

ПЕТРОЛОГИЯ, ВУЛКАНОЛОГИЯ

УДК 551.217.2:547.16

**Абиогенные органические полимеры
в продуктах современного вулканизма****В.И. Силаев^а, Л.П. Аникин^б, Л.П. Вергасова^б, Е.А. Васильев^с,
О.В. Мартиросян^д, И.В. Смолева^а, В.М. Чубаров^б, В.А. Петровский^а**^аИнститут геологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, 54. E-mail: silaev@geo.komisc.ru^бИнститут вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 683006, Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9. E-mail: alp@kscnet.ru^сНациональный минерально-сырьевой университет «Горный», 199106, Санкт-Петербург, ВО, 21 линия, 2. E-mail: symphy12@mail.ru^дВсероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья, 119017. Москва, Старомонетный пер., 31

E-mail: olgakovaleva1977@mail.ru

(Статья поступила в редакцию 10 июля 2016 г.)

*Талантливым предшественникам
посвящается*

Впервые в продуктах современного вулканизма на Камчатке обнаружены частицы органических полимеров, вероятно, абиогенного происхождения, что дает возможность трактовать результаты проведенных исследований с позиции вулкано-атмосферно-океанической гипотезы зарождения жизни на Земле, по А.И. Опарину–Дж. Холдейну.

Ключевые слова: *вулканизм, органополимеры, спектроскопия, происхождение жизни на Земле.*

DOI: 10.17072/psu.geol.32.21

Введение

Проведенные в последние несколько лет исследования привели к выводу о формировании на Камчатке и некоторых островах Курильской гряды (как минимум на о-ве Атласова) в связи с современным вулканизмом очень своеобразного парагенезиса углеродных фаз и соединений, генезис которых трактуется нами как вулкано-атмоэлектрогенный – обусловленный

воздействием на извергающиеся вулканические углеводородсодержащие газы атмосферных электрических разрядов [4, 14–17]. В настоящее время в рамках упомянутого парагенезиса уже выявлены и исследованы алмазы, графит, битумообразные фазы, предположительно диуглерод и частицы органических полимеров, имеющие, скорее всего, абиогенное происхождение [1, 14, 15]. Следует подчеркнуть, что обнаружение в продуктах со-

временного вулканизма «предбиологических» органических соединений не является особенно сенсационным, поскольку они неоднократно предсказывались и даже химически регистрировались в эндогенных горных породах и минералах нашими замечательными предшественниками и трактовались во многих случаях как результат атмосферического воздействия на извергающиеся вулканами «пеплово-газовые тучи» [7, 8, 20–22]. Особенно показательным в этом отношении является успех химиков А. И. Збруевой, Т. В. Герасимовой и Н. Е. Подклетнова, впервые диагностировавших в свежих вулканических пеплах сначала органохимиче-

ские соединения с алифатическими и ароматическими функциональными группами [8], а затем и собственно аминокислоты [12, 13].

Наш собственный вклад в исследование эндогенного органического вещества состоит, во-первых, в обнаружении в продуктах извержения вулканов Толбачика, Ключевской Сопки, Корякского, Авачинского и Алаида разнообразных по форме и химическому составу частиц, а во-вторых, в их изучении с использованием высоко-разрешающей аналитической микроскопии, рамановской и ИК-спектроскопии.



Рис. 1. Наши предшественники в исследованиях органического (углеродистого) вещества эндогенного происхождения

Камчатские вулканы с парагенезисом углеродных фаз и соединений

К настоящему времени наиболее изученными на Камчатке являются частицы органических соединений, обнаруженные в продуктах извержения Ключевской Сопки (1988) и особенно Трещинного

Толбачинского извержения – ТТИ-50 (2012–2013). В последнем случае эрупция происходила синхронно через две трещины субмеридионального простирания, расположенные на высоте 1900 и 1700 м и имеющие протяженность по 500 м. Затем извержение локализовалось в двух центрах – в прорыве *И. А. Меньилова* (верх-

нем) и прорыве *С. И. Набоко* (нижнем). Через пять дней верхний прорыв закупорился и дальнейший процесс осуществлялся только через прорыв Набоко. В течение 250 дней было произведено около 0.55 км³ лав, шлаков, бомб, лапиллей и пеплов [24], которые по химическому составу отвечают в основном средне- и высококалийевым трахиандезибазальтам [4, 23–25].

Массивные вулканы как лавовой, так и эксплозивной (бомбы, лапилли) фаций характеризуются, прежде всего, пузыристостью – валовая пористость в них варьируется в широких пределах, достигая 80–85 %. Распределение открытых пор в вулканитах в большинстве случаев хаотическое, корреляция между размером и формой пор не обнаружена. Распределение пор по размерам логнормальное, степень его отклонения от нормального, оцененная по огивам, колеблется от 8.7 % в лавах до 5.7 % в бомбах. Степень раскристаллизации вулканических стекол, в массе которого статистически распределены большей частью очень мелкие микролиты породообразующих минералов – оливина, энстатита, эгирина, амфиболов (актинолита, роговой обманки), плагиоклазов, флогопита, титанистого магнетита. Общее содержание микролитов не превышает 20 %.

В составе вулканических ТТИ-50 установлено около 40 микроэлементов (г/т): Li – 18–22; Be – 1.5–2; Rb – 56–70; Sr – 274–330; Sc – 23–30; V – 214–330; Cr – 8–79; Co – 24–40; Ni – 11–71; Ga – 20–22; Cu – 270–275; Zn – 125–130; Y – 39–52; Zr – 226–280; Nb – 7–9; Mo – 1–2; Cd – 0–0.2; Sn – 3–4; Cs – 1–3; Ba – 504–604; Ln – 160–165; Hf – 6–7.5; Ta – 0.5–1, W – 0.5–1; Re – 0–0.1, Tl – 0–0.3, Pb – 6–10; Bi – 0–0.1, Th – 2–4; U – 1–3. Содержание свободного углерода колеблется от 0.015–0.018 (бомбы, шлаки) до 0.04 (лавы) мас. %. Изотопный состав этого углерода практически не варьируется: $\delta^{13}\text{C} = -24.4\dots-24.3\text{‰}$.

Судя по геохимическим свойствам, андезибазальты ТТИ-50 не являются производными собственно островодужного магматизма. По мнению авторитетного петролога Д. Н. Ремизова, в рассматриваемом случае генерация исходного пикритовидного расплава была обусловлена не субдуцированием океанической коры, а рифтогенезом в зоне Центрально-Камчатского «грабена», который сопровождался вулканизмом за счет более глубинного и менее истощенного, чем при обычном островодужном магматизме, мантийного очага. Возможно, именно это и послужило причиной значительного проявления на вулканах такого рода упомянутого выше многофазного углеродного парагенезиса.

Объекты исследований

К настоящему времени в пределах продуктов ТТИ-50 углеродные фазы и соединения выявлены как минимум на четырех рассредоточенных и случайно выбранных участках (рис. 2), что может свидетельствовать о практически сплошной зараженности углеродными фазами соответствующих вулканических полей. Установлено, что все эти образования

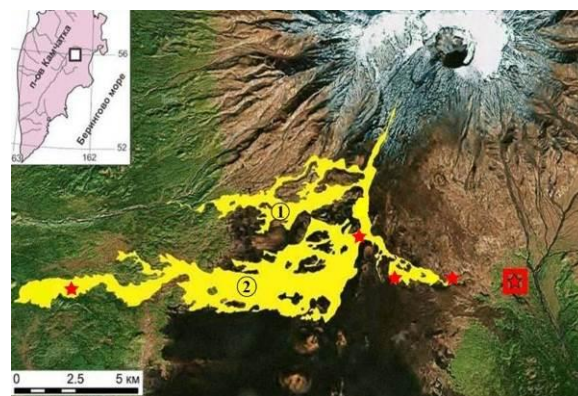


Рис. 2. Схема расположения на склоне Плоского Толбачика продуктов ТТИ-50 (жёлтое), лавовые поля: 1 – Ленинградское, 2 – Водопадное. Звездочками отмечены участки сбора материала для исследований

не входят в состав лавовых вулканических пород, но обнаруживают тесную связь с застывшими

ми каплями вулканического расплава и минералами эксплозивного происхождения – корундом, карбидами, самородными металлами, образовавшимися путем непосредственной кристаллизации из высокотемпературных вулканических газов [15]. Собственно частицы органических соединений наблюдались только на стенках полостей в шлаках, на поверхности вулканических бомб, лапиллей и частиц пеплов (рис. 3). Отбор таких частиц был начат сразу же после извержения, часто с поверхности еще не вполне остывших вулканических продуктов [1].

Выявленные в продуктах современного камчатского вулканизма органические соединения представлены разноокрашенными нитями (рис. 4), угловатыми «янтарообразными» частицами желтого и оранжевого цвета, округлыми частицами, варьирующимися по окраске от бесцвет-

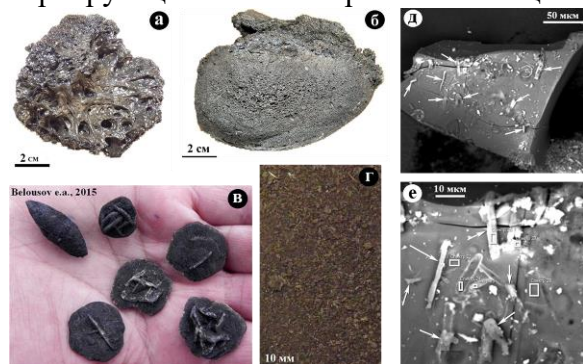


Рис. 3. Эксплозивные продукты вулканизма – вулканический шлак (а), бомба (б), лапилли (в), пепел (г), в связи с которыми обнаружены выделения частиц органических соединений (д, е – СЭМ-изображения в режиме вторичных электронов)

ных и желтовато-зеленых до буроватых и тёмно-серых (рис. 5). Некоторые из частиц были абсолютно черными, похожими на выделения «углистых» или, точнее, битумообразных веществ. Нити по длине достигали нескольких мм, но по толщине не превышали 100 мкм. Частицы варьировались по размеру от 90×140 до 350×500 мкм. Под оптическим микроскопом и в режиме сканирующей электронной микроскопии нити характеризуются массивным однородным строением. Частицы,

напротив, часто обнаруживают микроглобулярное строение. Размер глобул при этом колеблется в пределах 3–30 мкм. Наиболее крупные из них имеют признаки субогранения.

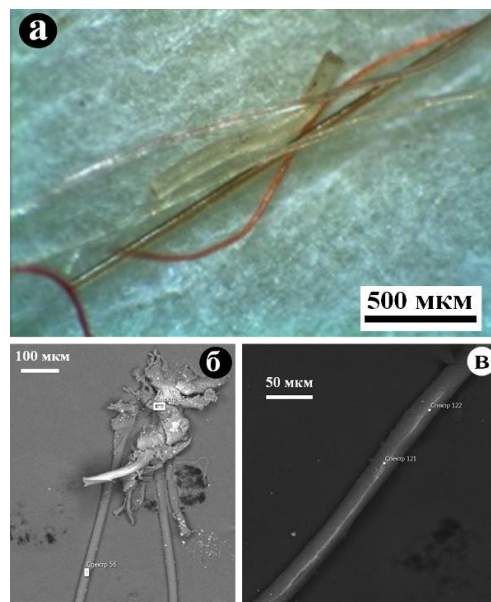


Рис. 4. Разноокрашенные органические нити: а – натуральный вид; б, в – СЭМ-изображение в режиме вторичных электронов

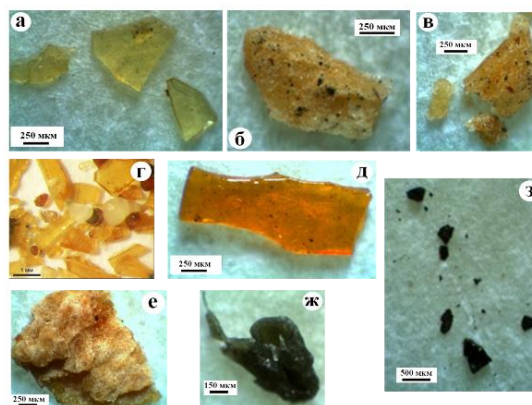


Рис. 5. Органические частицы: а – зеленые угловатые; б, в – желтые; г, д – «янтароподобные» желтовато-оранжевые и оранжевые с признаками огранения; е – желтовато-оранжевая овальной формы; ж – темно-серая; з – черные битумообразные

Методы исследований

В процессе исследований были использованы фоторентгеноструктурный

метод; аналитическая сканирующая электронная микроскопия (Teskan «VEGA 3» с ЭД-спектрометром «X-max50»); ИК-спектроскопия поглощения (Vertex-70 с микроскопом Nuregion 1000, подложка из KBr, достигнутое разрешение 2 см^{-1} , спектры усреднялись по 200 сканов каждый); рамановская спектроскопия (Renishaw InVia, лазер 514 и 785 нм); прецизионный термический анализ (Netzsch STA409 PC/PG); изотопная масс-спектрометрия (Delta V+ (Finnigan) с элементным анализатором FlashEA-NT 1112 и газовым коммутатором Conflo IV).

Фазовое состояние, состав и спектроскопия

Все исследованные частицы оказались рентгеноаморфными, но по химическому составу весьма неоднородными, контрастно подразделившись на СНО- (безазотистые) и СННО- (азотистые) соединения. При этом по атомному содержанию углерода и кислорода азотистые соедине-

ния стабильнее безазотистых соответственно в 2–2.2 и 1.5–2 раза (рис. 6).

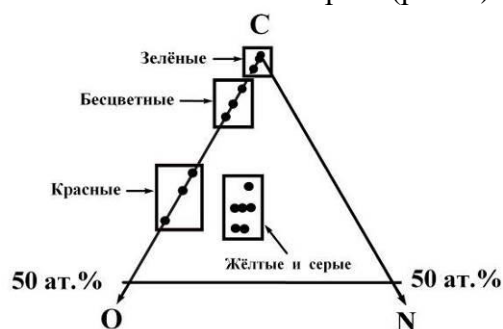


Рис. 6. Химический состав нитей и частиц органических соединений из продуктов ТТИ-50

В ИК-спектрах, полученных от исследуемых объектов, зарегистрировано 17 полос поглощения, которые отвечают практически всем основным функциональным группам – алифатическим, ароматическим, аминовым, карбонильным, фенольным (таблица). При этом наблюдается заметная вариация спектров, отражающая непостоянство химико-молекулярного состава нитей и частиц.

Основные полосы ИК-поглощения в исследуемых органических соединениях

№ п/п	Полосы ИК-поглощения, $\nu, \text{см}^{-1}$	Интерпретация	Привязка к функциональным группам	Обозначение на графиках
1	700–600	Внеплоскостные колебания химических связей C=C	Ароматические группы	АР
2	1360–700	Колебания связей в полимерных цепях $-\text{CH}_2=\text{CH}_2=\text{CH}_2-$ и $-\text{CH}_2-\text{CH}_3-\text{CH}_3-\text{CH}_2-\dots$	Алифатические группы	АЛ
3	990–980	Внеплоскостные колебания ОН в карбоновых кислотах	«	«
4	1030–1010	Колебания связей C–O	Фенольные гидроксилы или спирты	Ф
5	1123	Колебания связей C–O–C	Алифатические группы	АЛ
6	1160–1140	Колебания связей C–O или ОН	Простые эфиры или спирты	Э
7	1250	Колебания связей C–O	Карбонильные группы	К
8	1279	Колебания связей C–O	«	«
9	1440–1300	Колебания связей CH_2 и CH_3	Алифатические группы	АЛ
10	1550–1570	Колебания связей NH	Группа аминов – амид II	АМ
11	1590–1600	Колебания связей C=C	Ароматические группы	АР
12	1630–1640	Колебание связей CO–ОН	Группа аминов – амид I	АМ
13	1654	Колебание связей C=O	Карбонильные группы	К
14	1800–1700	Колебания связей C=O	«	«
15	2300–2100	Колебание связей C=C=C, NH=C=O или тройных связей C≡C, C≡N, C≡N	Алленовые группы	АЛЛ
16	2950–2800	Колебания связей CH_2 и CH_3	Алифатические группы	АЛ
17	3500–3000	Колебания связей NH и ОН	Группы аминов – амиды I и II	АМ

Примечание. Интерпретация полос осуществлялась с использованием справочников [2, 19, 26].

Нити, Толбачик. Исследовались нити красного, светло- и темно-серого цвета. Их ИК-спектры (рис. 7) образованы полосами поглощения на алифатических (1123 см^{-1} , C–O–C; $2856, 2873, 2927, 2960\text{ см}^{-1}$, CH_2 и CH_3); ароматических (1598 см^{-1} , C=C); аминовых (1636 см^{-1} , CO–OH; $3350\text{--}3400\text{ см}^{-1}$, NH; $3200\text{--}3600\text{ см}^{-1}$, OH); карбонильных ($1654, 1279\text{ см}^{-1}$, C=O) группах. По этому свойству нити можно сопоставить с разными типами органических полимеров, как с полисахаридами (безазотистыми), так и с полипептидами (азотистыми). Некоторые полипептидные нити по характеру ИК-поглощения обнаруживают принципиальное сходство с кератиновым фибриллярным белком человеческих волос, но при этом отличаются гораздо менее дифференцированным ИК-спектром.

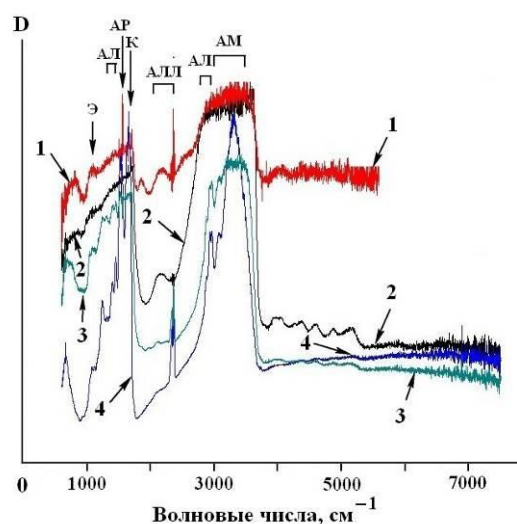


Рис. 7. Спектры ИК-поглощения в разноокрашенных нитевидных формах органических соединений (1–3) и человеческом волосе (4). Окраска нитей: 1 – красная, 2 – темно-серая, 3 – светло-серая

Частицы цветные, Толбачик. В спектрах ИК-поглощения, полученных от зеленых частиц (рис. 8, а, б), имеется широкая полоса в области $3200\text{--}3600\text{ см}^{-1}$ (колебания связей NH и OH в аминах), а также полосы поглощения на алифатических ($2850\text{--}2950, 1460\text{--}1350\text{ см}^{-1}$), карбонильных ($1250, 1700\text{--}1733\text{ см}^{-1}$) и ароматических группах ($670\text{--}600, 1600\text{ см}^{-1}$),

молекулах эфиров (1160 см^{-1}), группах фенольных гидроксидов или (и) спиртов ($1010\text{--}1030\text{ см}^{-1}$). Спектр, полученный от частицы 4, несколько напоминает спектры природных смол – янтарей. Однако в нем в области $1250\text{--}1160\text{ см}^{-1}$ отсутствует так называемый балтийский зубец и не проявляется характерная для ископаемых смол полоса при 888 см^{-1} , отвечающая внеплоскостным деформационным колебаниям связей в экзоциклических группах C=CH₂. Кроме того, в ИК-спектре, полученном от частицы 4, присутствует слабая полоса при 1600 см^{-1} (колебания связей C=C в ароматических группах), отсутствующая в ИК-спектрах вязких ископаемых смол. Частицы желтого и оранжевого цвета характеризуются заметно меньшей прозрачностью в области $3700\text{--}3000\text{ см}^{-1}$ (рис. 8, а, в), но в остальном близки к вышеописанным зеленым частицам. При этом наибольшее сходство обнаруживает оранжевая частица 1. В целом можно констатировать, что исследованные частицы по своим ИК-спектроскопическим свойствам в большинстве своем соответствуют полисахаридам.

Частицы цветные, Ключевская Сопка. Были исследованы частицы неправильной формы размером $100\text{--}200\text{ мкм}$, варьирующиеся по окраске от светло-желтых до зеленоватых и бурых. В спирте эти частицы оказались нерастворимыми, при раздавливании рассыпались на отдельные фрагменты. В спектрах ИК-поглощения, полученных для большинства частиц с Ключевского вулкана (рис. 9, а), были зарегистрированы полосы в области $3600\text{--}3200, 1636\text{ см}^{-1}$ (амины, OH); при $2850\text{--}2950, 1426, 1376, 1163, 900\text{ см}^{-1}$ (алифатические группы); $1733, 1247\text{ см}^{-1}$ (карбонильные группы); 1598 см^{-1} (ароматические группы). Весь комплекс выявленных полос позволяет трактовать частицы как смесь полисахаридов или смесь полисахаридов и полипептидов (ИК-поглощение на группах аминов). Одна частица оказалась термически менее устойчивой (плавилась при $25\text{--}35^\circ\text{C}$). В спектре ее ИК-поглощения преобладают

полосы алифатических групп и групп бонильных групп (рис. 9, б). Это дает основание отнести частицу к полипептидам.

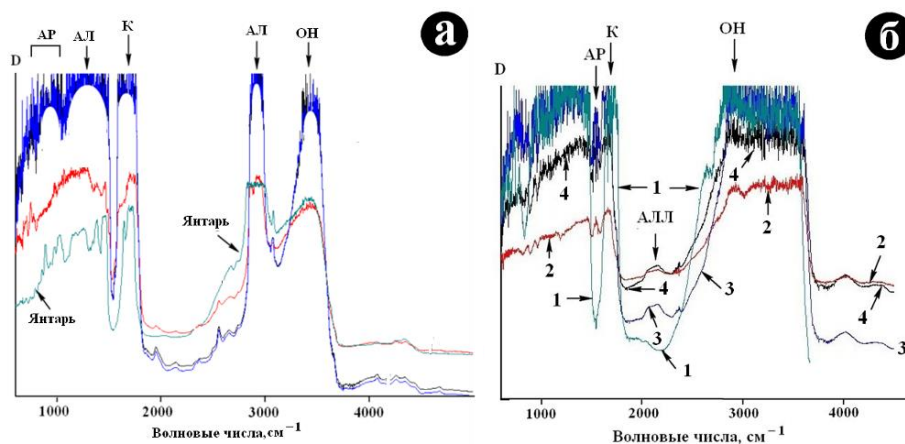


Рис. 8. Спектры ИК-поглощения в частицах органических соединений – зеленых (а), оранжевой с признаками ограничения (б, 1), желтовато-оранжевой овальной формы (б, 2), желтых (б, 3 и 4)

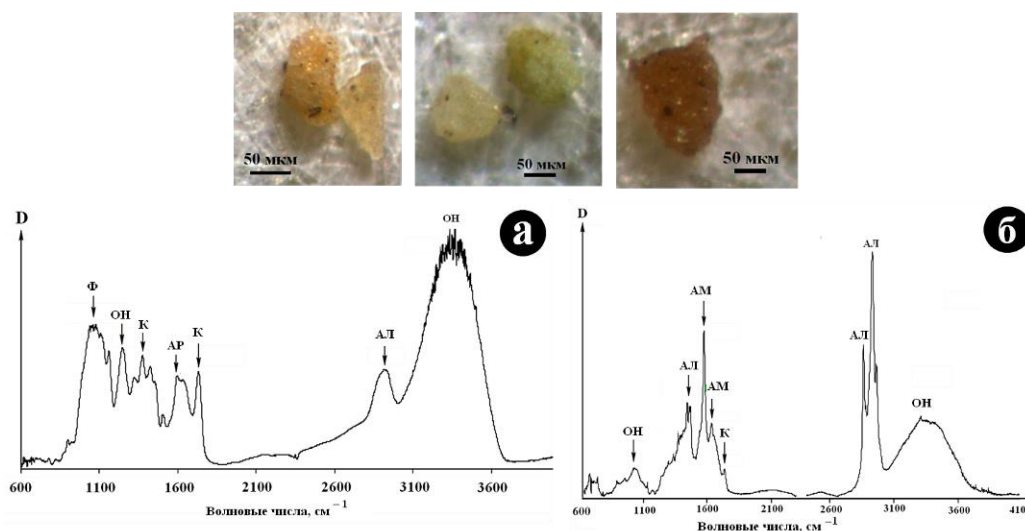


Рис. 9. Спектры ИК-поглощения в частицах органических полимеров типа полисахаридов (а) и полипептидов (б)

Для одной из исследуемых частиц, характеризующейся ИК-спектром полисахаридов, был осуществлен термический анализ (рис. 10, а). На полученной кривой нагревания проявились четыре хорошо дифференцированных экзотермических эффекта с экстремумами при 270, 460, 500, 520°C. Кривая потери веса оказалась невыразительной из-за весьма незначительной массы образца (30 мкг). Этот результат по числу пиков окисления и пропорциям их интенсивностей похож на картину термического окисления целлюлозы – полисахарида биологического про-

исхождения (рис. 10, б). Наблюдающееся несовпадение экстремумов по температуре объясняется особенностями нашего эксперимента – мы проводили анализ в дефицитной по кислороду среде. Таким образом, результат термического анализа вполне подтверждает вывод об органополимерной природе исследованных нами частиц.

Частицы темно-серые и черные, Толбачик. Оптически полупрозрачны. В ИК-спектрах поглощения преобладают полосы, обусловленные алифатическими группами (рис. 11, кривая 1).

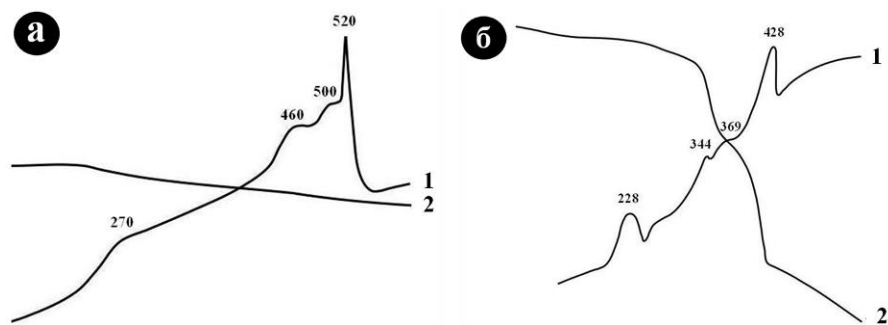


Рис. 10. Результаты термического анализа исследуемой частицы (а) и типичного образца целлюлозы (б)

Интенсивная полоса, расположенная в области $1460\text{--}1475\text{ см}^{-1}$, отражает суперпозицию так называемых ножничных колебаний связей CH_2 и асимметричных деформационных колебаний связей CH_3 . Интенсивная полоса при 1380 см^{-1} соответствует симметричным деформационным колебаниям связей CH_3 . Кроме того, в ИК-спектре темно-серой частицы имеется слабая уширенная полоса с максимумом при 1650 см^{-1} , которая свидетельствует о наличии концевой двойной связи. Подтверждением присутствия таких связей выступают полосы при 890 и 830 см^{-1} . Слабую полосу при 1710 см^{-1} можно объяснить ИК-поглощением на карбонильных группах. Серию полос в области $1360\text{--}700\text{ см}^{-1}$ мы приписываем колебаниям химических связей в цепях $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ и $-\text{CH}_2-\text{CH}_3$. Таким образом, вся картина ИК-поглощения характеризует темно-серые частицы как СНО-полимеры, т. е. полисахариды.

Черные частицы в большей части ИК-диапазона (области $600\text{--}1700$ и $2500\text{--}3600\text{ см}^{-1}$) непрозрачны. В их спектрах регистрируется лишь незначительное поглощение на алифатических группах и группах аминов (рис. 11, кривые 2–4). Это дает основание отнести такие частицы к битумообразным, что подтверждается и результатами КР-спектроскопии. Соответствующий спектр (рис. 12) состоит из двух достаточно интенсивных рамановских линий D (A_{1g} -мода колебаний атомов углерода) и G (E_{2g} -мода колебаний), отвечающих некристаллическим, сильно кар-

бонизированным полимеризованным углеродным веществам [18].

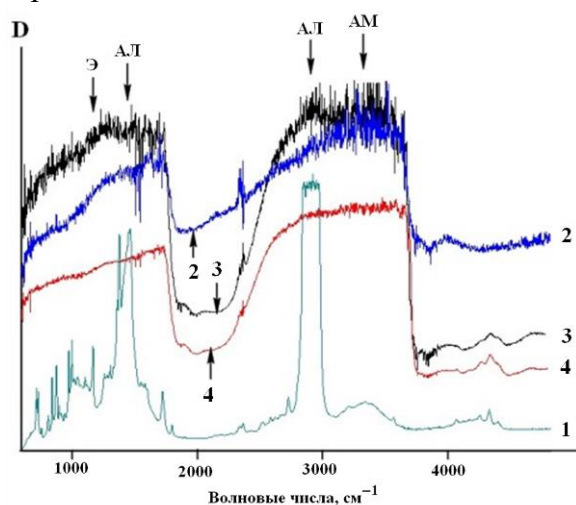


Рис. 11. Спектры ИК-поглощения в темно-серой (1) и черных (2–4) частицах

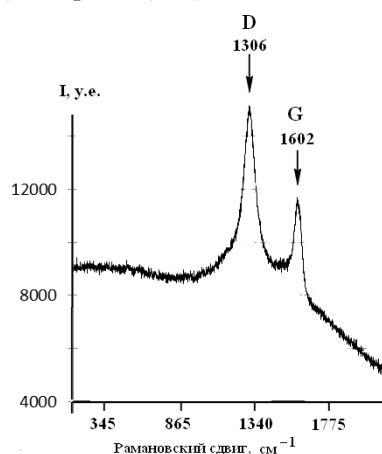


Рис. 12. КР-спектр, полученный от черных оптически непрозрачных углеродных частиц

Изотопный состав углерода

По изотопному составу углерода выявленные в продуктах камчатского вулканизма органические полимеры практиче-

ски тождественны углероду, рассеянному в вулканитах, слагающему толбачинские алмазы и диуглеродные шарики, присутствующему в качестве примеси в частицах самородно-металлических фаз (рис. 13). Общий диапазон варьирования $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ во всех исследованных нами углеродных фазах и соединениях – от -32 до -22 ‰. Это довольно близко к соответствующим данным для углеводородов в ювенильных вулканических газах. Собственно органическим полимерам в приведенном выше

диапазоне отвечает более узкий – от -27 до -25 ‰ (рис. 8).

Полученный результат мы расцениваем как веское доказательство, во-первых, единства источника углерода во всех фазах и соединениях исследованного нами углеродного вулкано-атмоэлектрогенного парагенезиса, во-вторых, глубинного происхождения этого источника, а в-третьих, абиогенного происхождения выявленных в камчатских вулканитах органических полимеров.

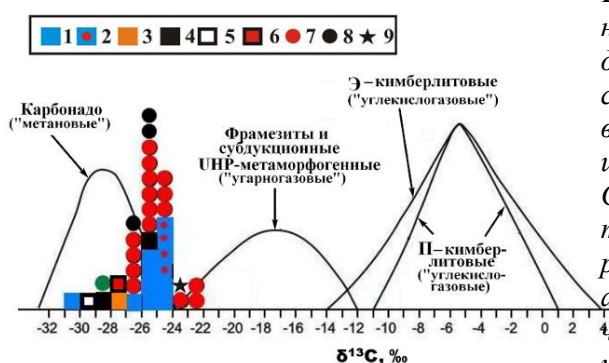


Рис. 13. Изотопный состав углерода в углеродных фазах и органических соединениях из продуктов Толбачинского (2012–2013) и Ключевского (1988) извержений: 1 – толбачинские вулканиды; 2 – толбачинские алмазосодержащие вулканиды; 3 – вулканиды Ключевской Сопки; 4 – битумообразные частицы; 5 – битумообразные частицы с включениями самородного алюминия; 6 – частицы самородного алюминия с включениями алмазов; 7 – толбачинские алмазы; 8 – органические полимеры; 9 – шарик предположительно диуглерода

Абиогенные органополимеры и гипотеза зарождения жизни на Земле

Можно выдвинуть три версии происхождения органополимеров: 1) реликты растительной или (и) животной клеточной ткани, сохранившиеся в вулканитах; 2) продукты поствулканической бактериальной деятельности на вулканическом субстрате; 3) результат абиогенного синтеза, осуществившегося в ходе вулканического извержения вследствие, прежде всего, атмосферных электрических разрядов. Обнаружение органических полимеров в связи с едва остывшими продуктами вулканизма, приуроченность полимеров к эксплозивным фациям вулканидов – бомбам, лапиллям и пеплам, локализация микро-размерных частиц органических соединений на поверхности вулканидов, их парагенезис с алмазами и частицами самородных металлов, наиболее очевидными результатами непосредственной кристаллизации из горячих вулканических газов [14, 15] – все это позволяет отдать предпочте-

ние идее абиогенного происхождения исследуемых органополимерных частиц.

Возможность абиотического образования аминокислот и органических полимеров доказана прямыми экспериментами. При этом в качестве факторов химического синтеза использовались электрические разряды (С. Миллер и Г. Юри, 1953), ультрафиолетовые лучи (А.Г. Пасынский и Т.Е. Павловская, 1956), облучение и умеренное нагревание (Х. Оро, 1960; С. Фокс, 1969). Поводом ко всем экспериментам послужила вулкано-атмосферно-океаническая гипотеза зарождения жизни на Земле, выдвинутая и обоснованная А.И. Опариным и Дж. Холдейном [10, 11]: первоначальным условием для образования предбиологических органополимеров выступил земной вулканизм, фактором синтеза послужили атмосферные электрические разряды, а местом формирования обособленных протобионтов (коацерватов) стала океаническая вода (рис. 14).

В рамках такой гипотезы выявленные нами органические полимеры вполне вписываются в схему биопоэза [3].

В свете полученных данных теряют свою убедительность некоторые уже привычные постулаты современной бактериальной палеонтологии. Не исключено, что обнаруживаемые в архейских и протерозойских вулканических горных породах «следы криптозойской биосферы» [5, 6, 9]

в действительности являются лишь найдёвнейшими аналогами камчатских абиогенных органических полимеров, возможно в той или иной мере уже претерпевшими биологическую эволюцию. Вставая на такую точку зрения, мы неизбежно придем к выводу о том, что абиологические предпосылки для возникновения жизни на Земле воспроизводятся практически с каждым вулканическим извержением.



Рис. 14. Одна из схем, объясняющих возникновение жизни на Земле в соответствии с вулканато-атмосферно-океанической гипотезой А.И. Опарина–Дж. Холдейна. Красным цветом выделены ранние продукты стадии предбиологической эволюции, которой отвечают исследованные нами частицы органосоединений

За сотрудничество и ценные советы авторы благодарят к. х. н. А.В. Сергееву, к. х. н. А.В. Наумова, к. г.-м. н. А.Ф. Хазова, к. г.-м. н. М.Е. Раменскую, д. г.-м. н. Г.А. Карпова.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом Минобрнауки России в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности № 5.2115.2014/К на 2014–2016 гг., а также грантом Президента РФ «Для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации» НШ-9723.2016.5

Библиографический список

1. Аникин Л. П., Чубаров В. М., Еремина Т. С., Сидоров Е. Г., Сокоренко А. В., Ананьев В. В., Вергасова Л. П., Дунин-Барковский Р.

Л., Корташёва Е. В., Назарова М. А. Акцессорные минералы и новая находка алмазов в базальтах вулкана Плоский Толбачик, Камчатка // Вулканизм и связанные с ним процессы: матер. ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: Изд-во ИВиС ДВО РАН, 2015. С. 214–222.

2. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М.: ИЛ, 1963. 592 с.
3. Бернал Дж. Возникновение жизни. М.: Мир, 1969. 391 с.
4. Карпов Г. А., Силаев В. И., Аникин Л. П., Ракин В. И., Васильев Е. А., Филатов С. К., Петровский В. А., Флеров Г. Б. Алмазы и сопутствующие минералы в продуктах Трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. // Вулканология и сейсмология. 2014. № 6. С. 3–20.

5. Келлер Б. М. Загадки верхнего докембрия // Природа. 1979. № 1. С. 66–75.
6. Крылов И. Н. Древнейшие следы жизни // Природа. 1985. № 9. С. 68–76.
7. Мархинин Е. К. Вулканы и жизнь. М.: Мысль, 1980. 180 с.
8. Мархинин Е. К. Предбиологические соединения в пепле вулкана // Природа. 1974. № 8. С. 71–78.
9. Медведев П. В., Светов С. А., Светова А. И. Реликты термофильной хемолитотрофной микробиоты в кремнистых породах архейского возраста (Центральная Карелия) // Труды Карельского НЦ РАН. 2014. № 1. С. 135–147.
10. Опарин А. И. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. М.: Наука, 1968. 178 с.
11. Опарин А. И. Проблема происхождения жизни // Природа. 1979. № 1. С. 8–17.
12. Подклетнов Н. Е. Вулканическое органическое вещество // Вулканология и сейсмология. 1982. № 3. С. 43–57.
13. Подклетнов Н. Е. Вулканическое органическое вещество. М.: Наука, 1985. 127 с.
14. Силаев В. И., Васильев Е. А., Карнов Г. А., Аникин Л. П., Петровский В. А., Вергасова Л. П. Углеродный парагенезис в эруптивных пеплово-газовых продуктах извержения камчатских вулканов // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшkinские чтения-2016). Сыктывкар: Геопринт, 2016. С. 67–68.
15. Силаев В. И., Вергасова Л. П., Васильев Е. А., Карнов Г. А., Сухарев А. Е., Филатов С. К. Микропарагенезис алмаза и самородного алюминия в продуктах современного вулканизма // Вулканология и сейсмология. 2016. № 1. С. 71–77.
16. Силаев В. И., Карнов Г. А., Ракин В. И., Аникин Л. П., Васильев Е. А., Филиппов В. Н., Петровский В. А. Алмазы в продуктах Трещинного Толбачинского извержения 2012–2013, Камчатка // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 1. С. 6–27.
17. Силаев В. И., Карнов Г. А., Петровский В. А., Аникин Л. П., Сухарев А. Е. Толбачинский углеродно-алмазный феномен. Проблема некимберлитовой алмазоносности // Высокие технологии в промышленности России: сб. трудов XX Международной научно-творческой конференции. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. С. 87–102.
18. Силаев В. И., Лютоев В. П., Петровский В. А., Хазов А. Ф. Опыт исследований природных углеродистых веществ и некоторых их синтетических аналогов методом рамановской спектроскопии // Минералогический журнал. 2013. Т. 35, № 3. С. 33–47.
19. Сильверстейн Р., Басслер Г., Морилл Т. Спектроскопическая идентификация органических соединений. М.: Мир, 1977. С. 590.
20. Флоровская В. Н., Зезин Р. Б., Овчинникова Л. И., Пиковский Ю. И., Теплицкая Т. А. Диагностика органических веществ в горных породах и минералах магматического и гидротермального происхождения. М.: Наука, 1968. 252 с.
21. Флоровская В. Н., Пиковский Ю. И., Раменская М. Е. Предбиологическая эволюция углеродистых веществ на ранней Земле: геологический аспект. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. 224 с.
22. Флоровская В. Н., Раменская М. Е. Углеродистое вещество в эндогенных минералах // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1979. Вып. 5. С. 195–211.
23. Хубуня С. А., Еремина Т. С., Соболев А. В. Формационная принадлежность калиевых трахиандезибазальтов побочного извержения 2012–2013 гг. вулкана Плоский Толбачик по геохимическим признакам // Вулканология и сейсмология. 2016. № 1. С. 1–19.
24. Belousov A., Belousova M., Edvards B., Volynets A., Melnikov D. Overview of the precursors and dynamics of the 2012–2013 basaltic fissure eruption of Tolbachik Volcano, Kamchatka, Russia // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2015. Vol. 307. С. 22–37.
25. Churikova T. G., Gordeychik B. N., Edvards B. R., Ponomareva V. V., Zelenin E. A. The Tolbachik volcanic massif: A review of the petrology, volcanology and eruption history prior to the 2012–2013 eruption // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2015. Vol. 307. С. 3–21.
26. Pretsch E., Bühlmann P., Badertscher M. Structure Determination of Organic Compounds. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, 2009. 433 p.

Abiogenic Organic Polymers in Products of Modern Volcanism

V.I. Silaev^a, L.P. Anikin^b, L.P. Vergasova^b, E.A. Vasiliev^c, O.V. Martirosyan^d, I.V. Smoleva^a, V.M. Chubarov^b, V.A. Petrovsky^a

^aInstitut Geology Komi SC, Russian Academy of Sciences, 54 Pervomayskaya Str., Syktyvkar 167982, Russia. E-mail: silaev@geo.komisc.ru

^bInstitut of Volcanology and Seismology, Russian Academy of Sciences, 9 Piip Boulevard, Petropavlovsk Kamchatsky 683006, Russia. E-mail: alp@kscnet.ru

^cNational Mineral Resources University «Mining», 2 Line 21, St. Petersburg 199106, Russia. E-mail: symphy12@mail.ru

^dInstitute of Mineral Resources, 31 Staromonetny Lane, Moscow 119017, Russia. E-mail: Olgakovaleva1977@mail.ru

*To the talented predecessors
is dedicated*

For the first time, the particles of organic polymers have been found in the products of modern volcanism in Kamchatka. They are probably of abiotic origin, which makes it possible to interpret the results of studies from the perspective of volcanic-atmospheric-oceanic hypothesis about the origin of life on the Earth by A. I. Oparin–J. Haldane.

Keywords: *volcanism, organopolimery, spectroscopy, the origin of life.*

References

1. Anikin L.P., Chubarov V.M., Eremina T.S., Sidorov E.G., Sokorenko A.V., Ananyev V.V., Vergasova L.P., Dunin-Barkovsky R.L., Kortasheva E.V., Nazarova M.A. 2015. Aktsessornye mineraly i novaya nakhodkaalmazov v bazaltakh vulkana Plosky Tolbachik, Kamchatka [Accessory minerals and new finding of diamonds in basalts of Ploskiy Tolbachik volcano]. In *Vulkanizm i svyazannye s nim protsessy: Materialy egegodnoy konferentsii, posvyashchennoy Dnyu vulkanologa*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Izd. IViS DVO RAN, pp. 214–222. (in Russian)
2. Bellami L.J. 1958. The infrared spectra of complex molecules. Wiley, New York.
3. Bernal J.D. 1967. Origin of life. World Publishing Company, Cleveland, p. 364.
4. Karpov G.A., Silaev V.I., Anikin L.P., Vasiliev E.A., Vilatov S.K., Petrovsky V.A., Flerov F.B. 2014. Almazы i sopushtvuyushchie mineraly v produktakh Treshchinnogo Tolbachinskogo izverzheniya 2012–2013 gg [Diamonds and associated minerals in products of Tolbachik Fissure Eruption]. *Vulkanologiya i seismologiya*. 6: 3–20. (in Russian)
5. Keller B.M. 1979. Zagadki verkhnego dokembriya [Secrets of Upper Precambrian]. *Priroda*, 1: 66–75. (in Russian)
6. Krylov I.N. 1985. Drevneyshie sledy zhizni [The earliest tracks of life]. *Priroda*, 9: 68–76. (in Russian)
7. Markhinin E.K. 1980. Vulkanы i zhizn [Volcanoes and life]. Moskva, Mysl, p. 180. (in Russian)
8. Markhinin E.K. 1974. Predbiologicheskie soedineniya v peple vulkana [Prebiologic compounds in the volcanic ash]. *Priroda*, 8: 71–78. (in Russian)
9. Medvedev P.V., Svetov S.A., Svetova A.I. 2014. Relikty termofilnoy khemolitotrofnoy mikrobioti v kremnistykh porodakh arkheyskogo vozrasta (Tsentralnaya Kareliya) [Relics of thermophile chemolytomorphic microbiota in the Archean siliceous rock]. *Trudy Karelskogo NC RAN*, 1: 135–147. (in Russian)
10. Oparin A.I. 1968. Zhizn, eyo priroda, proiskhozhdenie i razvitie [Life, its nature, origin, and development]. Moskva, Nauka, p. 178. (in Russian)
11. Oparin A.I. 1979. Problema proiskhozhdeniya zhizni [A problem of life origin]. *Priroda*, 1: 8–17. (in Russian)
12. Podkletnov N.E. 1982. Vulkanicheskoe organicheskoe veshchestvo [Volcanic organic

- matter]. *Vulkanologiya i seismologiya*, 3: 43–57. (in Russian)
13. *Podkletnov N.E.* 1985. Vulkanicheskoe organicheskoe veshchestvo [Volcanic organic matter]. Moskva, Nauka, p. 127. (in Russian)
 14. *Silaev V.I., Vasiliev E.A., Karpov G.A., Anikin L.P., Petrovsky V.A., Vergasova L.P.* 2016. Uglerodnyy paragenesis v eruptivnykh peplovo-gasovykh produktakh izverzheniya kamchatskikh vulkanov [Carbon paragenesis in the eruption ash-gas products of the Kamchatka volcanoes]. In *Sovremennyye problemy teoreticheskoy, eksperimentalnoy i prikladnoy mineralogii* (Yushkinskie chteniya-2016). Syktyvkar, Geoprint, pp. 67–68. (in Russian)
 15. *Silaev V.I., Vergasova L.P., Vasiliev E.A., Filippov V.N., Karpov G.A., Sukharev A.E., Filatov S.K.* 2016. Mikroparagenesis almaza i samorodnogo alyuminiya v produktakh sovremennogo vulkanizma [Microparagenesis of diamond and native aluminium in products of the modern volcanism]. *Vulkanologiya i seismologiya*, 1: 71–77. (in Russian)
 16. *Silaev V.I., Karpov G.A., Rakin V.I., Anikin V.I., Vasiliev E.A., Filippov V.N., Petrovsky V.A.* 2015. Almazy v produktakh Treshchinogo Tolbachinskogo izverzheniya 2012–2013, Kamchatka [Diamonds in products of the fissure Tolbachik eruption 2012–2013, Kamchatka]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, 1(26): 6–27. (in Russian)
 17. *Silaev V.I., Karpov G.A., Petrovsky V.A., Anikin V.I., Suharev A.E.* 2015. Tolbachinskyy uglerodno-almaznyy fenomen. Problema nek Kimberlitovoy almazonosnosti [Tolbachik carbon-diamond phenomenon. Problem of non-kimberlitic diamondiferousness]. In *Vysokie tekhnologii v promishlennosti Rossii. Sbornik trudov XX Mezhdunarodnoy nauchno-tvorcheskoy konferentsii*. Moskva, Izd-vo MGU im. N. E. Baubana, pp. 87–102. (in Russian)
 18. *Silaev V.I., Lyutoev V.P., Petrovsky V.A., Hazov A.F.* 2013. Opyt issledovaniy prirodnykh uglerodistykh veshchestv i nekotorykh ikh sinteticheskikh analogov metodom ramanovskoy spektroskopii [Experience of study of natural carbonaceous substances and some their synthetic analogs by means of Raman spectroscopy]. *Mineralogicheskyy zhurnal*, 35(3): 33–47. (in Russian)
 19. *Silverstein R.M., Bassler G.C., Morill T.C.* 1974. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. Wiley, New York.
 20. *Florovskaya V.N., Zezin R.B., Ovchinnikova L.I., Pikovskiy Yu.I., Teplizkaya T.A.* 1968. Diagnostika organicheskikh veshchestv v gornikh porodakh i mineralakh magmaticheskogo i gidrotermalnogo proiskhozhdeniya [Diagnostics of the organic compounds in the rock and minerals of magmatic and hydrothermal origin]. Moskva, Nauka, p. 252. (in Russian)
 21. *Florovskaya V.N., Pikovsky Yu.I., Ramenskaya M.E.* 2012. Predbiologicheskaya evolyutsiya uglerodistykh veshchestv na ranney Zemle. Geologicheskyy aspekt [Prebiological evolution of carbon compounds on the earlier Earth]. Moskva, Knizhnyy dom «LIBROKOM», p. 224. (in Russian)
 22. *Florovskaya V.N., Ramenskaya M.E.* 1979. Uglerodistoe veshchestvo v endogennykh mineralakh [Carbon compounds in endogenic minerals]. *Bull. MOIP. Otd. geol.*, 5: 195–211. (in Russian)
 23. *Khubunaya S.A., Eremina T.S., Soboleva A.V.* 2016. Formatsionnaya prinalozhnost kaliyevykh traxiandezibazaltov pobochnogo izverzheniya 2012–2013 gg. Vulkana Ploskiy Tolbachik po geokhemicheskim priznakam [Formation affiliation of potassium trachian-desite basalts of collateral eruption of Ploskiy Tolbachik Volcano in 2012–2013 by geochemical features]. *Vulkanologiya i seismologiya*, 1: 1–19. (in Russian)
 24. *Belousov A., Belousova M., Edvards B., Volynets A., Melnikov D.* 2015. Overview of the precursors and dynamics of the 2012–2013 basaltic fissure eruption of Tolbachik Volcano, Kamchatka, Russia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 307: 22–37.
 25. *Churikova T.G., Gordeychik B.N., Edvards B.R., Ponomareva V.V., Zelenin E.A.* 2015. The Tolbachik volcanic massif: A review of the petrology, volcanology an eruption history prior to the 2012–2013 eruption. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 307: 3–21.
 26. *Pretsch E., Bühlmann P., Badertscher M.* 2009. *Structure Determination of Organic Compounds*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, p. 433.