов Т.С., Ахмедов Д.А. Результаты петрографических исследований ранне-меловых гранитоидов Японского моря // Вестник ДВО РАН. 2022. № 2. С. 86–97. [https://doi.org/10.37102/0869-7698\\_2022\\_222\\_02\\_7](https://doi.org/10.37102/0869-7698_2022_222_02_7).

## Original article

T.S. Iakimov, D.A. Akhmedov

*Timur S. Iakimov*

Research assistant

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

yakimov-timur@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1812-3274>

*Dmitry A. Akhmedov*

Engineer-researcher

Siberian Federal University (SFU), Krasnoyarsk, Russia

negleger@gmail.com

**Abstract.** Petrographic research of granitoids of the Early Cretaceous complex have been carried out, mineralogical-structural and tectonic features have been established. The main stages of underwater geological studies of magmatism of the Sea of Japan were dredging, deep-water drilling, box corers and bottom-grabs sampling during obligatory investigation of bottom relief and geophysical fields. As a result of the analysis of actual material, the authors determined morphological types of zircons, which help investigating the stages of granitoid magmatism. Two stages of the possible formation of granitoids of the Ulleung Plateau are identified: the first stage - the formation of granitoids in the conditions of the continental crust and the second stage - the rise of the territory in the Upper Cretaceous and further destruction of the outskirts of Asia during the formation of the Sea of Japan in the Cenozoic. At the first stage, during the development of foci of crustal magmogenesis, as a result of plastic deformations, various directive textures were formed, expressed in the orientation of quartz, dark-colored minerals and feldspars, which are difficult to combine with massive textures typical for completely melted phases. In the second stage, various forms of cataclase appear in both directive and massive textures. At the stage of the consolidated crust, the processes of metasomatic transformations and the subsequent, possible, protrusive flow occur, manifested in the form of dislocation and cataclase.

**Keywords:** Gabass Rise, Kryshtofovich Rise, Ulleung Plateau, petrography, granitoids

**Acknowledgments.** The authors are grateful to K.G.-M.N. I will eat Vladimir Timofeevich and D.G.-M.N. Shakirov Renat Belalovich for support in the implementation of research. The study was carried out under the project “Geosystems and mineral resources of the transition zones” Continent-Ocean “and Opera” (geomir, hand Development (2021-2030), as well as on the topic of the State Property of the Federal District of the Russian Academy of Sciences “Gasogeochemical Fields of the World Ocean, Geodynamic Processes and Flows of Natural Gas, influencing the formations of hydrocarbons with deposits of hydrocarbons and auticon mineralization” (0211-2021-0006), scientific . Hands. Changov A.I., registration number 121021500055-0.

**For citation:** Iakimov T.S., Akhmedov D.A. Results of petrographic research of Early Cretaceous granitoids of the Sea of Japan. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(2):86-97. (In Russ.). [https://doi.org/10.37102/0869-7698\\_2022\\_222\\_02\\_7](https://doi.org/10.37102/0869-7698_2022_222_02_7).

## Введение

В 1970–1980-е годы на многочисленных станциях драгирования в Японском море были опробованы выходы горных пород на склонах подводных гор и возвышенностей, благодаря чему составлена геологическая карта одноименного моря [1]. Гранитоиды возвышенности Гэбасс и Криштофовича рассматриваются как раннемеловой комплекс возрастом 100–110 млн лет [2]. Местоположение данных морфоструктур отражено на схеме (рис. 1).

Возвышенность Криштофовича в Японском море была открыта и исследована в 1973 г. в ходе 20-го рейса НИС «Первенец». Она была названа в честь выдающегося советского ученого-геолога, палеоботаника и ботаника Африкана Николаевича Криштофовича (1885–1953 гг.), внесшего существенный вклад в изучение геологии Дальнего Востока и Восточной Азии. В настоящее время данное название возвышенности официально не принято, и она рассматривается как плато Уллын южной части Корейского плато (принято в 2007 г. Международным подкомитетом по наименованию подводных структур (GBCOSCUFN)) [3, 4]. На западе плато отделено от Восточно-Корейской возвышенности трогом Усан, на юго-востоке – трогом Уллын от банки Оки, на северо-востоке склоны плато переходят в основание Японской глубоководной котловины, на юге – в основание Цусимской котловины. Плато Уллын представляет собой изометричный свод с хребтами и межгорными впадинами [2]. Вершины хребтов оконтурены изобатами 1100–1300 м; общий цоколь выделяется на глубине 2000 м; минимальная глубина, зафиксированная в южной части плато, около 550 м [5]. Геологический фундамент плато сложен позднеархейским–раннепротерозойским метаморфическим комплексом, включающим в себя гнейсы, граниты, мигматиты, сланцы, прорванным в ряде мест раннемеловыми гранитоидами и перекрытым окраинно-континентальными вулканитами (базальтами, трахилипаритами, игнимбритами, спекшимися туфами позднеолигоцен–раннемиоценового возраста). Осадочный чехол сложен верхнекайнозойскими породами различного генезиса – озерными и морскими туфогенно-осадочными породами [4].

Возвышенность Гэбасс в Центральной глубоководной котловине Японского моря была описана в 1977 г. в ходе 28-го и 29-го рейсов НИС «Первенец». Возвышенность Гэбасс располагается в юго-западной части котловины на приподнятом на 500–600 м относительно фундамента блоке и представляет собой вулканический хребет, вытянутый в субмеридиональном направлении. Возвышенность сложена в основном оливин-плагиоклазовыми, плагиоклазовыми базальтами, ферробазальтами, трахиандезитами и гранитоидами, слагающими ее цокольную часть [6].

## Цели и задачи

Цель работы – с помощью петрографического метода уточнить условия формирования гранитоидов плато Уллын и Гэбасс в контексте ранее выделенного раннемелового комплекса в Японском море. Задача петрографических исследований – установление минерального состава пород и взаимоотношений составляющих эти породы минералов, т.е. их структуры и текстуры, что позволяет произвести диагностику пород до разновидности.

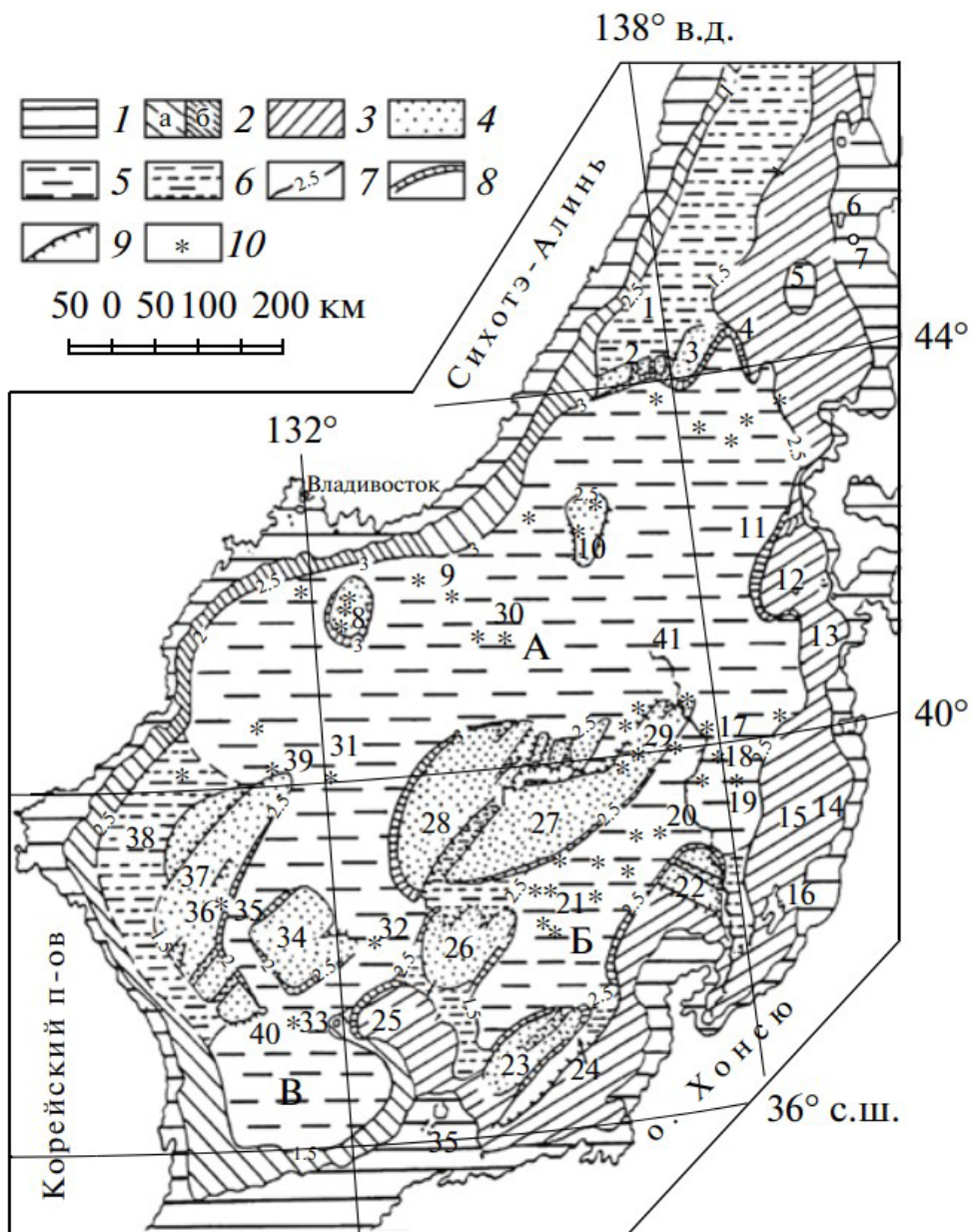


Рис. 1. Морфоструктуры Японского моря [4]: 1 – шельф, 2 – континентальный склон: а – пологий (до 10°), б – крутой, 3 – островной склон, 4 – подводные возвышенности, 5 – глубоководные бассейны, трюги, впадины, 6 – впадины глубиной менее 2 км, 7 – границы морфоструктур, их глубины, км, 8 – крутые склоны, 9 – разломы, отраженные в рельефе дна, 10 – вулканические горы и хребты. Названия морфоструктур: А – Японская котловина, Б – котловина Ямато, В – Цусимская котловина. 1 – Татарский трюг, 2 – возвышенность Алпатова, 3 – хребет Витязя, 4 – хребет Окусири, 5 – бухта Мусаси, 6 – о-в Ребун, 7 – о-в Рисири, 8 – возвышенность Первенца, 9 – возвышенность Тарасова, 10 – возвышенность Богорова, 11 – о-в Окусири, 12 – плато Осима, 13 – трюг Ниси-Цугару, 14 – трюг Могами, 15 – хр. Садо, 16 – трюг Тояма, 17 – гора Мейё-3, 18 – гора Мейё-2, 19 – гора Мацу, 20 – гора Мейё, 21 – гора Медведва, 22 – бухта Хакусан, 23 – хребет Оки, 24 – трюг Оки, 25 – бухта Оки, 26 – бухта Кита-Оки, 27 – бухта Ямато, 28 – бухта Кита-Ямато, 29 – бухта Такуё, 30 – бухта Беляевского, 31 – гора Гэбасс, 32 – гора Галагана, 33 – гора Глебова, 34 – возвышенность Криштофовича, 35 – трюг Криштофовича, 36 – гора Ченцова, 37 – Восточно-Корейский хребет, 38 – Восточно-Корейский (Кунсан) трюг, 39 – гора Кольцо, 40 – о-в Уллындю, 41 – канал Тояма

## Материалы и методы

Материал для исследований получен из коллекции ТОИ ДВО РАН. Петрографические исследования проводились с помощью микроскопа Nikon eclipse 50i с увеличением от 5х до 60х. Петрографический метод изучения магматических горных пород с применением поляризационного микроскопа остается первичным, несмотря на интенсивное развитие в последнее время аналитических методов.

Важнейшую роль в изучении геологического строения дна Японского моря выполнили экспедиционные геолого-геофизические исследования под руководством И.И. Берсенева, Е.П. Леликова, А.Н. Маляренко, И.Б. Цой, Ф.Р. Лихта, Б.Я. Карпа, Р.Г. Кулинича и других ученых ТОИ ДВО РАН, а также иных организаций, в процессе которых изучались глубинное строение, блоковая структура литосферы, тектоника, вулканизм, магматизм, геохимия и петрография магматических образований и др.

Среди методов геологического опробования лидировало драгирование коренных пород с помощью стальной скальной драги разных типов (цилиндрическая и др.). В настоящее время на смену драгированию пришли современные методы глубоководного опробования скальных пород: глубоководное бурение, гидравлические грейферы с ТВ контролем, малые глубоководные буровые установки и др.

В аналитических исследованиях поднятого каменного материала для определения типоморфизма цирконов использовался микроскоп Nikon eclipse 50i с увеличением от 5х до 60х. Кристаллы циркона, сохранившие элементы огранки, изучены с помощью широко используемой типологической диаграммы Ж.-П. Пупена [7], в которой кристаллы циркона классифицируются в соответствии с развитием в огранении индивида призматических  $\{100\}$  и  $\{110\}$  и пирамидальных  $\{211\}$  и  $\{101\}$  форм. Ж.-П. Пупен связал относительное развитие призматических граней главным образом с температурой кристаллизации, пирамидальных граней – с химизмом и степенью неоднородности среды кристаллизации (индекс агпаитности I.A.), а призматических – с температурой и водонасыщенностью материнских и дифференцированных расплавов (температурный индекс Temperature, индекс водонасыщенности I.T.). Он обратил внимание на то, что типологические параметры популяции циркона могут использоваться для описания эволюции магматической системы, и предложил несколько генетических интерпретаций диаграммы, адаптированных для изучения кристаллов циркона гранитного плутонического происхождения, эффузивных и метаморфических пород. Выделение цирконов из гранитоидов производилось по стандартной методике с использованием магнитной сепарации тяжелых жидкостей.

## Результаты и обсуждение

Коллекция образцов гранитоидов плато Уллын представлена тремя типами пород: ортоклазовые, микроклиновые биотитовые граниты и гранит-порфиры, возвышенности Гэбасс – лейкократовыми гранитами.

### *Биотитовые граниты плато Уллын*

Микроклиновые и ортоклазовые биотитовые граниты различаются только наличием или отсутствием определенного калиевого полевого шпата.

Граниты характеризуются в основном гранитовой структурой, участками пойкилитовой, катакластической и гранобластовой (рис. 2). Количественный минеральный состав, %: кварц – 20–30; плагиоклаз – 25–35; калиевый полевой шпат (КПШ) – 20–30; биотит – 10–12; амфибол – 5–7.

Кварц распределен неравномерно, образует скопления ксеноморфных зерен размером 0,3–0,5 мм (реже больше 1 мм), часто с волнистым погасанием. Также отмечается регенерационный кварц в зонах катаклаза первой фазы (0,5–3 мм). Количество кварца возрастает пропорционально степени катаклаза пород.

Встречаются четыре морфологические разновидности: крупные (1–3 мм) и средние (0,2–0,8 мм) ксеноморфные зерна, мелкие (0,02–0,1 мм) округлые вростки в полевых шпатах, тонкозернистый (0,02–0,04 мм) агрегат в составе прожилков, зон дроблений и в межзерновом пространстве.

Микроклин образует таблитчатые или неправильной формы выделения размером до 3–4 мм. В отдельных шлифах отмечаются крупные (3–4 мм) таблитчатые зерна нерешетчатого микроклина, содержащего мелкие участки (0,08 мм) с четко проявленным микроклиновым решетчатым эффектом. Данное явление может свидетельствовать о наличии двух генераций микроклина: более упорядоченного и менее упорядоченного. Более упорядоченный микроклин, вероятно, является наложенным, т.е. более низкотемпературным, что может быть результатом аутометасоматоза.

Ортоклаз образует таблитчатые и неправильной формы зерна размером до 3–5 мм, иногда наблюдается двойникование. В отдельных шлифах отмечаются крупные (3–5 мм) таблитчатые зерна, содержащие альбит (размером 0,1–0,5 мм). Часто зерна пелетизированы в процессе пертитового распада, нередко в результате образуются кристаллы с шахматной структурой. Нередко плагиоклаз обрастает ортоклазом, а на границе сред образует реакционные каймы.

Плагиоклаз образует таблитчатые кристаллы (до 3 мм). Отмечаются интенсивная серитизация и пелитизация, не дающие возможности установить анортитовую компоненту, выраженную в номере плагиоклаза. Полевые шпаты образуют на периферии зерен реакционные каймы при реакциях между собой или с кварцем.

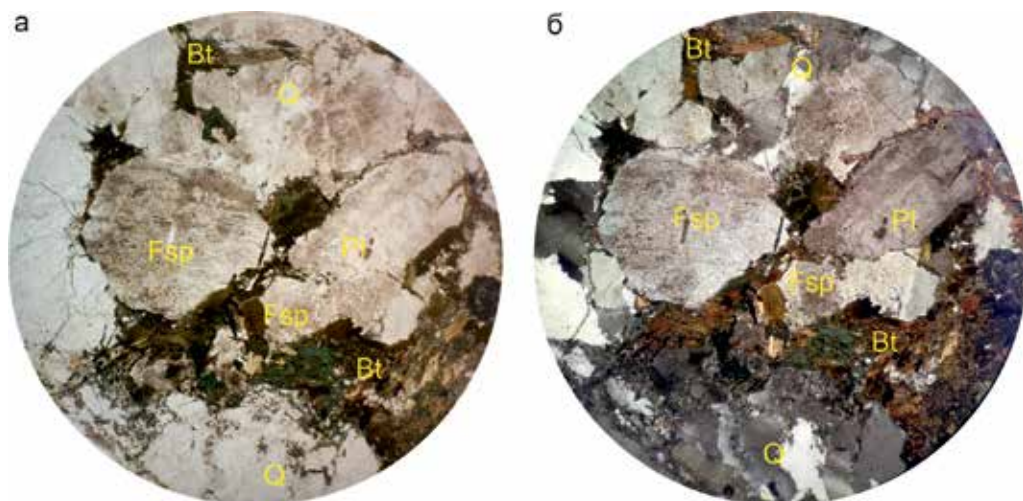


Рис. 2. Шлиф биотитового гранита плато Уллы в прямых (а) и скрещенных (б) николях. Увеличение 4-кратное. Q – кварц, F<sub>sp</sub> – калиевый полевой шпат, Pl – плагиоклаз, Bt – биотит



Роговая обманка является второстепенным минералом. Образует как кристаллы до 3 мм, чаще чешуйки (0,1–0,4 мм), пространственно связанные с зонами катаклаза, так и скопления зерен с ориентировкой по трещинам. В нескольких шлифах присутствовал неизменный амфибол, формировавший как полисинтетические двойники, так и сростания. Нередко отмечаются скелетные кристаллы, переполненные гранулированными включениями кварца или же в плагиоклазовой матрице. В некоторых шлифах отмечалась слабая эпидотизация роговой обманки. Встречается также лейкоксенизированный титанистый амфибол, что, вероятно, свидетельствует о быстром остывании магмы.

Биотит образует удлиненные чешуйки (размером до 5 мм), пространственно связанные с роговой обманкой. Также наблюдается в зонах катаклаза наряду с амфиболом. Нередко зерна послойно хлоритизированы.

Акцессорные минералы представлены апатитом, цирконом, пиритом.

Апатит встречается в виде прозрачных удлиненных и короткостолбчатых призматических зерен размером до 0,1 мм.

Циркон встречается в виде идиоморфных зерен (размером 0,01–0,08 мм). Редко наблюдаются кристаллы более или менее изометричной формы. Встречаются короткопризматические кристаллы с плеохроическими двориками.

Пирит представляет собой рудную россыпь по трещинам.

### ***Гранит-порфиры плато Уллы***

Гранит-порфиры плато Уллы имеют структуру порфировую с микрографической, участками катакластическую (рис. 3) и следующий минеральный состав, %: кварц – 30–40; ортоклаз – 40–45; плагиоклаз – 10–15; биотит – 3–5.

Кварц присутствует в виде ксеноморфных зерен (размером 0,8–2 мм) и закономерных округлых вростков в ортоклазе. Количество кварца возрастает пропорционально степени катаклаза пород. Встречаются две морфологические разновидности: крупные (0,8–2 мм) и мелкие (0,08–0,8 мм) округлые вростки в полевых шпатах, тонкозернистые (0,02–0,08 мм) агрегаты в составе прожилков.

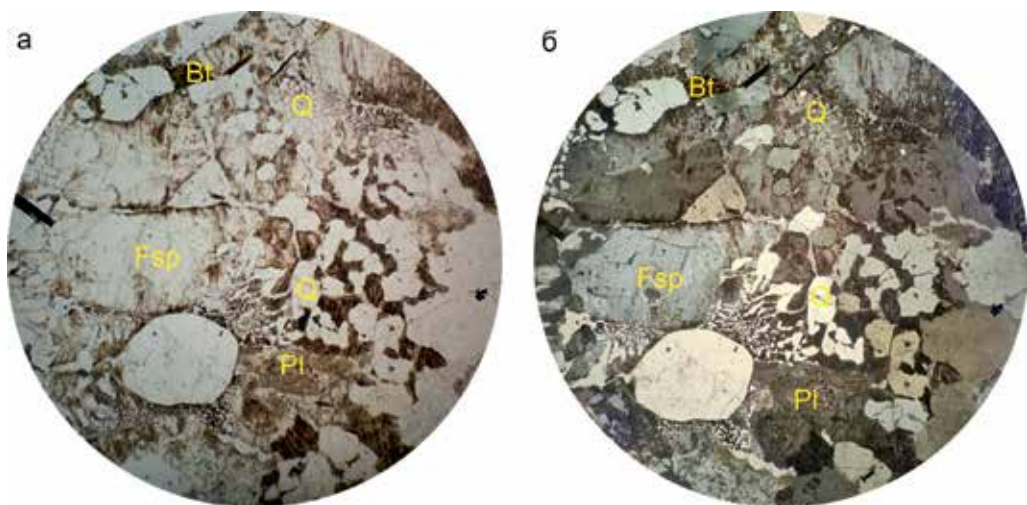


Рис. 3. Шлиф гранит-порфира плато Уллы в прямых (а) и скрещенных (б) николях. Увеличение 4-кратное. Q – кварц, F<sub>sp</sub> – калиевый полевой шпат, Pl – плагиоклаз, Bt – биотит

Ортоклаз образует таблитчатые и неправильной формы зерна размером до 5 мм. Интенсивно пелитизированы, повсеместно отмечается пертитовый распад. Диагностирован по реликтам.

Плагиоклаз имеет таблитчатые кристаллы размером до 3 мм. Отмечаются интенсивная серитизация и пелитизация, что не дает возможности установить анортитовую компоненту, выраженную в номере плагиоклаза. Пластически деформирован на стадии кристаллизации.

Биотит является второстепенным минералом. Образует чешуйки (0,2–0,7 мм), в основном не изменен, реже хлоритизирован и эпидотизирован.

Акцессорные минералы представлены рутилом и цирконом.

Рутил имеет две морфологические разновидности: игольчатые (0,02–0,06 мм) и столбчатые (размером 0,01–0,02 мм). Циркон в виде идиморфных длиннопризматических зерен (размером 0,01–0,03). В одном шлифе наблюдается срастание двух кристаллов под углами 124 и 56°.

### *Лейкократовые граниты возвышенности Гэбасс*

Отличаются от ортоклазовых и микроклиновых гранитов плато Уллын более высоким содержанием кварца, пониженным содержанием биотита и отсутствием амфибола и микроклина.

Макроскопически лейкократовые граниты представляют собой светло-розовые породы с неравномерно-зернистой текстурой.

Под микроскопом обнаруживают аллотриоморфнозернистую порфириовидную, участками гранулитовую структуру (рис. 4).

Состав, %: кварц – 40–45; ортоклаз – 25–30; плагиоклаз – 15–20; биотит – 2–3.

Кварц наблюдается в виде скоплений округлых зерен размером до 8 мм, часто с волнистым погасанием, участками образует гранулитовую структуру, которая, возможно, указывает на опережающую кристаллизацию полевых шпатов. Данный факт подтверждается наличием включений полевых шпатов (рис. 5). Отмечается вторичный кварц (0,02–0,08 мм) с характерным ему зональным погасанием.

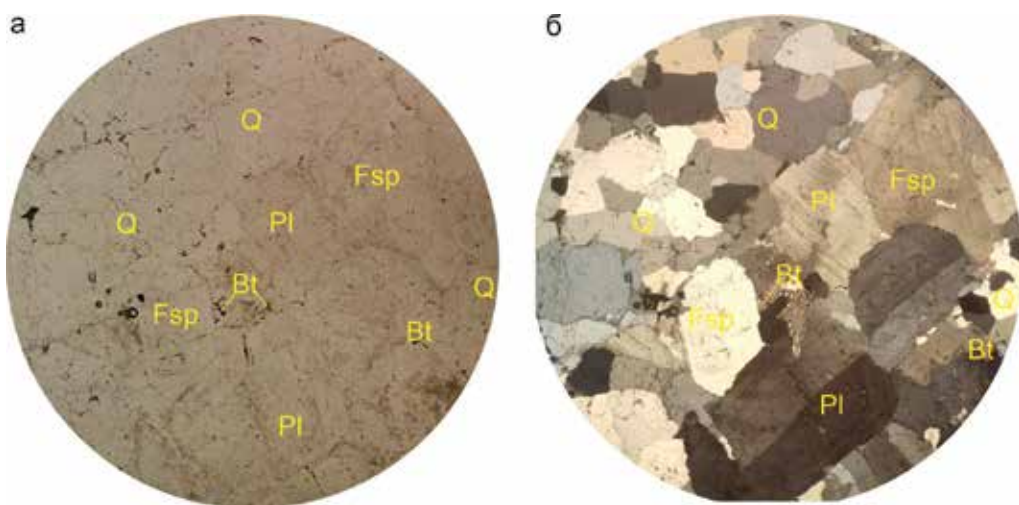


Рис. 4. Шлиф лейкогранита возвышенности Гэбасс в прямых (а) и скрещенных (б) николях. Увеличение 4-кратное. Q – кварц, F<sub>sp</sub> – калиевый полевой шпат, Pl – плагиоклаз, Bt – биотит



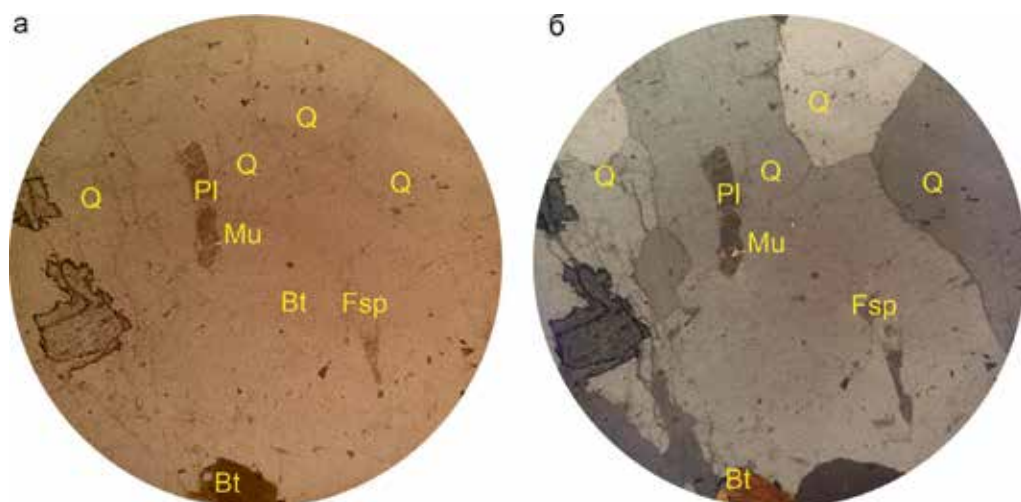


Рис. 5. Включения полевых шпатов в кварце в прямых (а) и скрещенных (б) николях. Увеличение 10-кратное. Q – кварц, F<sub>сп</sub> – калиевый полевой шпат, Pl – плагиоклаз, Mu – мусковит, Bt – биотит

Ортоклаз обнаруживается в виде изоморфных зерен размером до 10 мм, реже – в виде таблитчатых зерен размером до 1 мм. Изоморфный ортоклаз пелитизирован с пертитовым распадом, таблитчатый неизменен. Некоторые кристаллы имеют плавные переходы с альбитом, образуя изоморфный ряд.

Плагиоклаз № 5–15 образует сдвойникованные таблитчатые зерна до 5 мм. Чаще слабо серитизирован, за исключением зональных кристаллов, где в результате сильной серититизации образуются мелкие чешуйки мусковита размером до 0,2 мм. На границах с ортоклазом наблюдаются мирмекиты размером до 0,6 мм. Плагиоклаз пластически деформирован на стадии кристаллизации (рис. 4).

Биотит имеет подчиненное значение, представлен двумя морфотипами: 1) чешуйки до 2 мм в виде включений в плагиоклазе; 2) чешуйки размером 0,02–0,06 мм в трещинах, чаще между зернами кварца, реже – между плагиоклазом и кварцем. Акцессорные минералы представлены цирконом и апатитом.

Апатит типичен, представляет собой прозрачные удлиненные зерна до 0,1 мм.

Циркон отмечен в виде идиоморфных зерен (размером 0,01–0,07 мм). Редко встречаются кристаллы более или менее изометричной формы.

### Морфологические типы цирконов

По набору морфотипов в популяциях цирконов среди изученных гранитоидов Япономорского региона четко выделяется одна группа: мантийно-корового происхождения, кристаллизовавшиеся из высокотемпературных расплавов в гетерогенной среде при варьирующих повышенных значениях индекса агдаитности IA. I-тип гранитоидов характеризуется постмагматическими, обогащенными элементами-примесями, высокощелочными морфотипами цирконов ряда P<sub>n</sub>, сформированных при воздействии высокотемпературных щелочных растворов глубинного происхождения. Для цирконовых популяций гранитоидов I-типа характерно также разнообразие реститовых и ксеногенных морфотипов, в частности присутствие реститовых цирконов пород различных ступеней регионального

метаморфизма, что подтверждает выводы петрологов о формировании магматических расплавов при вертикальной миграции очага [7].

Для гранитоидов плато Улын установлено несколько типов пирамид циркона с процентным содержанием:  $P_1 - 60\%$ ,  $P_2 - 22\%$ ,  $S_9 - 8,75\%$ ,  $P_4 - 5,5\%$ ,  $G_1 - 3,75\%$  (рис. 6). Образование кристаллов циркона происходило в диапазоне температур  $800-600\text{ }^\circ\text{C}$  при повышенной щелочности минералообразующих расплавов  $I.A. = 700-500$ . Высокотемпературный  $P_4$  кристаллизовался с высоким содержанием летучих компонентов ( $I.T. = 600$ ), вероятно, это указывает на заглупление очага магмогенерации в процессе субдукции.  $S_9$  характеризуется как ксеногенный или реститовый.  $P_1$  является наиболее доминирующим морфотипом (60%), не исключено, что при  $T = 650\text{ }^\circ\text{C}$  условия кристаллизации были равновесны. Стадия образования морфотипа  $G_1$  при температуре  $600\text{ }^\circ\text{C}$  происходила быстро ввиду его малого содержания (3,75%). Температура кристаллизации породы по призме циркона определяется как  $800-600\text{ }^\circ\text{C}$ , что коррелирует с двуполовшпатовым геотермометром [2] с учетом кристаллизационной дифференциации ( $560-650\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Граниты возвышенности Гэбасс отличаются разнообразием форм цирконов:  $G_1 - 29\%$ ,  $P_1 - 29\%$ ,  $S_{10} - 14\%$ ,  $S_2 - 14\%$ ,  $S_1 - 14\%$  (рис. 7). Температурный режим кристаллизации составлял  $700-600\text{ }^\circ\text{C}$ , щелочность  $I.A. - 700-600$ , количество летучих компонентов  $I.T. = 400-200$ .  $G_1$  и  $P_1$ -типы незначительно преобладают над S-типами  $S_{10}$ ,  $S_2$  и  $S_1$ , что указывает на большое количество (42%) ксеногенных и реститовых цирконов в породе.

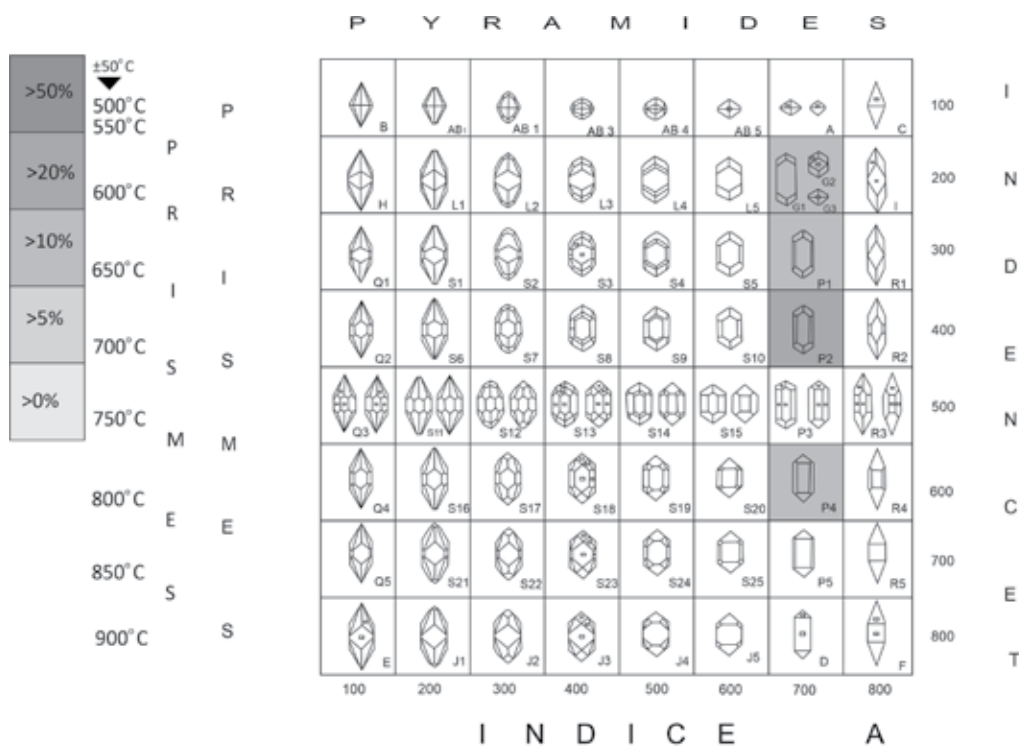


Рис. 6. Диаграмма типоморфизма циркона гранитоидов плато Улын (возвышенность Криштофовича) [7]

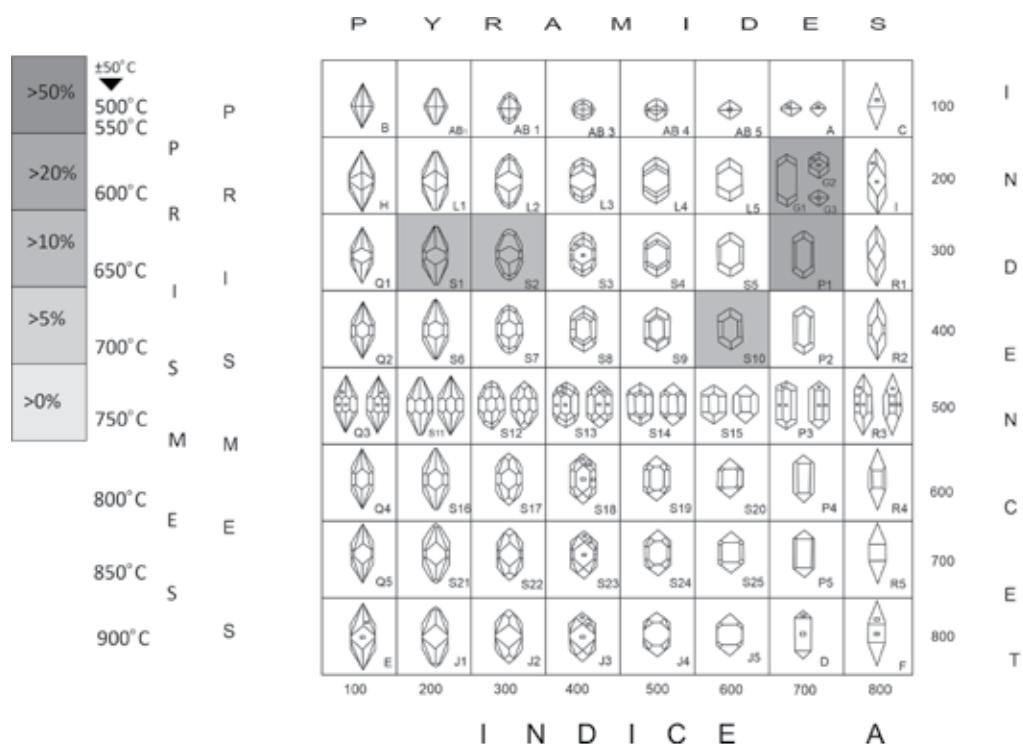


Рис. 7. Диаграмма типоморфизма циркона гранитоидов возвышенности Гэбасс [7]

## Выводы

Для всех пород плато Уллын характерно следующее:

две фазы катаклаза, первая – на стадии кристаллизации, вторая – на стадии после становления гранитных массивов;

интенсивное проявление щелочного метасоматоза (пертитизация, окварцевание);

реакционные взаимоотношения между главными породообразующими минералами;

сильная изменчивость структурно-текстурных особенностей;

присутствие высокотемпературных морфологических типов цирконов  $P_4$ ;

наличие  $P_n$  морфотипов, характерных для I-типа гранитов.

Присутствие морфотипа  $P_4$  указывает на заглупление очага магмогенерации в субдукции, вероятно, первая фаза катаклаза происходила во время взаимодействия океанической и континентальной коры, вторая фаза – уже после становления магматического тела во время деструкции Азии.

Возвышенность Гэбасс характеризуется следующим:

пластические деформации плагиоклаза на стадии кристаллизации;

интенсивное проявление натриевого метасоматоза (пертитизация);

отсутствие изменчивости структурно-текстурных особенностей;

кварц кристаллизовался ранее, чем полевые шпаты;

$P_n$  и  $S_n$  морфотипы характерны для I-типа гранитов.

Дислокация очага магмогенерации лейкократовых гранитов выражается двумя фактами: 1) пластические деформации, происходившие на стадии кристаллизации

плагиоклазов; 2) наличие обособленных скоплений кварца с пойкилитами полевых шпатов.

Возраст данных разностей пород морфоструктур определялся К-Аг методом по темноцветным минералам, что для возвышенности Гэбасс является достоверным результатом ввиду отсутствия вторичных изменений по темноцветам, но совершенно не подходит для гранитов плато с наличием хлоритизации и эпидотизации. В последующих работах авторы планируют провести U–Pb датирование цирконов, не зависящее от метасоматических процессов, Sm–Nd и электронно-зондовые анализы. Данные исследования позволят точно установить условия формирования гранитоидных морфоструктур Японского моря.

Таким образом, в результате петрографических исследований в совокупности с предшественниками можно сделать вывод о том, что образование гранитоидов плато Уллын проходило в два этапа: 1) формирование ассоциации как очага магмогенерации, 2) деструкция Азии с последующим опусканием во время формирования Японского моря.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Геологическая карта дна Японского моря / под ред. И.И. Берсенева, Л.И. Красного. Л.: Мингео СССР, 1988.
2. Леликов Е.П., Маляренко А.Н. Гранитоидный магматизм окраинных морей Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 1994. 268 с.
3. Геологическое строение западной части Японского моря и прилегающей суши / под ред. Е.П. Леликова. Владивосток: Дальнаука, 1993. 211 с.
4. Цой И.Б., Карнаух В.Н., Леликов Е.П. Наименования подводных морфоструктур Японского моря история и современные проблемы // *Океанология*. 2013. Т. 53, № 6. С. 800. DOI 10.7868/S0030157413060087.
5. Цой И.Б., Усольцева М.В. Миоценовые пресноводные диатомеи из отложений Восточного склона подводного плато Уллын (возвышенность Криштофовича) Японского моря // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2016. Т. 24, № 3. С. 62. DOI 10.7868/S0869592X16020071.
6. Леликов Е.П., Емельянова Т.А., Пугачев А.А. Вулканизм и тектоника Центральной глубоководной котловины Японского моря // *Океанология*. 2018. Т. 58, № 1. С. 129–144. DOI 10.7868/S0030157418010124.
7. Pupin J.P. Zircon and granite petrology // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1980. Vol. 73. P. 207–220.

#### REFERENCES

1. Berseneva I.I., Krasnyi L.I. (eds). *Geologicheskaya karta dna Yaponskogo morya*. L.: Mingeo SSSR; 1988.
2. Lelikov E.P., Malyarenko A.N. *Granitoidnyi magmatizm okrainnyh morei Tihogo okeana*. Vladivostok: Dal'nauka; 1994. 268 p.
3. Lelikoviy E.P. (ed.) *Geologicheskoe stroenie zapadnoi chasti Yaponskogo morya i prilgayushchei суши*. Vladivostok: Dal'nauka; 1993. 211 p.
4. Tsoy I.B., Karnaukh V.N., Lelikov E.P. *Naimenovaniya podvodnyh morfostruktur Yaponskogo morya: istoriya i sovremennyye problemy*. *Oceanologiya*. 2013;53(6):715-726. DOI 10.1134/S0001437013060076.
5. Tsoy I.B., Usoltseva M.V. *Miocenovyye presnovodnye diatomei iz otlozhenij Vostochnogo sklona podvodnogo plato Ullyn (vozvyshennost' Krishtofovicha) Yaponskogo moria*. *Stratigraphya. Geologicheskaya Correlatsiya*. 2016;24(3):276-293. DOI 10.1134/S0869593816020064.
6. Lelikov E.P., Emelyanova T.A., Pugachev A.A. *Vulcanism i tektonika Centralnoi giubokovodnoi kotloviny Yaponskogo morya*. *Oceanologiya*. 2018;58(1):116-132. DOI 10.1134/S000143701706008X.
7. Pupin J.P. Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.* 1980;73:207–220.