

УДК 552.3+550.4 (571.642)

В.М. ГРАННИК, С.В. РАССКАЗОВ,
В.В. ГОЛОЗУБОВ, И.С. ЧУВАШОВА

О происхождении позднекайнозойских изверженных пород Ламанонского горного узла (о-в Сахалин)

Охарактеризованы изверженные породы Ламанонского горного узла, изученные в процессе экспедиционных исследований. Уточнены геодинамические обстановки их формирования, установлены магмогенерирующие тектоно-магматические структуры и определены источники магматических расплавов.

Ключевые слова: магматизм, петрографический состав, петрохимические особенности, геодинамические обстановки, магматические источники.

On the origin of the Late Cenozoic igneous rocks of the Lamanon knot (Sakhalin Island). V.M. GRANNIK (Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk), S.V. RASSKAZOV (Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk), V.V. GOLOZUBOV (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok), I.S. CHUVASHOVA (Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk).

Igneous rocks of Lamanon mountain unit studied during the field research process are described. Geodynamic conditions of their formation were refined, the magma-producing tectonomagmatic structures were established and the sources of magmatic melts were determined.

Key words: magmatism, petrographic composition, petrochemical features, geodynamic environment, magma sources.

В августе 2010 г. сотрудниками трех институтов (ИМГиГ ДВО РАН, ДВГИ ДВО РАН, ИЗК СО РАН) были выполнены экспедиционные исследования позднекайнозойских изверженных пород орловской толщи и ичарского комплекса Ламанонского горного узла, включающие опробование изверженных пород с целью уточнения их геохимических особенностей, определения геодинамических обстановок формирования и источников магматических расплавов. В настоящем сообщении предпринята попытка уточнить полученные ранее данные по всем перечисленным выше вопросам [3, 8] с помощью применения предложенного петрохимического способа определения типов океанских и континентальных изверженных пород и геодинамических обстановок их образования в древних складчато-блоковых и покровно-надвиговых системах [4].

*ГРАННИК Валерий Маерович – доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск), РАССКАЗОВ Сергей Васильевич – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, ЧУВАШОВА Ирина Сергеевна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник (Институт земной коры СО РАН, Иркутск), ГОЛОЗУБОВ Владимир Васильевич – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: gvm2564@mail.ru; v.grannik@imgg.ru

Методы исследования

Известно, что магматические породы, сформированные в различных геодинамических обстановках, имеют специфический вещественный и геохимический состав. Это положение надежно обосновано в многочисленных работах отечественных и зарубежных исследователей [5 и др.]. Состав изверженных пород позволяет определять геодинамические обстановки их формирования и устанавливать тектоническую природу вмещающих геологических структур. При определении геодинамических обстановок формирования мезозойско-раннекайнозойских изверженных пород о-ва Сахалин до определенного момента автором использовалась универсальная факторная диаграмма Дж.А. Пирса (J.A. Pearce) [2, 12], предложенная для типизации континентальных и океанских пород. Как выяснилось, эта диаграмма обладает большой эмпирической ошибкой (около 30 %) при распознавании тектонической позиции базальтов. Кроме того, на этой диаграмме более 70 % фигуративных точек таких внутриплитных базальтов, как траппы, и около 22 % базальтов континентальных рифтов попадают в поле островодужной ассоциации [1]. В ИМГиГ ДВО РАН был разработан петрохимический способ определения геодинамических обстановок формирования изверженных пород и магмогенерирующих структур в древних складчато-блоковых и покровно-надвиговых системах [4], основанный на применении факторных диаграмм, предназначенных для уточнения геодинамических обстановок формирования базальтов с доказанной принадлежностью к конкретным океанским или континентальным структурам [1]. Вполне очевидно, что для того, чтобы устанавливать с помощью этих диаграмм геодинамические обстановки формирования изверженных пород в древних складчато-блоковых и покровно-надвиговых системах, необходимо предварительно произвести разграничение пород на океанские и континентальные типы. Для этих целей была использована факторная диаграмма из работы [7], на которой довольно надежно разделяются не только базальты, но и все дифференциаты серий континентальных и океанских изверженных пород. После этого на разработанных для базальтов факторных диаграммах [1] устанавливается принадлежность океанских пород соответственно к спрединговым (MORB), внутриплитным (WPB), океанским окраинно-морским или островодужным (IAB), а континентальных – к континентальным трапповым, островодужным, континентальным рифтовым образованиям. Принадлежность изверженных пород к внешним островным дугам, вулканическим поясам тыловых зон островных систем или окраинно-континентальным вулканоплутоническим поясам производится на соответствующей диаграмме из работы [7]. Для решения намеченной цели в работе использованы только силикатные анализы образцов, сумма окислов которых (с учетом небольших потерь при прокаливании) составляет 99,5–100,5 %. Для объективного сравнения химических составов изверженных пород перед вычислением факторов и нанесением результатов на диаграммы все анализы пересчитывались на сухой порошок.

Результаты и обсуждение

Изверженные породы Ламанонского горного узла представлены продуктами подводных и наземных извержений, экструзивными и интрузивными телами, пирокластическими, осадочными и вулканомиктовыми отложениями маруямской свиты (верхний миоцен–плиоцен), орловской толщи (нижний плиоцен) и ичарского комплекса (предположительно, верхний плиоцен–плейстоцен). Наиболее ранние вулканические образования в виде прослоев подушечных лав и гиалокластитов залегают среди нормально-осадочных отложений маруямской свиты. Аналогичные образования более позднего возраста участвуют в строении орловской толщи. Субаэральные лавовые потоки и туфы ичарского комплекса по сравнению с продуктами подводных излияний пользуются меньшим распространением и, как правило, тяготеют к его центральным частям. Экструзивные тела и

лакколиты этого комплекса слагают наиболее крупные вершины района, возвышающиеся на 300–700 м над поверхностью основного невысокого вулканического плато горного узла. Экструзивные тела прорывают толщу лав, излившихся в подводных и наземных условиях. В восточной части горного узла некоторые из них располагаются среди более древних неогеновых отложений. Эксплозивные (пирокластические) продукты обычно представле-

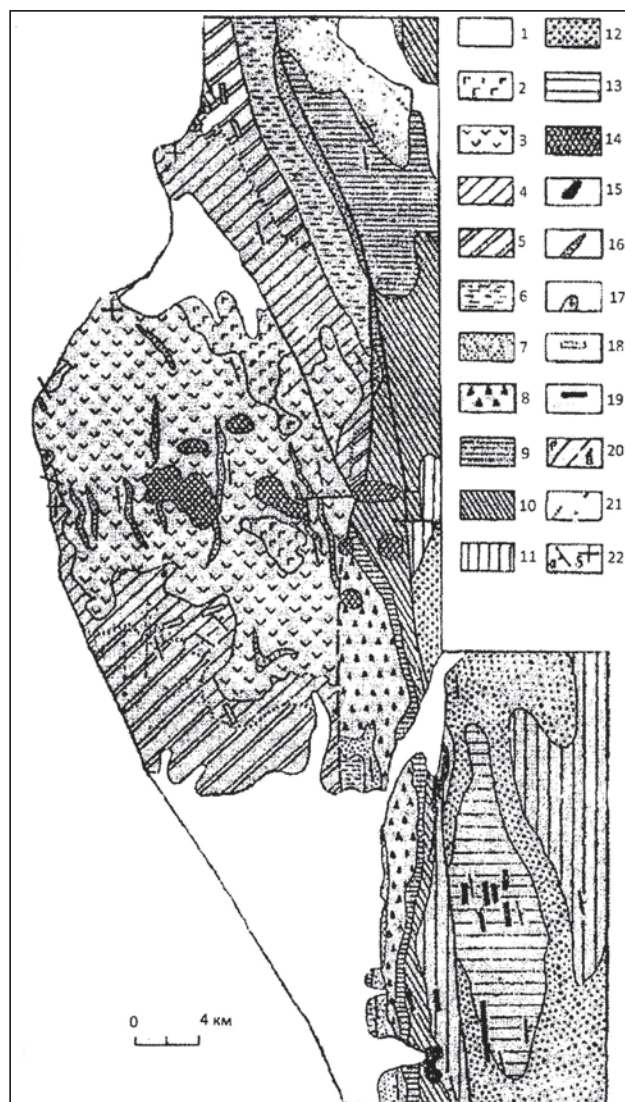


Рис 1. Схематическая геологическая карта Ламанонского горного узла [9]: 1 – четвертичные осадки; 2 – верхняя подсвита орловской свиты (андезиты); 3 – нижняя подсвита орловской свиты (базальты и их туфы); 4 – вулканогенно-осадочная фация маруямской свиты; 5 – осадочная фация маруямской свиты; 6 – курасийская свита; 7 – верхнеудейская свита; 8 – чеховская свита; 9 – холмская свита; 10 – аракайская свита; 11 – такарадайская свита; 12 – краснопольевская свита; 13 – нижнеудейская свита; 14 – кварцевые диоритовые порфириды и дациты; 15 – диориты и габбро-диориты; 16 – горизонты осадочных пород среди орловской свиты; 17 – субвулканические тела; 18 – плиоценовые дайки и силлы; 19 – миоценовые дайки и силлы; 20 – разломы: а – достоверные, б – предполагаемые; 21 – границы фаций внутри свиты; 22 – элементы залегания: а – наклонные, б – горизонтальные

ны пластами псефитовых и агломератовых туфов и туффитов мощностью от первых метров до первых десятков метров. Вулканические породы представлены конгломератами, гравелитами и песчаниками (рис. 1). Среди пород Ламанонского горного узла установлены базальты, оливиновые базальты, латибазальты, кварцевые гвайиты и андезибазальты, кварцевые андезиты и латиандезиты, плагиодациты, долериты и тоналиты. В модальном составе перечисленных пород отмечены основные, средние, реже кислые плагиоклазы, оливин, авгит, роговая обманка, вулканическое стекло, магнетит, хромит, титаномагнетит, апатит, сфен, лейкоксен, редко циркон, гранат и киноварь. Породы в целом имеют свежий облик и содержат неизмененное вулканическое стекло. Вторичные минералы в них представлены хлоритом, боулингитом, иддингситом, серпентином, опалом, халцедоном и кальцитом [3, 9]. В составе перечисленных пород установлены нормативные кварц, санидин, ортоклаз, андезин, лабрадор, нефелин, авгит, титанавгит, гиперстен, пижонит, роговая обманка, оливин, биотит, мусковит, кордиерит, шпинель, сфен, гранат, ильменит, магнетит, апатит.

На классификационной TAS-диаграмме (рис. 2а) [11] виртуальные точки составов изверженных пород Ламанонского горного узла образуют три самостоятельные совокупности, не связанные единым трендом дифференциации, что может свидетельствовать о существовании

в рассматриваемом районе трех самостоятельных породообразующих магм основного, среднего и кислого составов. На диаграмме, разделяющей серии океанских и континентальных пород, отчетливо видна принадлежность большинства изверженных пород Ламанонского горного узла к континентальному типу, но присутствуют и океанские породы (рис. 2б). На факторной диаграмме для определения геодинамических обстановок формирования рассматриваемые базальты расположились в полях океанских базальтов спрединговых зон (MORB) и внутриплитных океанских островов (WPB) (рис. 2в). На факторной диаграмме для определения геодинамических обстановок формирования континентальных базальтов изверженные породы Ламанонского горного узла расположились в полях островодужных, трапповых и континентальных рифтовых базальтов, а также в областях их перекрытия, что свидетельствует о том, что рассматриваемые породы обладают петрохимическими признаками, присущими всем трем ассоциациям континентальных базальтов. Но наибольшее количество точек составов пород приурочено к трендам платформенных областей, континентальных рифтов и островных дуг (рис. 2г). На петрохимической

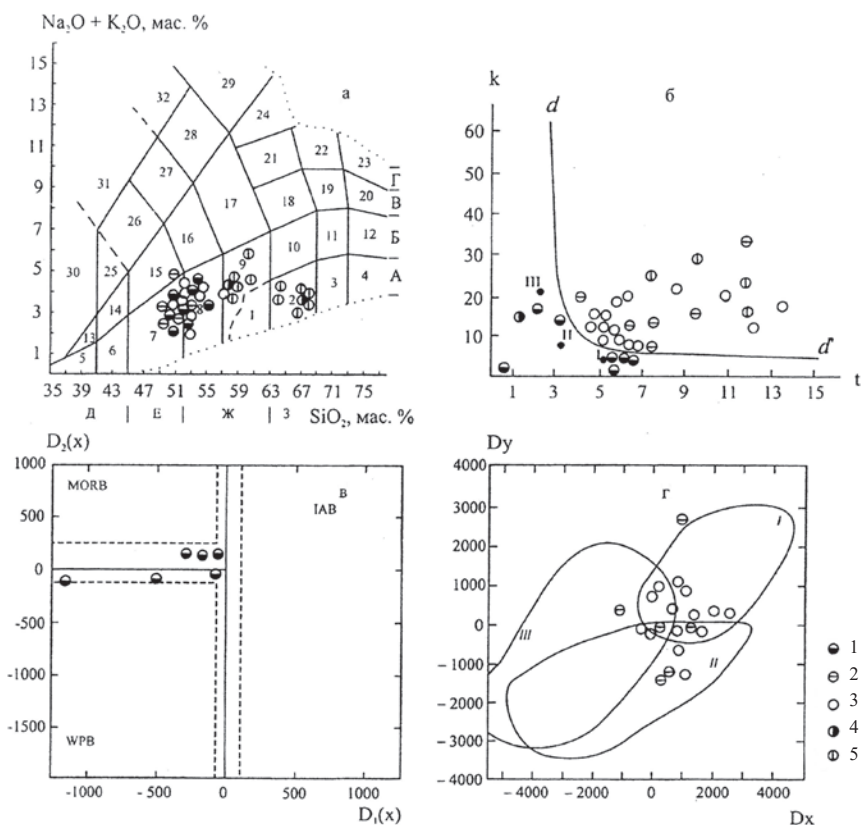


Рис. 2. TAS-диаграмма химической классификации (а) [11] и факторные диаграммы для разграничения и определения геодинамических обстановок формирования изверженных пород (б-г) [1, 7]. Условные обозначения: 1-5 – изверженные породы: 1-2 – маруямской свиты: 1 – океанские, 2 – континентальные; 3 – орловской толщи континентальные; 4-5 – ичарского комплекса: 4 – океанские, 5 – континентальные; а – TAS-диаграмма химической классификации: А-Г – серии пород: А – низкощелочные: 2 – дациты; Б – нормально-щелочные: 7 – базальты, 8 – андезитобазальты, 9 – андезиты, 10 – дациты; Г – щелочные; Д-3 – изверженные породы состава: Д – ультраосновного, Е – основного, Ж – среднего, З – кислого; б – факторная диаграмма для разграничения океанских и континентальных пород: dd' – дискриминантная линия, отделяющая составы изверженных пород океана и континента, I-III – средние составы океанских базальтов: I – толеиты срединно-океанских хребтов, II – толеиты океанских островов, III – щелочные оливиновые базальты [7]; в, г – факторные диаграммы для определения геодинамических обстановок формирования базальтов: в – океанских: MORB – спрединговые, WPB – внутриплитные, IAB – островодужные и окраинно-морские; г – континентальных: I – островодужные, II – трапповые, III – континентальные рифтовые [1]

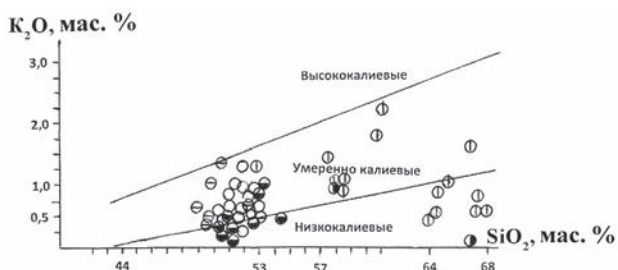


Рис. 3. Диаграмма K_2O-SiO_2 для изверженных пород Ламанонского горного узла [4]. Усл. обозн. см. на рис. 2

(рис. 4) [6] изверженные породы маруямской свиты и орловской толщи принадлежат толеитовой и в меньшем количестве – известково-щелочной сериям. Андезиты и дациты ичарского комплекса принадлежат преимущественно известково-щелочной серии. На этой диаграмме породы маруямской свиты, орловской толщи и ичарского комплекса также образуют обособленные совокупности виртуальных точек составов, что может указывать на их образование из различных магматических расплавов или на изменение единого исходного расплава под воздействием внешних факторов в процессе эволюции магматического очага. На геохимической корреляционной диаграмме K/Ti виртуальные точки составов изверженных пород маруямской свиты и орловской толщи располагаются вблизи трендов океанских, континентальных рифтовых и платформенных пород, а ичарского комплекса – вблизи тренда и в поле островодужных пород (рис. 5). На этой диаграмме отчетливо видно, как корреляционные отношения K/Ti постепенно изменяются от присущих океанским и континентальным рифтовым породам к отношениям, присущим платформенным и островодужным породам. При этом наибольшие количества виртуальных точек изверженных пород концентрируются вдоль трендов континентальных рифтов, платформенных областей и островных дуг. Установленная смена состава изверженных пород, сочетание условий растяжения в одних местах и сжатия в других характерны для геодинамической обстановки трансформного взаимодействия или скольжения литосферных плит (калифорнийский тип) [5, 10].

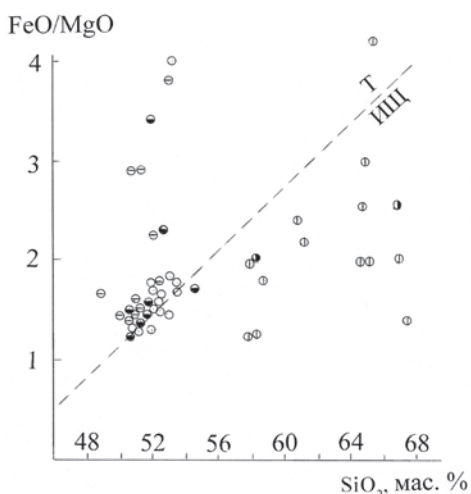


Рис. 4. Соотношение $FeO/MgO-SiO_2$ в изверженных породах Ламанонского горного узла. Разделительная линия известково-щелочной (ИЩ) и толеитовой (Т) серий показана по работе [6]. Усл. обозн. см. на рис. 2

диаграмме K_2O-SiO_2 видна принадлежность выделенных групп пород Ламанонского горного узла к умеренно калиевым и низкокалиевым образованиям. Отчетливо выраженная тенденция снижения содержания оксида калия в наиболее кислых породах весьма характерна для изверженных пород платформенных областей (рис. 3). По соотношению $FeO/MgO-SiO_2$

По геологическим, петрогеохимическим и изотопным данным, приведенным выше и в работе [8], позднекайнозойские изверженные породы Лесогорской зоны, включающей породы Ламанонского горного узла, образовались из различных по кислотности магматических расплавов, представляющих собой выплавки мантии неоднородной континентальной литосферы и астеносферы. Их образование было связано с процессами рифтогенеза и сдвиговых перемещений, сопровождавших деструкцию земной коры континентальной окраины Восточной Азии и формирование нефтегазовых осадочных бассейнов. Особенности этих магматических процессов заключались в плавлении обедненного мантийного материала с $(^{87}Sr/^{86}Sr) - 0,7040$ в среднем миоцене и более обогащенного материала с $(^{87}Sr/^{86}Sr) - 0,7044-0,7050$ на границе среднего и позднего миоцена и в начале плиоцена [2, 3, 8].

Заключение

Таким образом, с помощью разработанного петрохимического метода определения магмогенерирующих тектоно-магматических структур и геодинамических обстановок формирования океанских и континентальных изверженных пород с использованием изотопных данных по Sr, а также только качественных силикатных анализов для вычисления факторов и построения факторных диаграмм удалось уточнить сложившиеся представления о происхождении этих пород. А именно: позднекайнозойские изверженные породы Ламанонского горного узла образовались из различных по кислотности магматических расплавов, представляющих собой выплавки мантии неоднородной континентальной литосферы и астеносферы. Особенности этих магматических процессов заключались в плавлении обедненного мантийного материала с ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) – 0,7040 в среднем миоцене и более обогащенного материала с ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) – 0,7044–0,7050 на границе среднего и позднего миоцена и в начале плиоцена. Их образование было связано с процессами рифтогенеза и сдвиговых перемещений, сопровождавших деструкцию земной коры континентальной окраины Восточной Азии и формирование нефтегазовых осадочных бассейнов. Установленная смена состава пород и сочетание условий растяжения и сжатия характерны для континентальных окраин калифорнийского типа.

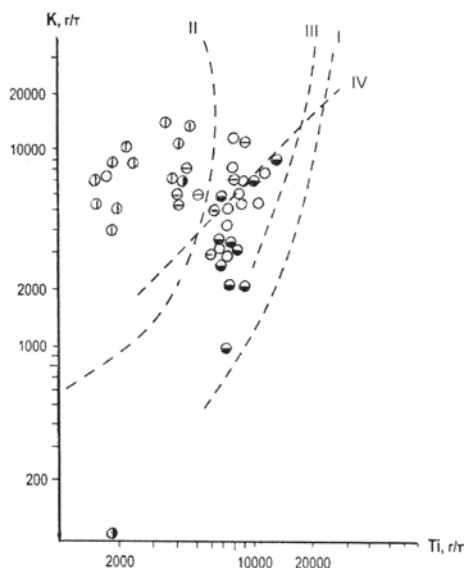


Рис. 5. Индикаторные корреляционные отношения K/Ti для изверженных пород Ламанонского горного узла [4]: I–IV – составы пород: I – океанов, II – островных дуг, III – континентальных рифтов, IV – платформенных областей. Остальные усл. обозн. см. на рис. 2

ЛИТЕРАТУРА

1. Великославинский С.Д., Глебовицкий В.А. Новая дискриминантная диаграмма для классификации островодужных и континентальных базальтов на основе петрохимических данных // Докл. АН. 2005. Т. 401, № 2. С. 213–216.
2. Гранник В.М. Геология и геодинамика южной части Охотоморского региона в мезозое и кайнозое. Владивосток: Дальнаука, 2008. 297 с.
3. Гранник В.М., Рассказов С.В., Голозубов В.В. Изверженные породы Ламанонского горного узла (о. Сахалин): препринт. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2012. 36 с.
4. Гранник В.М., Левин Б.В. Петрохимический способ определения геодинамических обстановок формирования изверженных пород (на примере Шмидтовского террейна о. Сахалин) // Докл. АН. 2011. Т. 441, № 4. С. 499–503.
5. Кузьмин М.И. Геохимия магматических пород фанерозойских подвижных поясов. Новосибирск: Наука, 1985. 185 с.
6. Миасиро А., Аки К., Шенгер А.Дж. Орогенез. М.: Мир, 1985. 288 с.
7. Пискунов Б.Н. Геолого-петрологическая специфика вулканизма островных дуг. М.: Наука, 1987. 230 с.
8. Рассказов С.В., Мельников О.А., Рыбин А.В. Пространственная смена глубинных источников кайнозойских вулканических пород западного побережья Южного Сахалина // Тихоокеанская геология. 2005. Т. 24, № 2. С. 10–32.
9. Семенов Д.Ф. Неогеновые магматические формации Южного Сахалина. Хабаровск: Хабар. кн. изд-во, 1975. 208 с.
10. Симаненко В.П., Голозубов В.В., Сахно В.Г. Геохимия вулкаников трансформных окраин (на примере Алчанского бассейна, Северо-Западное Приморье) // Геохимия. 2006. № 12. С. 1251–1265.
11. Шарпенко, Л.Н., Кухаренко Е.А., Костин А.Е. Новые положения петрографического кодекса о вулкано-генных образованиях // Вулканология и сейсмология. 2009. № 4. С. 64–80.
12. Pearce J.A. Statistical analysis of major element patterns in basalts // J. Petrology. 1976. Vol. 17, N 1. P. 220–300.