

Минералы магматических пород в донных осадках припарамуширской акватории Охотского моря и их возможные источники

Шевко А.Я.¹, Шакиров Р.Б.², Холмогоров А.О.², Шевко Е.П.¹, Гора М.П.¹

Minerals of igneous rocks in bottom sediments of the Paramushir water area of the Sea of Okhotsk and their possible sources

Shevko A.Ya., Shakirov R.B., Kholmogorov A.O., Shevko E.P., Gora M.P.

¹ Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск;

e-mail: sp@igm.nsc.ru

² Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Изучен минеральный состав донных осадков в одной из точек Охотского моря. Главным источником материала являются магматические образования андезибазальтового состава. Дискуссионным остается вопрос об источнике хризолита с включениями хромшпинелидов и пород с микропорфировыми выделениями базальтической роговой обманки.

Объекты, методы и результаты исследования

В работе использованы пробы донных отложений из керна, поднятого во время экспедиции № 92 НИС «Академик М.А. Лаврентьев» [3]. В точке отбора донных проб (LV92-27) Охотское море имеет глубину 1020 м, длина керна, поднятого при помощи гравитационной трубки, составила 3.2 м. Для исследований использован материал с интервалов: 0-0.1 м (LV92-27/0.0); 1.6-1.7 м (LV92-27/1.6); 3.1-3.2 м (LV92-27/3.2). Донные осадки более чем на 90 % состоят из алеврито-пелитового ила (фракция <0.08 мм), доля песчаной фракции (≥0.08 мм) составляет от 6 до 9 % (таблица). В каждой фракции выделялся легкий и серый шлик путем отмучивания медленно оседающих частиц. Легкий шлик сложен, главным образом, панцирями диатомовых водорослей с подчиненным количеством раковин фораминифер. Для исследований использовался серый шлик фракции ≥0.08 мм. Зерна монтировались на скотче и заливались в эпоксидные шашки. Изучение полированных препаратов производилось на оптическом микроскопе Carl Zeiss Axiolab. Химический состав минералов определен на электронном сканирующем микроскопе MIRA 3 LMU (Tescan Ltd) с системой микроанализа INCA Energy 450+ XMax 80 (Oxford Instruments Ltd.).

Таблица. Гранулометрический состав донных осадков в точке LV92-27 (%)

№ пробы	Фракция, мм			
	<0.04	≥0.04-0.056	≥0.056-0.08	≥0.08
LV92-27/0	71.4	17.1	5.3	6.2
LV92-27/1.6	70.5	14.0	6.5	9.0
LV92-27/3.2	76.4	12.5	4.3	6.8

Минеральный состав серого шлика изучен в пробах LV92-27/0.0 и LV92-27/3.2. В обеих пробах встречены как зерна минералов, так и фрагменты пород (рис. 1), доля последних может достигать до 30-40 % от всего количества зерен серого шлика. Чаще всего встречаются фрагменты магматических пород с микропорфировыми выделениями плагиоклаза, орто- и клинопироксена, редко – титаномagnetита и ильменита. В стекловатой основной массе этих пород часто наблюдается тонкая сыпь титаномagnetита и содержатся микролиты плагиоклаза и пироксенов, иногда к ним присоединяется оливин. Реже встречаются породы с микропорфировыми выделениями амфибола. Иногда основная масса пород изменена, и тогда в ней присутствуют кварц, альбит, калиевый полевой шпат, хлорит, эпидот, сфен, пирит. Во фрагментах пород, помимо указанных выше минералов, определены: апатит; сульфиды железа и меди; циркон; ванадоалланит? $(\text{Ce}, \text{Ca}, \text{Y}, \text{Nd}, \text{La})_2(\text{V}^{+3}\text{Al}, \text{Fe}^{+3})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$.

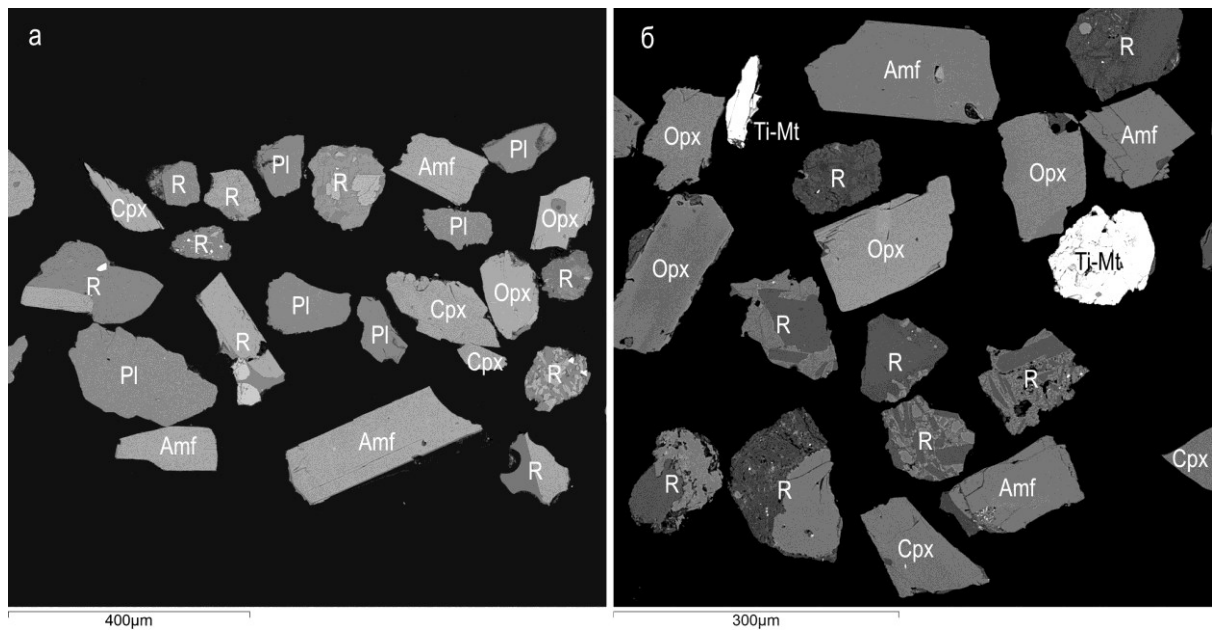


Рис. 1. Зерна серого шлиха донных осадков проб LV92-27/0.0 (а) и LV92-27/3.2 (б). Изображения в обратно-рассеянных электронах. R – фрагмент породы; Оpx – ортопироксен; Сpx – клинопироксен; Pl – плагиоклаз; Amf – амфибол; Ti-Mt – титаномagnetит.

Среди минеральных зерен преобладают пироксены, затем, по мере убывания, следуют плагиоклаз, амфибол и титаномagnetит. Изредка встречаются ильменит, кварц, эпидот. Ортопироксен представлен энстатитом, а клинопироксен – магнезиальным авгитом. В качестве постоянных примесей в них определены (мас. %): TiO_2 0.2-2.0; Al_2O_3 0.6-8.1; MnO 0.2-1.2. Плагиоклазы ряда андезин-битовнит образуют как отдельные зерна, так и микропорфировые выделения и микролиты мезостазиса. Альбит и калиевый полевой шпат встречены в основной массе метасоматически измененных пород. Отдельные зерна амфибола представлены базальтической роговой обманкой с характерным плеохроизмом в красновато-коричневых тонах и устойчивым содержанием (мас. %): CaO 10.6-11.7; FeO 12.1-14.7; MgO 13.4-14.5; TiO_2 1.1-2.5; MnO 0.3-0.7; Na_2O 1.2-2.1; K_2O 0.3-0.8; Cl 0.1-0.2 и переменными – SiO_2 42.9-48.5; Al_2O_3 5.6-10.5. Близкие характеристики имеют и микропорфировые выделения амфибола (рис. 2а) во фрагментах пород. Среди минералов группы оливина по магнезиальности отчетливо различаются гиалосидерит (Fo_{63-68}) и хризолит (Fo_{71-90}). Гиалосидерит образует мелкие кристаллиты в базисе магматических пород. Отдельные зерна хризолита обнаружены только в пробе LV92-27/3.2. Среди них по магнезиальности выделяются зерна Fo_{86-90} , с включениями хромита (рис. 2б) и зерна Fo_{71-79} , в которых хромит не обнаружен. Хромшпинель встречена только в виде минеральных включений в высокомагнезиальном хризолите Fo_{86-90} . Содержание Cr_2O_3 в минерале составляет 34.4-44.8 мас. %. В качестве примесей присутствуют (мас. %): TiO_2 0.6-0.8; MnO до 0.3; NiO до 0.3; V_2O_5 до 0.2. Ильменит представлен отдельными идиоморфными кристаллами или зернами в основной массе пород с крупными выделениями плагиоклаза и пироксена. Для ильменита характерно постоянное присутствие примеси (мас. %) MgO 1.9-2.7 и MnO 1.0-1.5. Апатит в ассоциации с базальтической роговой обманкой (рис. 2а) содержит повышенные концентрации Cl до 1.1-2.5 мас. %, в то время как концентрация F изменяется от 0.9 до 1.8 мас. %. Обратная ситуация наблюдается в составе апатита, который образует мелкие зерна в основной массе пироксен-плагиоклазовых пород или минеральные включения в зернах ортопироксена, титаномagnetита и ильменита. Здесь содержания элементов составляют (мас. %): Cl 0.6-1.6; F 1.5-2.5. Максимальная концентрация фтора (4.2 мас. %) определена в зерне фторапатита из метасоматически измененной породы.

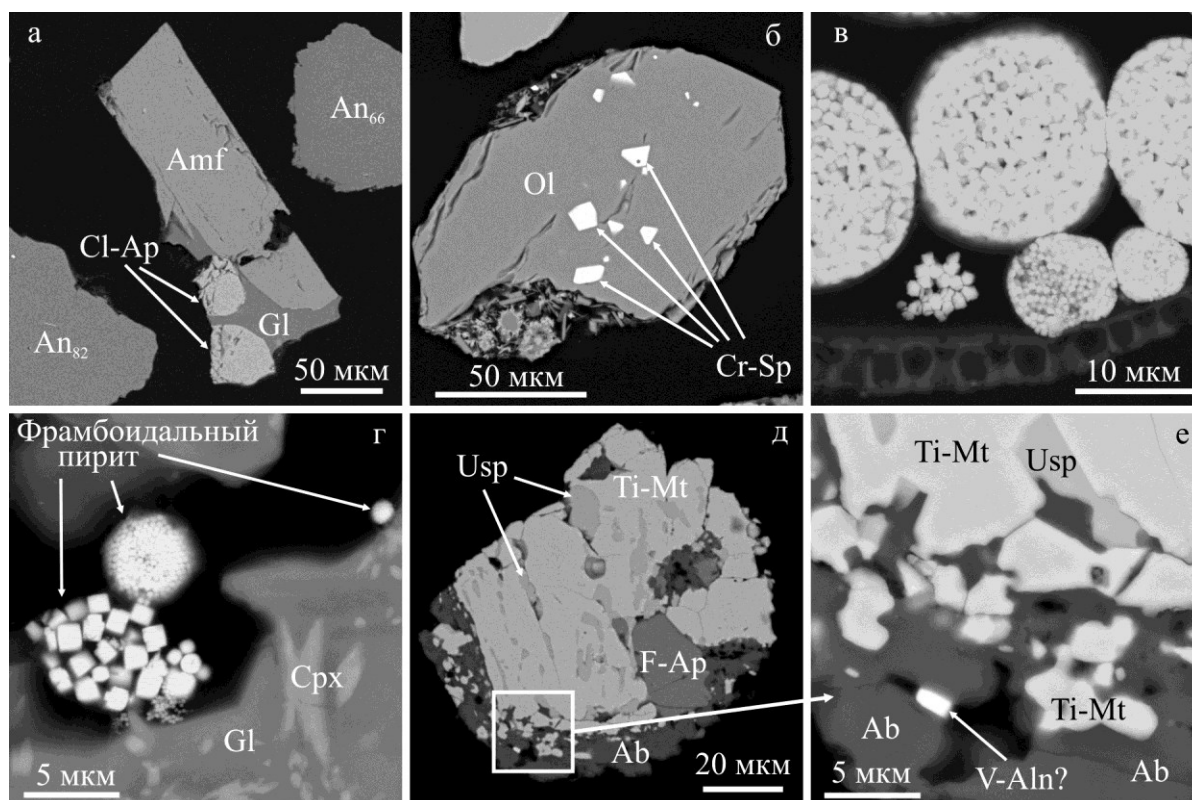


Рис. 2. Зерна серого шлиха: а – фрагмент породы с микропорфировыми выделениями амфибола и хлорапатита (Cl-Ap); б – оливин (Ol) с включениями хромшпинелида (Cr-Sp); в-г – фрамбоидальный пирит внутри панциря диатомовой водоросли (в) и в пустотках стекловатой магматической породы (г); д-е – фрагмент породы с зерном ванадоалланита (V-Aln). An₈₂ – плагиоклаз, с указанием его основности; Gl – вулканическое стекло; Usp – ульвошпинель; F-Ap – фторапатит; Ab – альбит.

Сульфиды представлены пиритом, пирротинном и халькопиритом. Пирротин образует включения в клинопироксене. Пирит и халькопирит встречаются в базисе метасоматически измененных пород. Довольно часто встречается фрамбоидальный пирит, который образует изометричные скопления сферических образований или идиоморфных кристаллов. Фрамбоиды могут располагаться внутри панцирей диатомовых водорослей (рис. 2в) или в раковинах фораминифер. Кроме того, они встречаются в пустотках магматических пород (рис. 2г).

В ассоциации с альбитом, фторапатитом и титаномagnetитом со структурами распада обнаружено мелкое зерно редкого минерала, близкого по составу к ванадоалланиту (рис. 2д, е). В его составе определено (мас. %): SiO₂ 23.9-27.8; Al₂O₃ 8.9-10.8; V₂O₃ 21.6-22.8; FeO 0.7; CaO 4.9-5.0; Na₂O 3.3-3.9; K₂O 1.4-1.5; Ce₂O₃ 14.1-16.2; La₂O₃ 3.9-4.3; Nd₂O₃ 5.2-5.5; Y₂O₃ 3.3; Ag₂O 0.6-0.8.

Обсуждение и результаты

При анализе состава серого шлиха становится очевидным, что источником зерен плагиоклаза ряда андезин-битовнит, орто- и клинопироксена, а также пород, сложенных этими минералами, являются магматические образования андезит-базальтового состава, которые широко распространены на о-ве Парамушир и в целом характерны для Курило-Камчатской питающей провинции [4].

Необычным является обнаружение в донных осадках хризолита с включениями хромшпинелида (рис. 2б) и пород с микропорфировыми выделениями базальтической роговой обманки (рис. 2а). В оливиновых базальтах вулканов Алаид и Чикурачки такой ассоциации не наблюдается. На вулкане Алаид включения шпинелидов в оливине имеют более низкие концентрации хрома [6], а на вулкане Чикурачки содержание Cr₂O₃

во включениях шпинелидов не превышает 1 мас. % [7]. На плато Аэродромное о. Парамушир нами были встречены ксенолиты оливиновых базальтов со сходной ассоциацией минералов, но маловероятно, что именно они являются искомым источником, поскольку коренные выходы андезитов, которые содержат эти ксенолиты обнажаются на Тихоокеанской стороне острова. Что касается пород с микропорфировыми выделениями базальтической роговой обманки и апатитом. Среди магматических пород о. Парамушир и ксенолитов, которые в них встречаются, известны амфиболсодержащие породы, но амфибол там имеет более высокие концентрации алюминия и натрия, и низкие – железа [5], в сравнении с амфиболом, встреченном в шлихах. Апатит здесь имеет высокое содержанием хлора, вплоть до образования хлорапатита (рис. 2а), что не характерно для известных магматических образований о. Парамушир, в которых присутствует фторапатит. Таким образом, возникает вопрос о коренных источниках таких пород и минералов. Этими источниками могут, например, являться подводные вулканы и экструзивные купола, предполагаемые по результатам геофизических исследований в данном районе [2].

С точки зрения источника поступления материала так же важна находка ванадоалланита (рис. 2е) с высокими концентрациями редкоземельных элементов и примесью серебра. Обнаружение фрамбоидального пирита как внутри панцирей диатомовых водорослей (рис. 2в) и в раковинах фораминифер, так и в пустотках магматических пород (рис. 2г), свидетельствует о жизнедеятельности микроорганизмов в глубоководных условиях и может служить материалом для выяснения условий седиментогенеза.

Проведенные исследования имеют предварительный характер. Изучены донные отложения только в одной точке. Планируется расширение района исследований в акватории Охотского моря с целью выяснения особенностей состава донных осадков, локализации источников сноса и оценки возможного потенциала минеральных ресурсов в Охотоморской тыловодужной зоне Большой Курильской гряды [1].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по гос. заданию ИГМ СО РАН (№ 122041400237-8), а также темы НИР ТОИ ДВО РАН № 124022100078-7. Инструментальные исследования выполнены в ЦКП «Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН» ИГМ СО РАН.

Список литературы

1. *Андреев С.И.* Минерально-сырьевой потенциал дальневосточных морей и перспективы его освоения // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2014. № 4. С. 5-23.
2. *Бондаренко В.И., Рашидов В.А.* Погребенная подводная вулканическая зона к западу от о. Парамушир (Курильская островная дуга) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2. Вып. 8. С. 69-85.
3. *Валитов М.Г., Ли Н.С., Шакиров Р.Б. и др.* Геолого-геофизические и океанографические исследования восточной части Охотского моря в 92-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик М.А. Лаврентьев» // Океанология. 2022. Т. 62. № 3. С. 502-504.
4. *Деркачев А.Н., Николаева Н.А., Горбаренко С.А.* Особенности поставки и распределения кластогенного материала в Охотском море в позднечетвертичное время // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23. № 1. С. 37-52
5. *Федорченко В.И., Родионова Р.И.* Ксенолиты в лавах Курильских островов (вещественный состав, происхождение, геологическое значение) / Отв. ред. Е.К. Мархинин. Новосибирск: Наука, 1975. 140 с.
6. *Фролова Т.И., Бурикова И.А., Гуцин А.В. и др.* Происхождение вулканических серий островных дуг. Москва: Недра, 1985. 275 с.
7. *Gurenko A.A., Belousov A.B., Trumbull R.B. et al.* Explosive basaltic volcanism of the Chikurachki Volcano (Kurile arc, Russia): Insights on pre-eruptive magmatic conditions and volatile budget revealed from phenocryst-hosted melt inclusions and groundmass glasses // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2005. V. 147. № 3-4. P. 203-232.