

**СОСТАВ, БИОТА НАЧАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ И ИХ
ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИИ
(НА ПРИМЕРЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ И ВЬЕТНАМА)**

В.М. Новиков**, *Э.Л. Школьник, *Е.А. Жегалло******

**Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва*

***Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток*

****Палеонтологический институт РАН, г. Москва*

Впервые детально изучены современными методами, включая электронную микроскопию, начальные продукты выветривания (гипергенные корки толщиной до 1 см преимущественно на базальтоидах) в пределах меридиональной области: от г. Николаевска-на-Амуре (Хабаровский край) и до юга Приморья, а также Южного Вьетнама. Установлены минеральный и химический составы этих новообразований, впервые выявлено участие в их сложении минерализованных микроорганизмов. На базе сравнения с масштабными корками выветривания рассматриваемой территории определяется индикаторная роль начальных корок для выделения климатической зональности. В качестве минералов-индикаторов различных зон рассматривается ряд монтмориллонит–каолинит (галлузит)–гиббсит. Показателем степени гипергенного изменения материнской породы является поведение калия.

Ключевые слова: начальные корки выветривания, минералы-индикаторы, миграционные ряды элементов, биоморфозы, Дальний Восток России, Вьетнам.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что коры выветривания (КВ) обязаны своим происхождением гипергенным процессам. В числе основных факторов, определяющих их формирование, большинство исследователей называют климат, структурно-тектонические и геоморфологические условия локализации, стратиграфический и петрографический контроль. Общепризнана роль климата: именно он определяет минералого-генетический тип КВ, что, в свою очередь, позволяет рассматривать их в качестве временных и пространственных реперов определенных климатических и фациальных обстановок [11, 19]. Меньше сведений содержится в литературе о роли биоса в формировании КВ. В этой связи большой научный интерес представляет изучение продуктов самых начальных этапов гипергенного разрушения твердых коренных пород (субстрата) в разных климатических зонах в качестве индикаторов среды, представленных залегающими обычно на дневной поверхности тонкими корками выветривания на коренных породах. К ним

мы относим относительно крепкие, до 1 см толщиной глинистые оторочки на фрагментах твердых коренных пород. При дальнейшем выветривании эти корочки обычно дезинтегрируются и, в конечном счете, переходят в обычную почву.

Кратко рассмотрим имеющиеся данные по затронутой проблеме. В холодных условиях Антарктики на гранитах и долеритах формируются пленки и корки выветривания, сложенные минералами оксидов железа и марганца, а также железистым монтмориллонитом [6, 24]. В условиях тундровой зоны Северо-Востока России глинистые минералы четвертичных продуктов выветривания базальтов и липаритов представлены монтмориллонитом и гидрослюдой (вермикулитом) [12]. Для более низких широт картина иная. В Израиле минеральный состав корок выветривания на кайнозойских базальтах различается для территорий с различными климатическими условиями. Аридным областям свойственны смектитовые, а гумидным – железисто-каолиновые продукты выветривания [29–31]. В субтропическом климате

Южной Кореи на вулканических пеплах развивается наряду с глинистыми минералами гиббсит [28]. Корки выветривания на базальтах юго-восточной Австралии, характеризующейся теплым сухим климатом, имеют зональное строение. Внутренние их зоны сложены смектитом, внешние – галлуазитом и гетитом [27]. С. Колман и К. Пиркт [25, 26], рассматривая корки выветривания на обломках андезитов и базальтов из ледниковых отложений западных штатов США в качестве индикаторов их четвертичного возраста, пришли к выводу, что толщина гипергенных оторочек определялась, в частности, различием климатических обстановок по площади опробования и, в значительно меньшей степени, воздействием растительности. Авторы указывают, что основной минеральной фазой изученных образований являются аллофан и иддингсит. Глинистые минералы скудны и практически не диагностируются. Следует отметить, что, хотя авторы не указывают на участие в гипергенном процессе органического вещества, на приводимых ими электронно-микроскопических фотографиях корок отчетливо просматриваются микробиальные биоморфозы.

Изложенные данные свидетельствуют, что продукты гипергенного минералообразования, возникающие на границе неизменной порода – внешняя среда, являются хорошими геологическим индикаторами климатической обстановки региона развития. Различные минералогическо-генетические типы КВ характеризуют климатические условия прошлых геологических эпох [13, 15, 17]. Индикаторами современных климатических обстановок и являются тонкие корочки выветривания. Однако исследования таких гипергенных новообразований находятся лишь на стадии первичного накопления фактического материала. В России подобные работы нам вообще не известны. До настоящего времени не выяснена роль в их формировании организмов.

Целью настоящей работы является попытка наметить связь между минералогическо-геохимическими особенностями начальных корок выветривания и климатическими характеристиками регионов их развития, а также определить возможное участие в их сложении органических остатков на примере материала по восточной окраине Азиатского континента (Дальний Восток России и Вьетнам, включающие отчетливо различающиеся климатические пояса). Интерес к поискам органических остатков в самых начальных продуктах выветривания был обусловлен результатами выполненного авторами с коллегами изучения бокситов мира (работа нахо-

дится в печати), в результате которого было установлено широкое развитие в них различных биоморфоз.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом изучения послужили современные корочки выветривания на базальтах из различных районов Дальнего Востока (Хабаровский, Приморский края) и Вьетнама. Для сравнения отчасти привлекались аналогичные образования на габбро, андезитах и гранитах.

В Дальневосточном регионе базальты с корками выветривания отбирались из делювиальных свалов, подстилаемых, как правило, КВ этих пород. Места отбора следующие: район г. Николаевска-на-Амуре – обр.76130, пос. Горный – обр.86021, пос. Малышево – обр.86003, п. Сарапульское – обр. 96020, пос. Свиягино – обр.86103, р. Партизанская – обр.90040.

Во Вьетнаме исследованные образцы отобраны из элювиальных и делювиальных свалов преимущественно вдоль автомагистрали Хошимин–Балок–Далат: корки по базальтам – обр.82110, 82037, по габбро – обр.82068, по гранитам – обр.82054, по андезитам – обр.82123.

В комплекс исследований входили: оптико-минералогический, химический, термический, дифрактометрический, ИК спектрографический анализы, а также просмотр препаратов под электронным микроскопом JEM-100С, оснащенный сканирующим блоком Asid-4 и микрозондовой приставкой Kevex. Указанные работы осуществлялись в лабораториях ИГЕМ РАН С.А. Горбачевой, Е.П. Фроловой, О.Р. Рафальской, О.Ю. Кузнецовой, Т.А. Зиборовоной, А.И. Горшковым, Н.Д. Самоиным, Л.О. Магазиной, А.В. Сивцовым. Поведение породообразующих минералов в корках выветривания изучалось с помощью изобъемного метода. Для выявления остатков микроорганизмов использован сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) Cam-Skan-4 в ПИН РАН (инженеры Л.Т. Протасевич и А.В.Кравцев). Исследовались сколы корочек без травления с напылением золотом. Для получения энерго-дисперсионных спектров (ЭДС) полуколичественного значения использовался совмещенный с СЭМ микрозонд. Полученные результаты сравнивались с имеющимися данными по составу КВ рассматриваемых регионов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изученные корки, как правило, сложены глинистым и глинисто-охристым веществом. Толщина оторочек составляет от первых мм до сантиметра,

редко несколько более. Они имеют четкие границы и развиты по всей поверхности фрагмента неизменной породы. Конфигурация контакта чаще неровная, волнистая до пилообразной. Нередко по контакту развивается реакционная железистая каемка. Объемный вес корок обычно составляет около $1.4\text{--}1.7\text{ г/см}^3$, пористость достигает $40\text{--}65\%$. В них обычно сохраняются текстурно-структурные особенности материнской породы. Изучение показало, что гипергенные корки на одних и тех же породах (базальтах) по составу не одинаковы в различных районах с отличающимися климатическими условиями.

Из самой северной части района г. Николаевска-на-Амуре и пос. Горного (обр. 76130 и 86021) корки сложены бурым глинисто-охристым материалом. На дериватограммах наблюдаются эндо- и экзоэффекты, свойственные гидроксидам железа и глинистым минералам. Рентгеновское изучение устанавливает картину, присущую плохо раскристаллизованному веществу – “размытую” форму линий и их ограниченный набор. По значению межплоскостных расстояний уверенно диагностируются гетит, монтмориллонит (нонtronит) и вермикулит. На дифрактограммах для обр. 860021 базальное отражение монтмориллонита 14 \AA с насыщением глицерином увеличивается до 17.7 \AA , а при прокаливании при температуре около 600°C сокращается до 10 \AA . Для обр. 76130 методом ИК спектроскопии установлено присутствие ферригидрита, ферроксигита (полосы поглощения – $3400, 1650, 450\text{ см}^{-1}$) и аморфного кремнезема ($900\text{--}110\text{ см}^{-1}$). Методом микродифракции электронов фиксируются отражения, характерные для ферригидрита ($d = 2.50; 2.21; 1.96$), ферроксигита ($d = 2.54; 2.22; 1.69; 1.47$), гетита ($d = 4.98; 4.18; 2.69; 2.45; 2.19; 1.72$). Присутствующий вермикулит слагает пластинчатые с загнутыми краями частицы (параметры элементарной ячейки $a_0 = 5.53$ и $b_0 = 9.18$) [18].

В химическом составе оторочек выветривания обращает на себя внимание (табл. 1) высокие (для продуктов выветривания) содержания щелочей и щелочных земель, что, по-видимому, объясняется их вхождением в межслоевые пространства глинистого минерала. Расчеты по изообъемному методу показали удаление из породы при образовании корок Ca (до 95%), Na (65–75%), Si, Al (60–70% каждого). Менее значителен вынос Mg (55%) и K (15–40%). Железо инертно, либо накапливается. Ti, как правило, остается в корках, но может частично мигрировать (до 50%). В итоге ряд подвижности породообразующих элементов выглядит следующим образом: Ca-Na-Si-

Al-Mg-Ti-K-Fe (обр. 76130) и Ca-Mg-Na-Si-Al-K-Fe-Ti (обр. 86021).

В СЭМ изучен порошкообразный материал из корки обр. 76130 (фототабл. 1, фиг. 1). Микрофотографии его приведены на фиг. 2, а ЭДС – на фиг. 3. Из анализа их создается впечатление, что наряду с нитчатыми и кокковидными биоморфозами в корке присутствует и кристаллическая фаза, возможно, отчасти представленная и реликтами субстрата. На ЭДС наряду с весьма высокими содержаниями Fe и Si, отчасти Al, в небольших количествах содержатся K, Ca и Ti, свойственные минералам исходного базальта.

Установление биоморфоз в существенно гидрослюдисто-охристом составе корки привело к необходимости исследовать образец аналогичных неизмененных базальтов, на которых развиты поселения лишайников (фототабл. 1, фиг. 4). После изучения в СЭМ выяснилось, что часть биоты на поверхности породы практически уже минерализована (не сторае в электронном пучке). На фототаблице 1 (фиг. 5–6) и фототаблице 2 (фиг. 1) приведены примеры различного характера биоморфоз интенсивно минерализованных, а на фототаблице 2 (фиг. 2 и 3) – не полностью. Эти данные свидетельствуют, что при формировании начальных продуктов выветривания на кристаллических породах интенсивно протекают процессы минерализации развитых на них биологических поселений, видимо, растворами, участвующими в образовании корок.

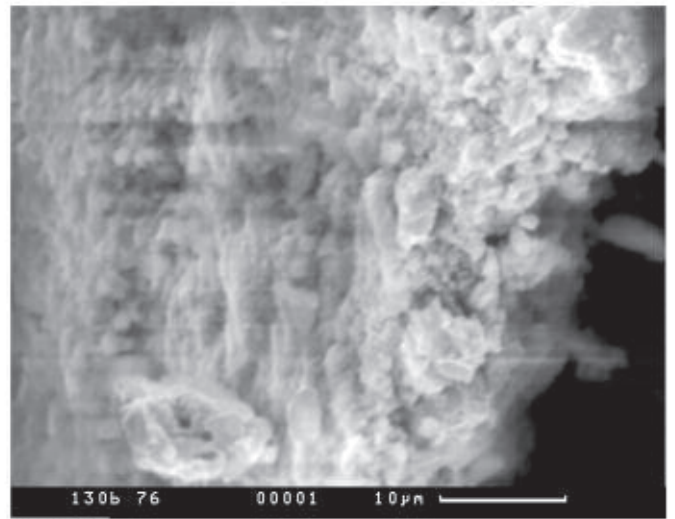
Неогеновые КВ на базальтах этого района однозональные, существенно гетит-монтмориллонитового состава. Миграционный ряд породообразующих элементов для них в районе г. Николаевска-на-Амуре характеризуется относительной инертностью K: Na-Ca-Al-Mg-Si-Fe-Ti-K. Для района п. Горный отношение $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 = 0.38$. Содержания SiO_2 в природных водах 24 мг/л , $\text{pH} = 6.0$, $E_h = +570\text{ мВ}$ [16].

Изучения корок выветривания базальтов из центральной части рассматриваемого региона – района п. Малышево (обр. 86003) и п. Сарапульское (обр. 86020) – позволило установить их существенно гетит-галлузитовый состав. Гетит на дифрактограммах характеризуется свойственными ему отражениями ($d = 4.18; 2.46; 2.68$). Галлузит отчетливо диагностируется в суспензиях под электронным микроскопом в виде скоплений хорошо выраженных трубчатых индивидов. В виде примеси отмечается монтмориллонит. Химический состав корок и исходных базальтов приведен в таблице. Поведение породообразующих элементов в

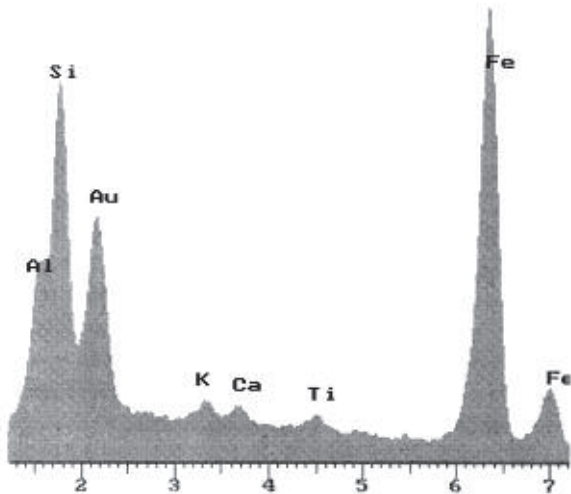
Фототаблица 1.



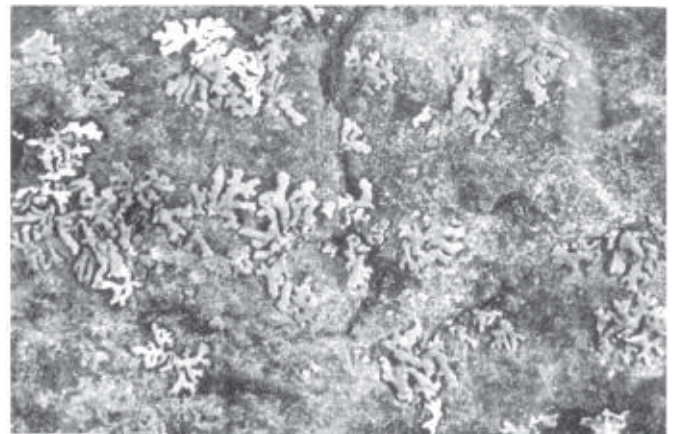
Фиг. 1



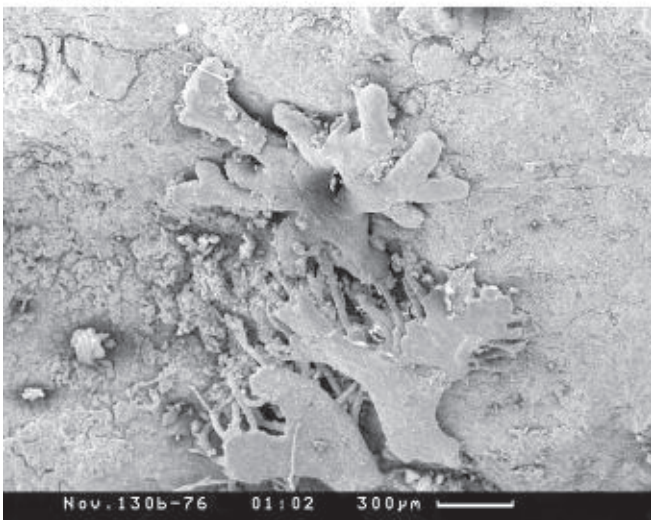
Фиг. 2



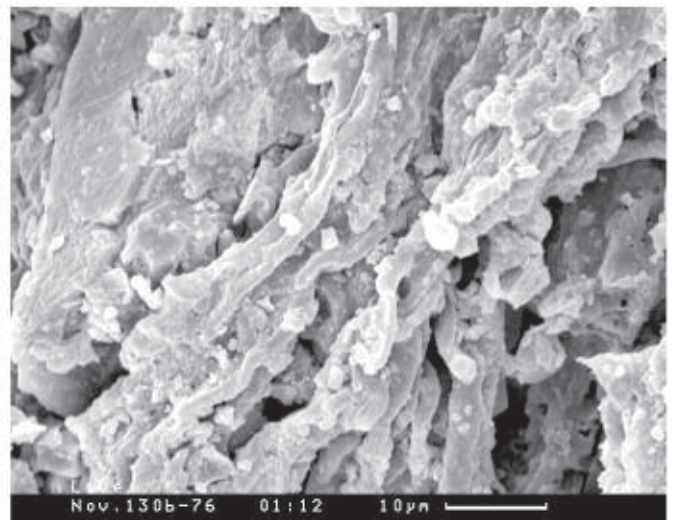
Фиг. 3



Фиг. 4



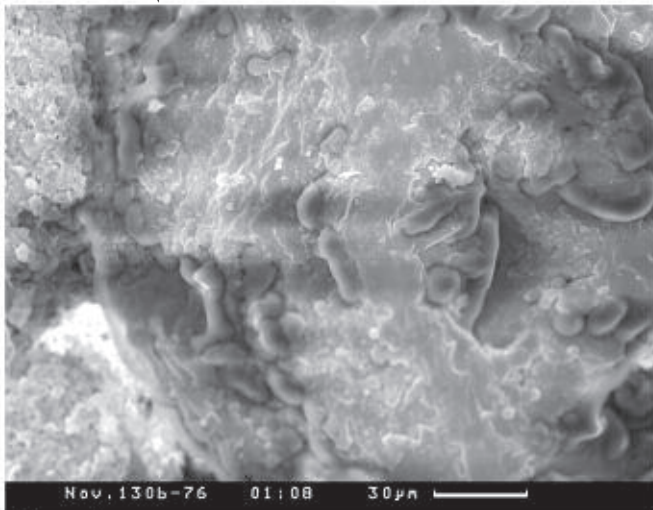
Фиг. 5



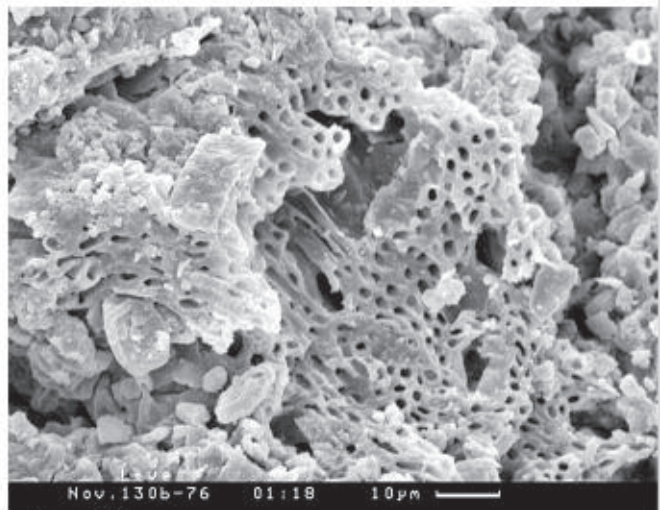
Фиг. 6

Фиг.1 . Пришлифовка обр.76130, натур. велич. Отчетливо выделяется более светлая тонкая корка выветривания. Фиг. 2. СЭМ, порошок корки обр.76130. Видны кокковидные и нитчатые биоморфозы. Фиг. 3. ЭДС порошка корки. Фиг. 4. Поверхность корки базальта обр.76130 с поселениями лишайников, нат. вел. Фиг. 5. СЭМ, та же поверхность. Хорошо видны заметно минерализованные лишайники. Фиг. 6. Более детально изображенный участок поверхности той же корки.

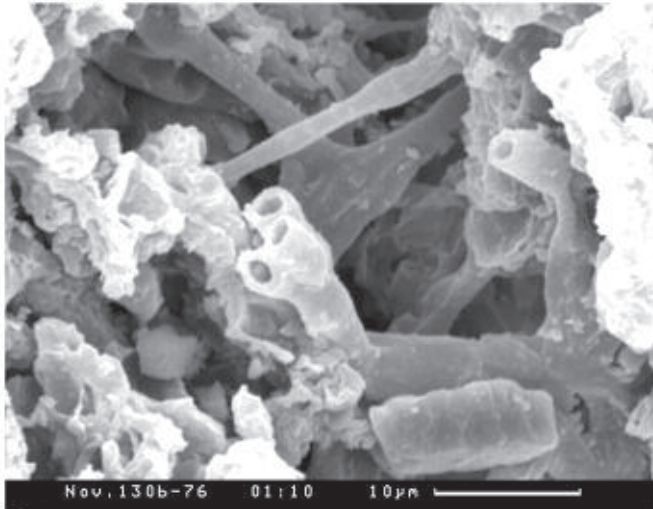
Фототаблица 2.



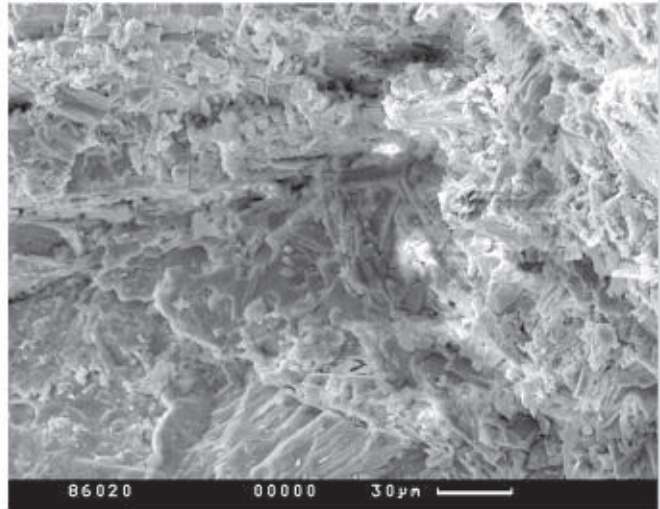
Фиг. 1



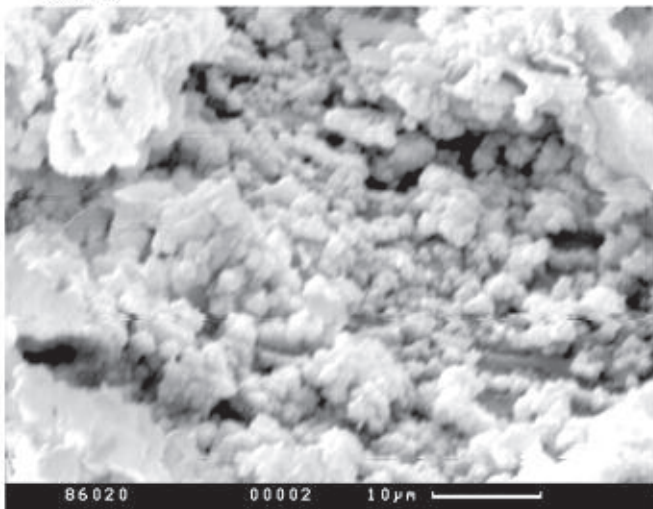
Фиг. 2



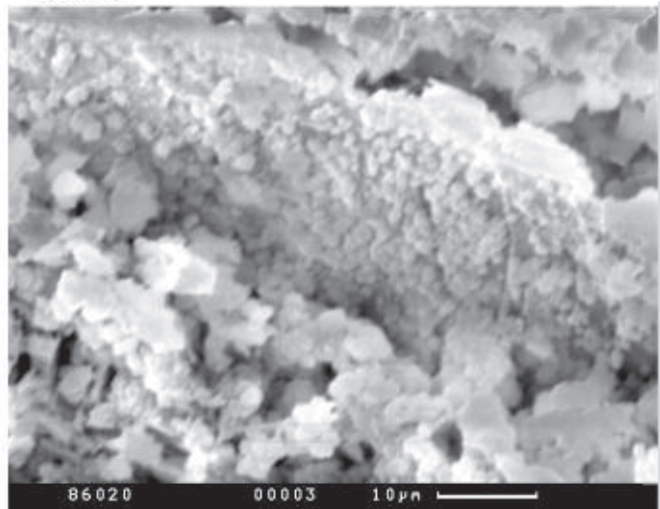
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

Фиг. 1. Другой участок поверхности корки с биологическими поселениями: плоскими, округлыми и с концентрическим внутренним строением, заметно минерализованные. Фиг. 2. Иной тип биологического поселения на корке плотного трубчатого строения, весьма слабо минерализованного. Фиг. 3. Деталь строения участка со слабо минерализованными биологическими поселениями. Фиг. 4. Обр.86020. Неровный контакт корки (справа, более светлая) с базальтовым субстратом. Фиг. 5. Строение этой корки при большем увеличении. Хорошо видны скопления кокковидных форм. Фиг. 6. Другой участок корки с биоморфозами и кристаллическими новообразованиями.

процессе формирования корок близок рассмотренному выше, но имеет некоторые отличия. Они сводятся к меньшему выносу Al (от 30 до 50 %) и практически инертному поведению Fe и Ti. Характерно поведение K, в миграционных рядах он начинает “сдвигаться” в сторону более подвижных элементов: Ca-Mg-Na-Si-Al-K-Fe-Ti (для района п. Сарапульского) Ca-Mg-Na-K-Si-Ti-Fe-Al (для п. Малышево).

По наблюдениям в СЭМ обр. 86020 характеризуется резко неровной границей с исходным субстратом (фототабл. 2, фиг. 4). В строении корки (фототабл. 2, фиг. 5 и 6) участвуют как явные кокковидные и палочковидные биоморфозы, так и, вероятно, кристаллические новообразования. Во внутренней части корки по ЭДС преобладают Si и Fe, есть Al и в виде примеси присутствуют Mg и Ca, что, скорее, говорит о наличии здесь реликтов субстрата.

Для корки обр. 86003 свойственно крайне неоднородное строение, характеризующееся развитием как вероятных биоморфоз, так и реликтов субстрата, а также наличием новообразованных весьма тонких кристаллических фаз. Общий вид столь сложной корки представлен на фототаблице 3, фиг. 1, а реликты измененного субстрата, замещаемого с периферии галлуазитом (?) – на фиг. 2. ЭДС реликта субстрата (фиг. 3) показывает примерно одинаковые содержания кремнезема и железа, несколько меньшие – алюминия. Отсутствует кальций, что указывает на уже заметные изменения исходного материала базальта. В целом же, в корке характерно массовое развитие агрегатов весьма тонких (менее 0.5 мкм) кристаллических игольчатых форм при длине отдельных индивидов до 5–6 мкм. Скорее всего – это кристаллики галлуазита. Постоянно участками наблюдаются сплетения нитчатых форм (фиг. 4) и кокковидные скопления (фиг. 5 и 6), покрытые тонкими игольчатыми кристаллическими агрегатами галлуазита (?). ЭДС последних (фототабл. 4, фиг. 1) на кокковидных формах не противоречит их диагностике как галлуазит. Вместе с тем, в наиболее проработанной (внешней) части корки присутствуют плотные скопления кокковидных и тесные сплетения нитчатых форм (фиг. 2), с толщиной нитей до 5–7 мкм и длиной до 40–60 мкм, но с заметно меньшим развитием игольчатого галлуазита. Наблюдаются реликтовые кристаллические новообразования, отчасти разрушаемые агрегатами галлуазита (фиг. 3). КВ на базальтах в районе п. Малышево существенно каолинит-галлуазитовая, с кремнистым модулем, равным 0.86, в

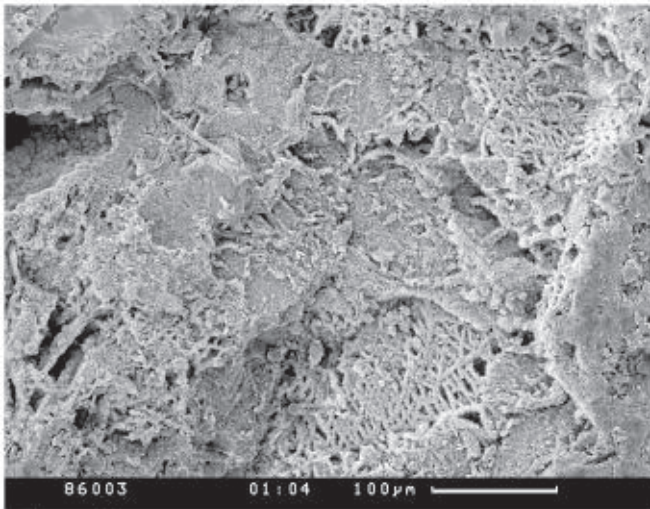
природных водах $\text{SiO}_2 = 15.0$ мг/л, pH = 6.0, Eh = +660 mV.

Корки выветривания на базальтах Южного Приморья (обр. 86103 и 90040) имеют исключительно гетит-галлуазитовый состав. Галлуазит диагностируется дифрактометрическим (размытый – 7.3 и асимметричный – 4.39 рефлексы и др.) и электронно-микроскопическими (трубчатый характер частиц) методами. Гетит образует высокодисперсную фазу с размерами частиц в сотни ангстрем. Их микродифракционные картины имеют кольцевой характер с первым отражением $d = 4.17\text{--}4.18$. Начальным продуктам выветривания свойственны низкие содержания щелочных и щелочно-земельных элементов, а также появление низкотемпературной воды, что может быть связано с аллофановой фазой (таблица). Распределение породообразующих элементов характеризуется еще большей дифференциацией на подвижные и инертные элементы. Объемы выноса Ca, Mg, Na и K приближаются к 100 %, Si – к 50 % и более, Ti и Fe – практически инертны (14 и 17 %, соответственно). Ряд подвижности для корок базальтов района п. Свиягино следующий: Na-Ca-K-Mg-Si-Al-Fe-Ti.

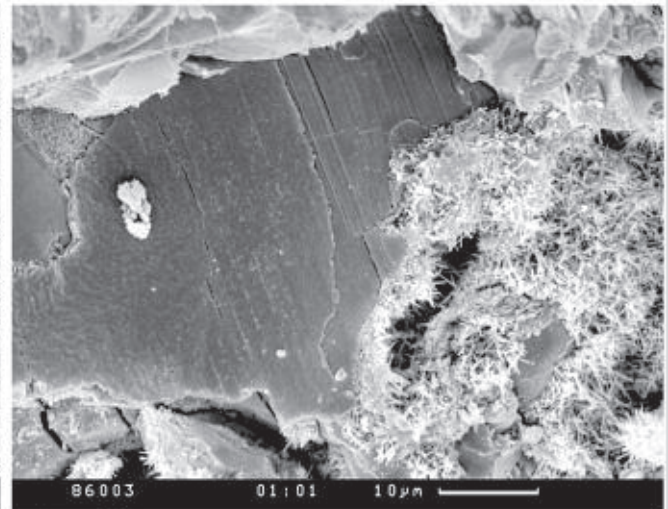
В обр. 86113 в СЭМ хорошо видна граница корки и базальтового субстрата (фототабл. 4, фиг. 4). Она достаточно резкая и относительно ровная. Строение корки в различных участках сравнительно одинаковое. Оно характеризуется сложным сочетанием скоплений кокковидных и нитчатых форм, ассоциирующих с реликтами минералов исходного базальта и кристаллическими новообразованиями (фиг. 5). Общий вид в СЭМ корки базальта обр. 90040 представлен на фототаблице 4, фиг. 6, а ее ЭДС – на фототаблице 5, фиг. 1. Учитывая присутствие калия и кальция, следует предполагать не полную переработку субстрата. В строении корки присутствуют сложно переплетающиеся преимущественно нитчатые формы, возможно, гифы почвенных грибов; незначительно развиты кокковидные формы и сохранились реликты субстрата (фиг. 2).

Неогеновая КВ базальтов рассматриваемого района сложена одной зоной гетит-гематит-каолинит-галлуазитового состава, иногда с примесью гиббсита, толщиной до 8–10 м. Особенности распределения породообразующих элементов в профиле КВ близки рассчитанным для современных корок выветривания: Na-Ca-Mg-K-Si-Al-Ti-Fe (для района п. Малышево) и Na-K-Ca-Mg-Si-Ti-Al-Fe (п. Свиягино). Кремневый модуль – 1.3, в природных водах $\text{SiO}_2 = 18$ мг/л, pH = 5.4, Eh = +660 mV.

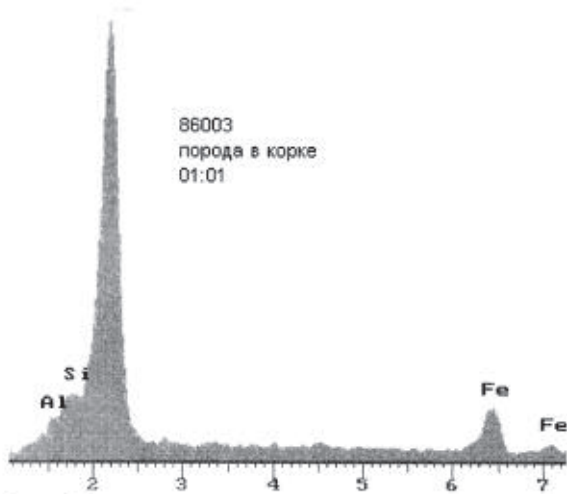
Фототаблица 3.



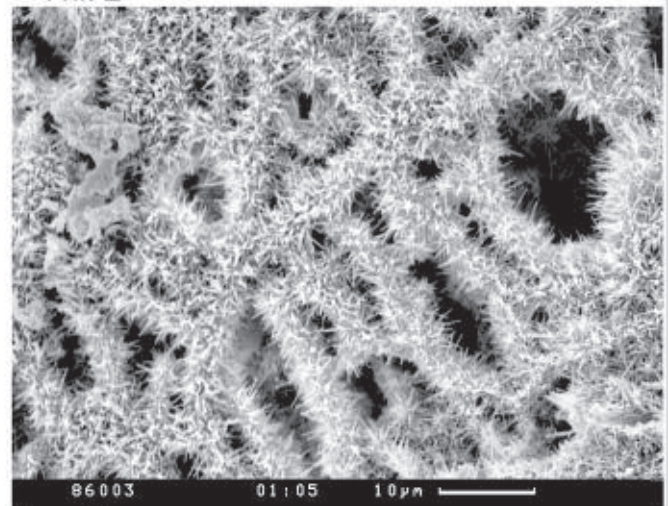
Фиг. 1



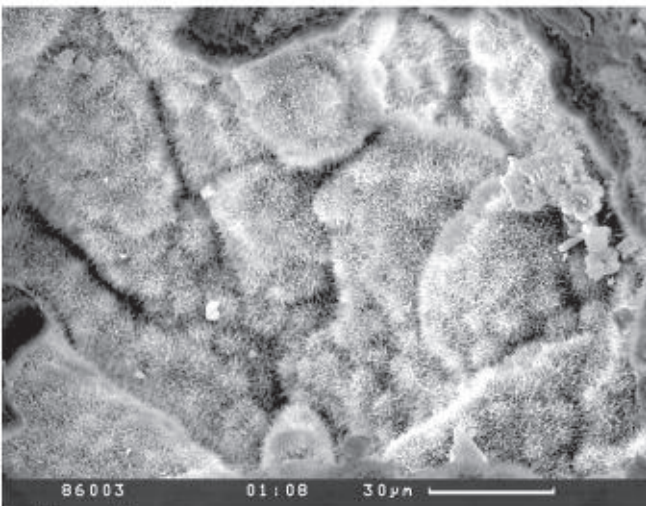
Фиг. 2



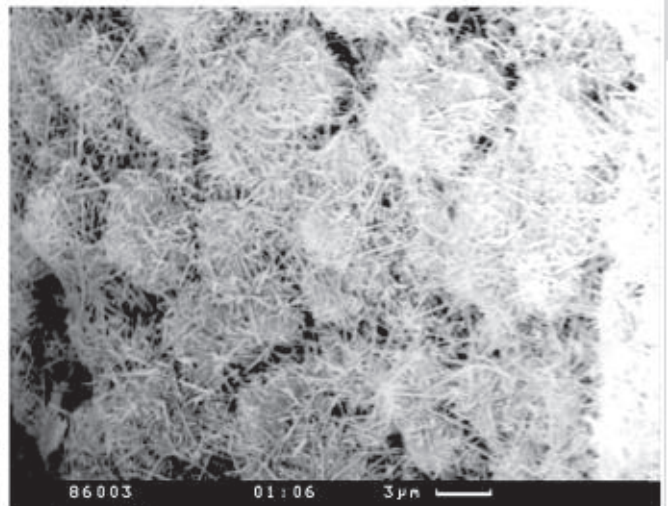
Фиг. 3



Фиг. 4



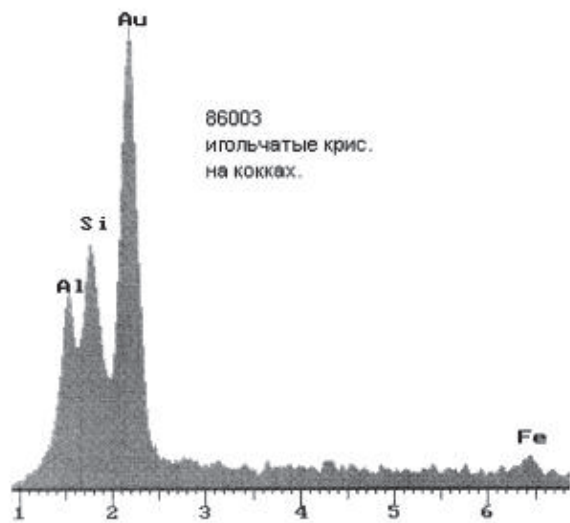
Фиг. 5



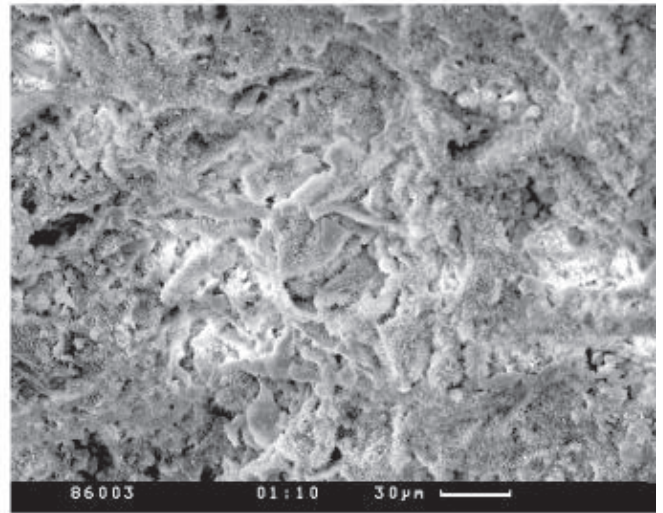
Фиг. 6

Фиг. 1. Общий вид корки обр. 86003 в СЭМ. Строение ее крайне неоднородное. Фиг. 2. Деталь строения этой корки. Фрагменты измененного субстрата замещены агрегатами тонкокристаллического галлуазита (?). Фиг. 3. ЭДС замещаемого фрагмента. Фиг. 4. Нитчатые формы, покрытые кристалликами галлуазита (?). Фиг. 5. Скопления кокковидных форм в тесном срастании. Фиг. 6. То же более детально. Хорошо видны кокковидные формы, усеянные кристалликами галлуазита (?).

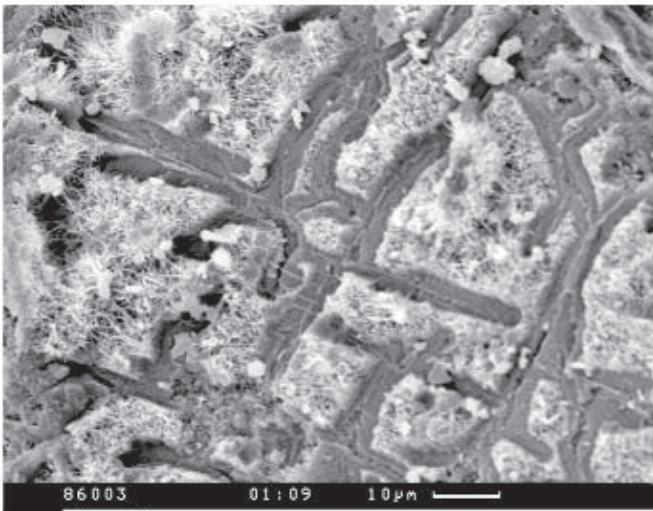
Фототаблица 4.



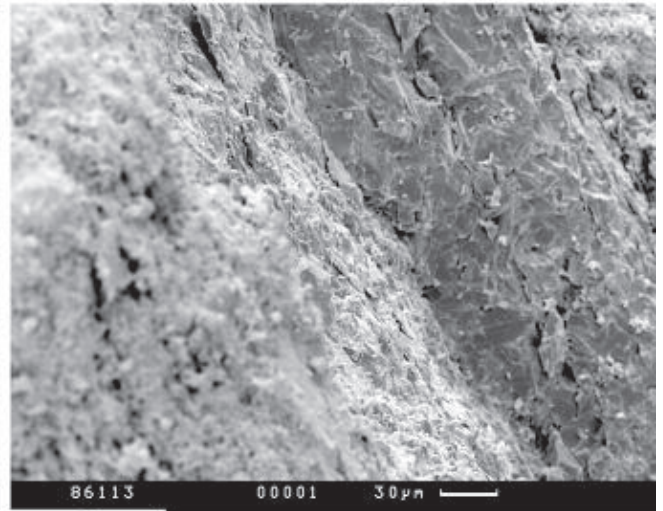
Фиг. 1



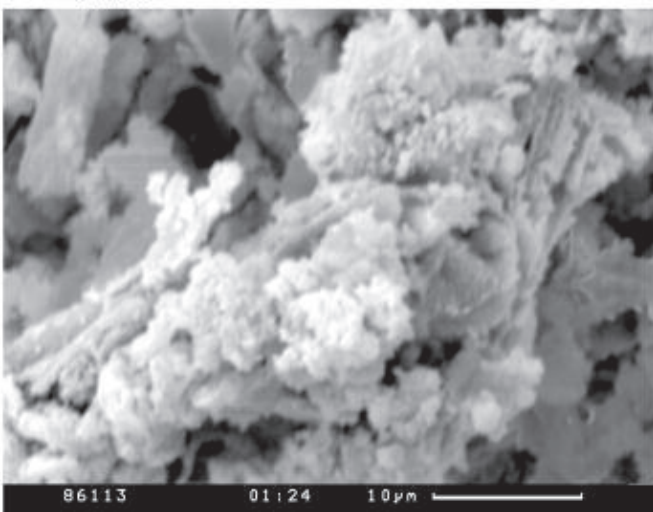
Фиг. 2



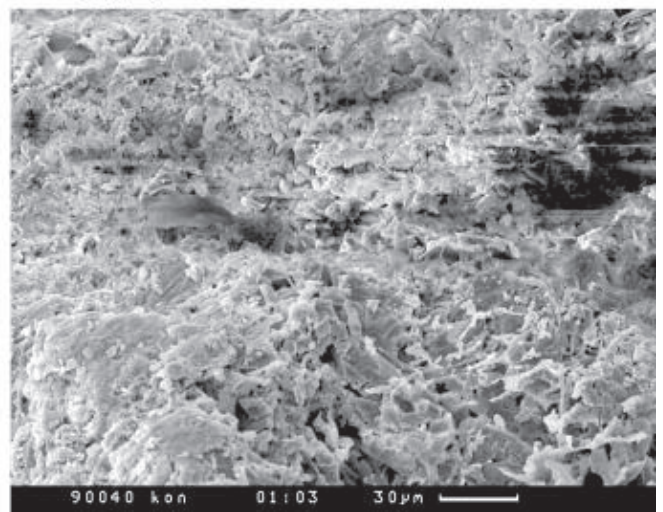
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

Фиг. 1. ЭДС кристалликов галуазита (?). Фиг. 2. Тесные сплетения нитчатых форм во внешней части корки. Фиг. 3. Замещение реликтовых кристаллических фаз агрегатами галуазита (?). Фиг. 4. Обр.86113. Граница корки (слева, светлая) и субстрата в СЭМ. Фиг. 5. Нитчатые и кокковидные формы в корке. Фиг. 6. Обр.90040. Общий вид корки в СЭМ.

Во Вьетнаме изучены корки выветривания на базальтах, габбро, андезитах и гранитах. Их формирование протекало непосредственно на дневной поверхности, в условиях тропического климата, где еще более значима агрессивная роль биоты в процессах гипергенеза.

На базальтах оторочки выветривания имеют разную толщину и неодинаковый вещественный состав. Эти различия определяются прежде всего степенью гипергенного изменения исходной породы.

Маломощным коркам (обр.82110), сравнительно выдержанным по толщине (около 0.5 см) по всей поверхности базальтового фрагмента, свойственны охристо-гиббситовый состав и присутствие реликтовых минералов. Отмечается тонкая (доли мм) железистая кайма на границе корки и свежего базальта (фототабл. 5, фиг. 3). В оптическом микроскопе видно, что внешняя часть корки сложена дисперсным, не диагностируемым глинисто-железистым веществом псевдоглобулярного строения, в котором просматривается реликтовая структура базальта. Железистая кайма, имеющая резкую реакционную границу с неизмененным базальтом, сложена однородной массой и практически непрозрачна. Гипергенные изменения иногда наблюдаются в пределах отдельных лейст плагиоклаза базальта, когда кристалл наполовину замещен тонкой смесью новообразованных минералов. Кривые нагревания фиксируют три эндоэффекта: широкий выположенный при 100–250° (гидрооксид железа, аллофан), довольно глубокий при 350° (гиббсит) и слабо выраженный при 550° (каолинит). На рентгенограмме отмечается исключительно небольшой набор линий (1.63; 2.61; 3.20; 4.03), принадлежащих анортиту, и два отражения гиббсита – 4.80 и 4.33. ИК спектр корки также маловыразителен. Он имеет волнообразную полосу в области валентных колебаний гидроксильных групп, свойственных гиббситу, и содержит максимум, характерный для аморфного кремнезема (900–1100 см⁻¹). Электронно-микроскопические исследования, проведенные в ИГЕМ РАН, позволили сделать вывод, что железистая составляющая гипергенной оторочки в суспензионном

препарате в значительной степени сложена скоплениями хлопьевидных частиц, по составу и характеру электронограмм, в основном, свойственных гизингериту ($q\text{Fe}_2\text{O}_3p\text{SiO}_2n\text{H}_2\text{O}$).

Химическим анализом корки установлено присутствие в ее составе в долях процентов практически всех пороодообразующих элементов, свободного глинозема и высокие содержания низко- и высокотемпературной воды (табл.). Эти данные согласуются с минералогическими наблюдениями и подтверждают, что значительная часть корки еще не изменена. Очевидно также, что в начальных продуктах выветривания во Вьетнаме присутствует иная минеральная ассоциация, представленная гиббситом, гизингеритом и, возможно, аллофановой фазой и кремнеземом в форме опала. При формировании корки происходит вынос всех, за исключением железа, пороодообразующих элементов. Процент выноса щелочных и щелочно-земельных элементов превышает 90 %, для Si, Al, Ti составляет соответственно 75, 26 и 20 %. Миграционный ряд выглядит следующим образом: Ca-Na-K-Mg-Si-Al-Ti-Fe.

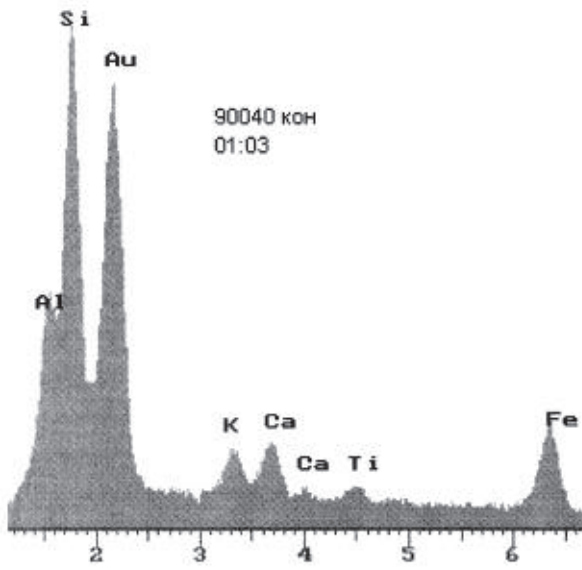
Общий вид в СЭМ корки обр.82110 представлен на фототаблице 5, фиг. 4, где виден как субстрат, так и корка (справа), а с более значительным увеличением – на фиг. 5. Обращает на себя внимание обилие на отдельных участках сплетений нитчатых форм и продуктов высыхания гелей (?), наряду со скоплениями кокковидных форм, и присутствие кристаллических агрегатов.

Более толстым (2–5 см) коркам на базальтах (обр.82037) свойственны исключительно гетит-гиббситовый с примесью каолинита состав, практически полный вынос легкоподвижных компонентов, значительной части Si и относительное накопление элементов-гидролизатов. Вместе с тем, ряд подвижности элементов существенно не меняется: Ca-Na-Mg-K-Si-Al-Fe-Ti. Для КВ во Вьетнаме очень характерны “желтые пряники” – термин, который появился в отечественной литературе после перевода статьи Лажуани и Бонифа [9]. Под этим названием описаны гиббситизированные оторочки на реликтовых фрагмен-

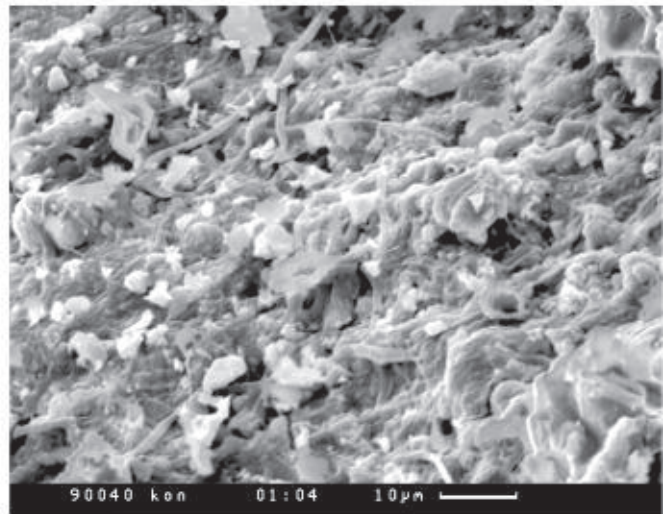
Фототаблица 5.

Фиг. 1. ЭДС корки обр.90040. Фиг. 2. Нитчатые и кокковидные формы в корке на фоне сохранившихся реликтов первичных структур. Фиг. 3. Пришлифовка обр.82110. В корке (б) на контакте с базальтом (а) железистая каемка (черное). Натур. велич. Фиг. 4. Граница корки (светлое) и базальта в СЭМ обр.82110. Фиг. 5. Строение корки при большом увеличении – сочетание кокковидных форм, аморфных фаз с трещинами усыхания и кристаллических структур. Фиг. 6. Фотография шлифовки обр.82123. Ожелезнение в корке контрастирует с светлым субстратом. Увел. 2х.

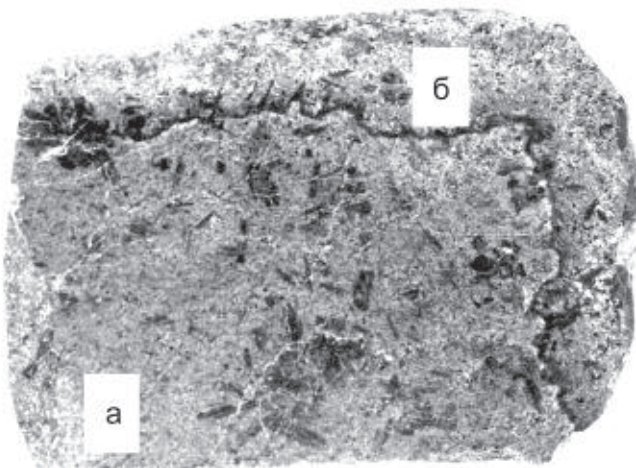
Фототаблица 5.



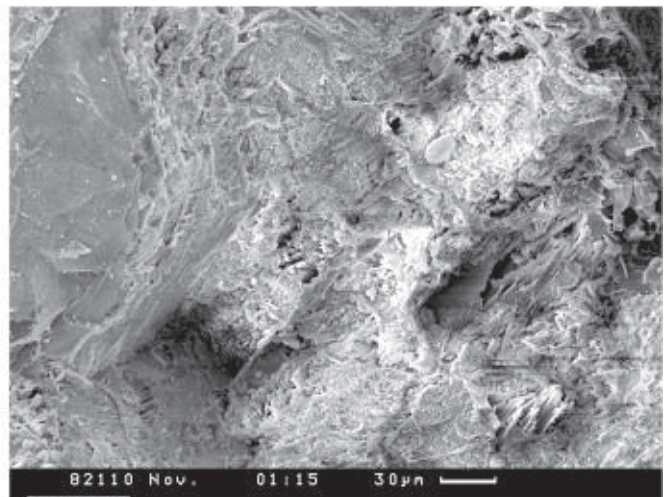
Фиг. 1



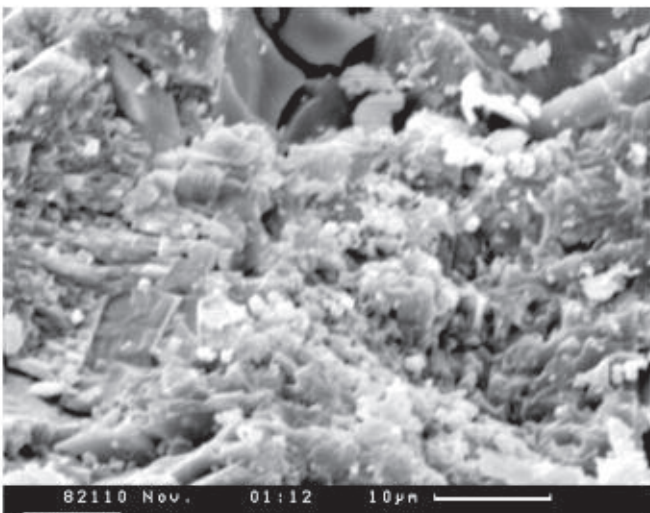
Фиг. 2



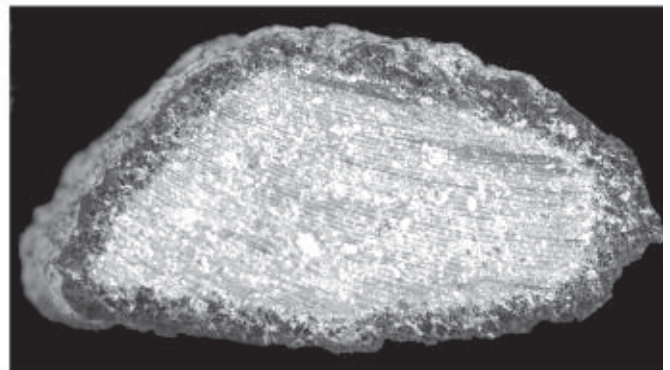
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

тах долеритов в глинистом литомарже латеритных бокситовых месторождений Гвинеи. “Желтые пряники” весьма обычны в бокситоносных КВ современных тропических областей. Оторочка “желтых пряников” по базальтам сложена гиббситом и гидроксидами железа. Ряд подвижности для них следующий: Ca-Na-Mg-K-Si-Al-Ti-Fe. Таким образом, “желтые пряники” по своим особенностям подобны рассмотренным коркам выветривания. Отличия заключаются в их размещении – первые приурочены к глинистой зоне бокситоносного элювия, а вторые развиты на дневной поверхности.

КВ базальтов региона представлены в верхней части латеритными бокситами, которые также сложены гиббситом, гетитом и гематитом. Наряду с практически полным выносом подвижных элементов происходит удаление более 90 % Si при инертном поведении Fe и Ti, почти двукратном накоплении Al. Миграционный ряд их следующий: Ca-Mg-Na-K-Si-Al-Fe-Ti.

Корки выветривания на андезитовых порфири-тах (обр.82123) сложены глинисто-охристым материалом. В отличие от подобных образований на базальтах они не имеют ясно выраженной реакционной каемки и характеризуются пилообразным характером

границы с субстратом. Фотография обр.82123 представлена на фототаблице 5, фиг. 6, где отчетливо видна ожелезненная корка с достаточно резким, неровным контактом с субстратом. В СЭМ общий вид этой корки дан на фототаблице 6, фиг. 1. ЭДС (фиг. 2) показывает значительное обогащение железом, преобладание кремнезема над алюминием, следы калия и титана, что говорит о значительном разложении материала субстрата в корке. Детальное рассмотрение строения начальных продуктов гипергенеза показало присутствие в них скоплений кокковидных (фиг. 3) и менее частых нитчатых (фиг. 4) форм в сочетании с кристалломорфными.

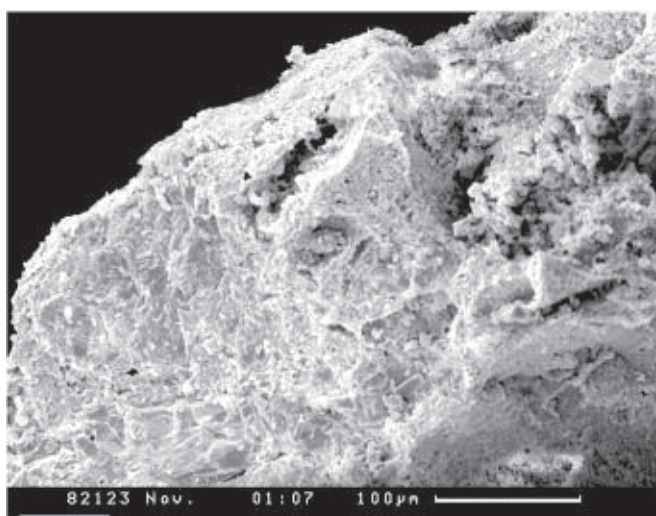
Оторочки, развитые на габбро (обр.82068), сложены гиббситом, каолинитом и гетитом, устанавливаемых комплексом анализов. Химический состав корки, в общем, соответствует минеральному составу (таблица). Вынос подвижных элементов превышает 99 %, кремния выносятся около 80 %. Характерно некоторое накопление глинозема. При “срединном” положении кремния ряд подвижности остается близким предыдущим: Ca-Na-K-Mg-Si-Ti-Fe-Al. В СЭМ для корки характерно присутствие участков растворения, в пределах которых по стенкам и в центре пу-

Таблица. Химический состав (мас. %), объемный вес (г/см³), пористость (%) выветрелых корок и исходных пород Дальнего Востока России и Вьетнама.

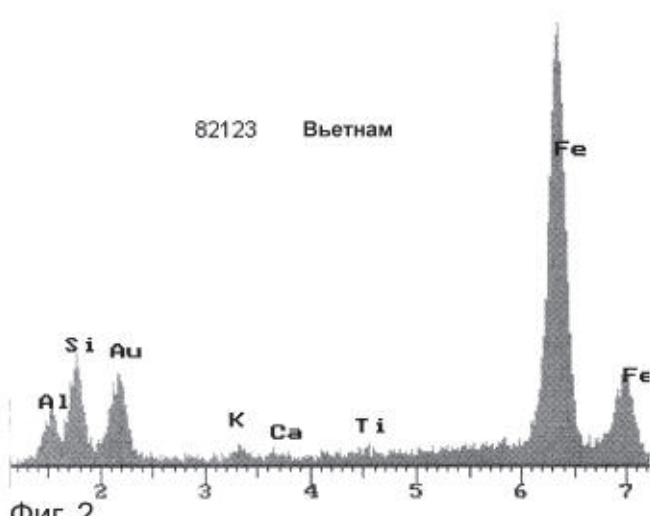
Ком-т	76130 ^б	76130 ^а	86021 ^б	86021 ^а	86003 ^б	86003 ^а	86103 ^б	86103 ^а	82110 ^б	82110 ^а	82068 ^б	82068 ^а	82054 ^б	82054 ^а
SiO ₂	23,70	47,16	39,83	49,39	33,30	52,28	23,91	42,26	27,49	53,07	20,41	49,87	73,38	75,04
TiO ₂	0,85	0,98	3,74	2,15	1,37	1,39	5,82	2,36	2,97	1,78	1,55	2,00	0,15	0,12
Al ₂ O ₃	12,64	22,00	14,74	14,36	27,17	17,07	17,11	10,72	26,19	17,71	41,41	17,00	14,16	13,65
Fe ₂ O ₃	38,24	2,57	20,24	4,72	18,93	1,19	28,95	5,27	16,88	2,44	12,36	3,89	2,01	0,23
FeO	3,78	6,70	2,39	7,42	1,78	7,98	4,64	9,52	2,70	7,22	1,06	6,61	0,68	0,96
MnO	0,21	0,21	0,13	0,28	0,042	0,19	0,19	0,23	нет	нет	0,02	0,14	0,022	0,08
MgO	3,87	5,03	3,26	7,29	0,17	7,25	0,97	11,36	0,94	4,81	0,081	5,24	0,11	0,13
CaO	1,70	9,24	0,73	7,33	0,05	7,24	0,30	9,41	0,89	7,56	0,0001	8,45	0,067	1,02
Na ₂ O	1,39	3,23	1,83	3,04	0,12	3,11	0,07	3,46	0,48	3,40	0,008	3,51	0,27	3,56
K ₂ O	0,51	0,52	3,19	2,25	0,11	0,75	0,07	1,61	0,16	0,89	0,01	1,22	2,58	4,55
H ₂ O ⁻	4,10	0,50	5,79	0,13	1,77	0,42	5,66	0,47	10,11	0,95	1,46	0,86	0,12	0,02
H ² O ⁺	7,81	1,24	3,83	1,13	14,88	0,37	11,94	2,83	10,87	0,43	20,30	0,83	5,93	0,30
P ₂ O ₅	0,59	0,24	не опр.	не опр.	не опр.	0,26	не опр.	не опр.	0,40	0,26	0,32	0,36	0,025	0,03
CO ₂	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	нет	нет	0,50	0,39	0,25	0,4
Сумма	99,39	99,62	99,70	99,49	99,69	99,50	99,63	99,50	100,08	100,52	99,49	100,37	99,75	100,13
Об. вес	1,64	2,80	1,48	2,81	1,81	2,69	1,05	2,87	1,41	2,85	1,40	2,86	1,76	2,64
Пористость	43,99	0,89	42,51	2,38	21,32	1,32	65,37	3,83	не опр.	не опр.	44,81	0,38	31,60	0,70

Примечание. Номера образцов соответствуют приводимым в тексте; а – исходная порода, б – корка выветривания. Аналитики С.А. Горбачева, Е.Л. Фролова.

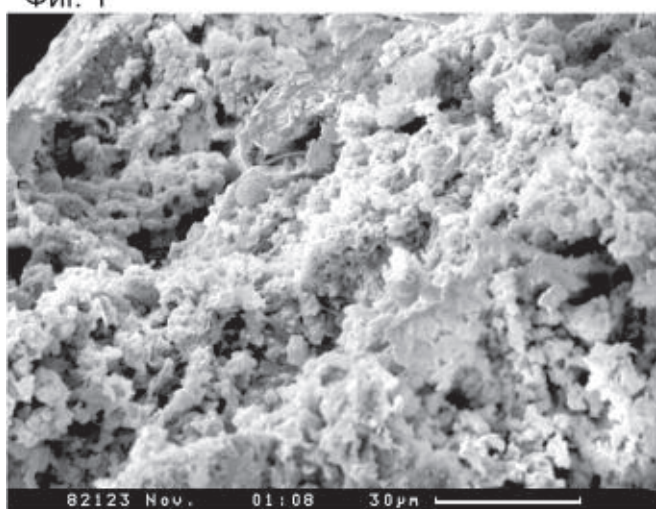
Фототаблица 6.



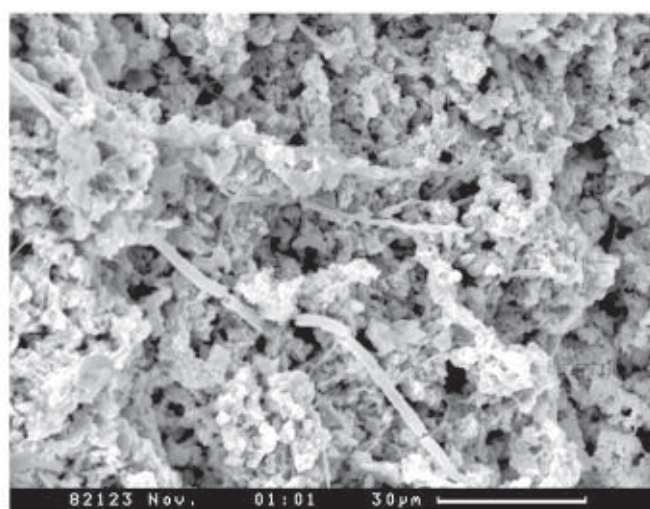
Фиг. 1



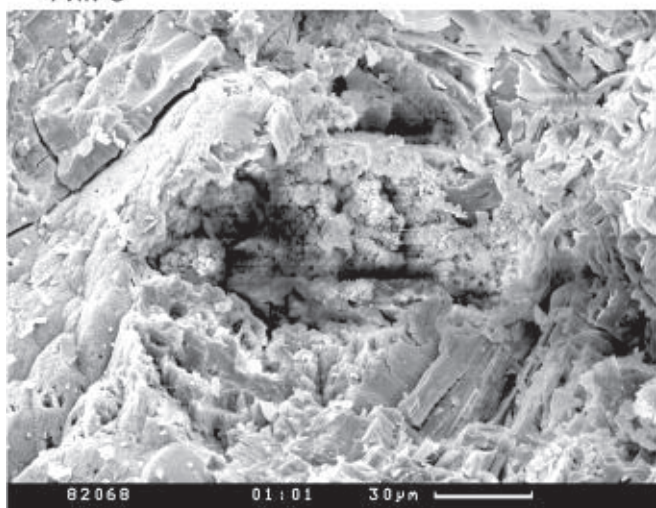
Фиг. 2



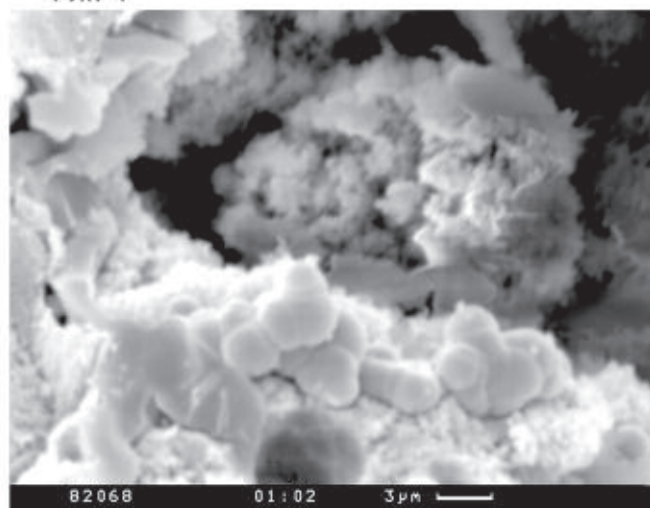
Фиг. 3



Фиг. 4



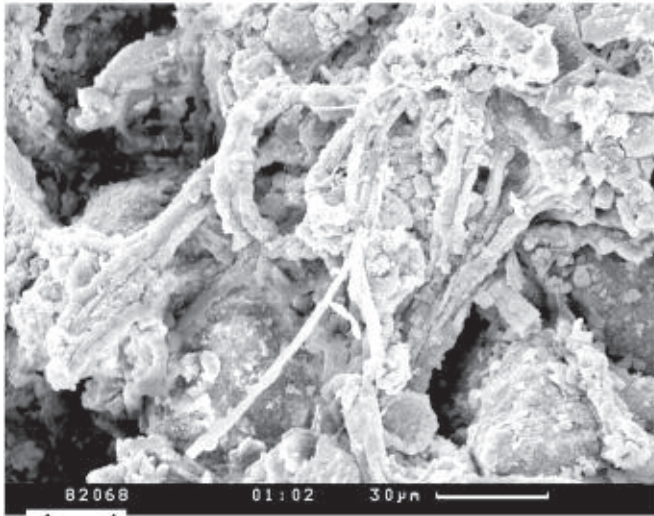
Фиг. 5



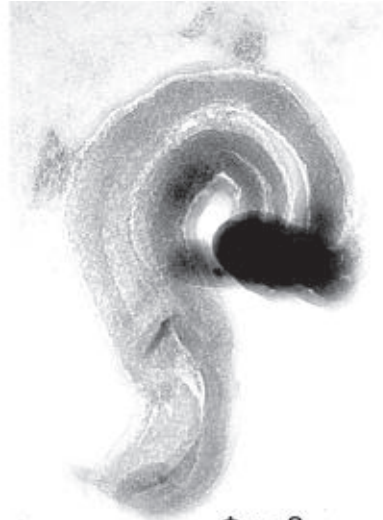
Фиг. 6

Фиг. 1. Вид корки в СЭМ. Фиг. 2. ЭДС корки. Фиг. 3. Участок преобладания кокковидных биоморфоз в корке. Фиг. 4. Сочетание редких нитчатых и кокковидных форм с участим кристаллических структур. Фиг. 5. Обр.82068. Участок растворения в корке (в центре). Фиг. 6. Выполнение участка растворения кокковидными биоморфозами.

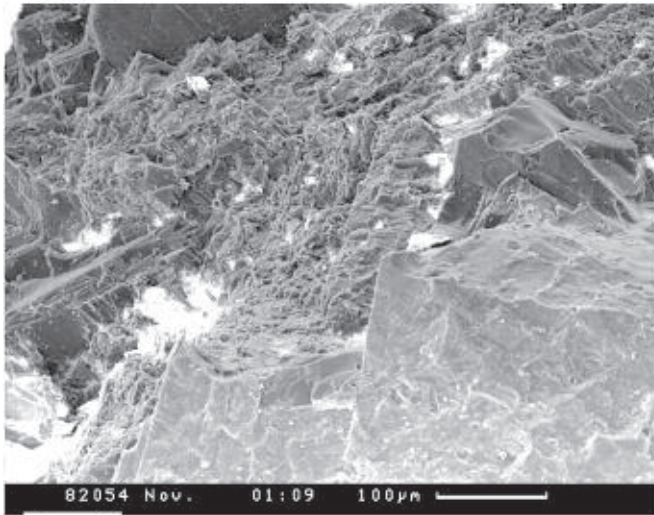
Фототаблица 7.



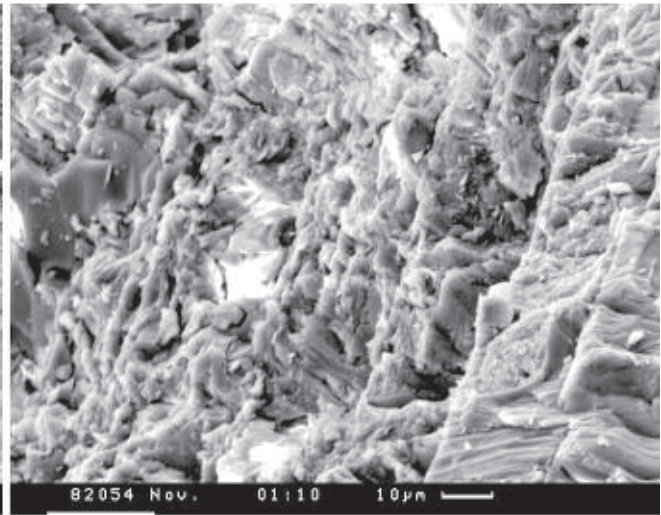
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Фиг. 1. Крупные нитчатые биоморфозы, вероятно, по гифам грибов. Фиг. 2. Обр.82054. Выделения гиббсита – возможная биоморфоза в корке выветривания гранита (просвечивающий электронный микроскоп). Увеличение 26000 \times . Фиг. 3. Граница корки и гранита (справа) в СЭМ. Фиг. 4. Развитие нитчатых биоморфоз на контакте гранита (справа) и корки.

стот развиты кокковидные формы (фототабл. 6, фиг. 5 и 6). Внутри корки биоморфоз относительно немного, они концентрируются участками. Один из таких участков представлен на фототаблице 7, фиг. 1. Здесь явно преобладают нитчатые формы минерализованных гифов примитивных грибов.

Продукты начального выветривания гранитов (обр.82054) включают гиббсит, в значительной меньшей степени – галлуазит и гетит, но в корке остается практически весь кварц и отмечается довольно значительное количество калиевого полевого шпата. Такая ситуация иллюстрируется хими-

ческим составом рассматриваемых образований (табл.). Электронно-микроскопические исследования образцов методом декорирования и в суспензионных препаратах показали, что гиббсит образует на поверхности полевых шпатов вермикулярные выделения весьма причудливой формы (фототабл. 7, фиг. 2). Вдоль оси удлинения они полосчатые, что связано, возможно, с их волокнистым строением. Нередко основание таких индивидов сложено относительно однородным образованием овальной формы. Не может исключаться,

что они представляют собой биоморфозы по микробиальным остаткам.

В процессе формирования начальных продуктов выветривания по гранитам выносятся более 90 % кальция и натрия, чуть более 60 % калия, немного кремния и алюминия. Титан и железо остаются практически инертными; ряд подвижности такой: Ca-Na-K-Mg-Si-Al-Ti-Fe. В СЭМ граница корки и гранитного субстрата (справа) обр.82054 представлена на фототаблице 7, фиг. 3. Более детальное изображение этого участка показывает, что непосредственно у контакта в корке довольно много нитчатых форм, возможно, гифов простейших грибов (фиг. 4). На удалении от субстрата явных биоморфоз мало, преобладают морфологически нечетко выраженные минеральные новообразования.

“Желтые пряники” по гранитам в отличие от развитых на дневной поверхности начальных корок имеют зональное строение и более сложный минеральный состав [10]. В них не обнаружены биоморфозы. Усредненный ряд подвижности по двум образцам определен таким: Na-K-Ca-Mg-Si-Al-Ti-Fe. В латеритных бокситах по гранитам выносятся около 100% Na, K, Mg, более 80% Si, примерно 40% Fe и Ca, 30% Ti. Алюминий абсолютно накапливается: Na-K-Mg-Si-Ca-Fe-Ti-Al.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выполненное впервые в России изучение начальных корок выветривания, развитых на фрагментах базальтов в пределах дневной поверхности в Хабаровском, Приморском краях России и во Вьетнаме позволило получить новую информацию как по составу указанных корок, так и по процессам, ведущим к их образованию путем гипергенного преобразования кристаллических пород. Сравнения продуктов раннего выветривания базальтов с такими же корками на габбро, андезитах, гранитах и с “желтыми пряниками”, с почвами и КВ позволило еще более расширить представления о ранних этапах выветривания скальных пород и об участии в этих процессах различных микроорганизмов.

Установленные определенные изменения в минералогическо-геохимических особенностях корок по одинаковым типам пород вполне коррелируются с климатической зональностью, обусловленной, в свою очередь, рядом факторов: различиями в количестве осадков и степенью испаряемости, среднегодовыми температурами, суммарной солнечной радиацией [3, 4, 20, 32]. Так, количество осадков в г. Николаевске-

на-Амуре – 400–500 мм/г, Владивостоке – 700–1000 мм/г, во Вьетнаме – 2000–3000 мм/г. Следствием климатической зональности являются и закономерная смена типов почв – от подзолов таежной зоны, которые южнее Хабаровска переходят в бурые почвы лесов дальневосточного типа, сменяющиеся к югу красноземами и желтоземами (в Китае), а на территории Вьетнама распространены ферраллиты областей экваториальных муссонов [18]. Соответственно особенности климата находят отражение и в химизме природных вод [16, 32]: на севере концентрации щелочных металлов и кремния в них выше, а отношение $Na+K/Ca+Mg$ меняется от 5,4 на севере до 0,7 на юге. Не одинаковы и концентрации SiO_2 , pH и Eh. Таким образом, состав продуктов гипергенеза – почв, КВ и соответственно корок на породах – определяется широким кругом факторов, обусловленных, прежде всего, климатом конкретного региона [2, 5, 7, 14, 18–20, 23, 30]. Но если для почв и КВ это хорошо известно, то для корок выветривания таких данных для Дальнего Востока России и Вьетнама до сих пор не было. В качестве минералов-индикаторов для них теперь могут быть предложены в меридиональной последовательности с севера на юг монтмориллонит (гидрослюд) – каолинит (галлуазит) – гиббсит. Первый обычен в областях холодного климата с малым (не более 400–500 мм/г) количеством осадков. Минералы группы каолинита образуются в умеренно теплой зоне (с суммой осадков 700–1300 мм/г). Гиббсит развивается в жарком (более +20°C), переменновлажном (1800–3000 мм/г осадков) климате.

Зависимость образования монтмориллонита, каолинита и гиббсита от количества осадков можно проиллюстрировать на конкретных примерах. Так, в почвах Калифорнии [21] монтмориллонит развивается при 500 мм/г осадков, а каолинит (галлуазит) – при более 800 мм/г. В Израиле [29–31] в корках выветривания и почвах по базальтам в юго-восточных аридных районах с количеством осадков 400–500 мм/г формируются смектиты, а в западных с количеством осадков 900–1000 мм/г – железисто-каолиновые минералы. По Н.А. Лисицыной [8], по мере увеличения количества осадков от 2000 до 3000–4000 мм/г содержание каолинита в продуктах выветривания падает от 60–65 % до 0–3 %, количество гиббсита увеличивается от 6–20 до 60–65 %. Ф.В. Чухров [22] отметил важность климатического фактора, а также биоса в образовании оксидов и гидроксидов Fe – гетита, гематита, маггемита и др. в зоне гипергенеза. Он указывает на участие на определенных стадиях развития КВ железобактерий, реликты которых сохраняются в гетите и гематите. Об

участии биоса в процессах выветривания известно давно. Например, в верхних горизонтах почвы присутствуют бактерии в количествах до 10^{12} кл/г.

Таким образом, продукты начального гипергенеза, представленные корками выветривания базальтов, явно отражают современную климатическую зональность. В соответствии с эволюцией минерального состава с севера на юг меняется миграционный ряд породообразующих элементов и значение кремневого модуля. Показателем степени “зрелости”, а следовательно и особенностей климатической обстановки области формирования, является поведение К в рядах подвижности элементов – при переходе от сухого холодного климата к влажному тропическому К перемещается в миграционном ряду в группу легко подвижных элементов.

Важным результатом выполненного исследования является установление факта присутствия в самых начальных продуктах выветривания магматических пород – корках выветривания – биоморфоз по лишайникам, бактериям и низшим грибам. Нам не известны в доступной литературе такие наблюдения, но в некоторых работах, например [25, 26], судя по представленным микрофотографиям, в продуктах начального выветривания присутствуют аналогичные биоморфозы, на которые, видимо, просто не обращалось внимание.

К числу важнейших процессов гипергенеза следует отнести биологический фактор и не только в виде участия организмов в процессах разрушения коренных пород, но и как фактор аккумуляции продуктов выветривания, в состав которых в минерализованном виде они входят достаточно широко. Таким образом, следует признать, что уже на самых ранних стадиях гипергенеза в образование продуктов выветривания включается и биос, как аккумулирующий фактор. Несомненно, в большинстве случаев в результате минерально-геохимических преобразований, которые сопровождают формирование указанных корок, наряду с развитием гипергенных кристаллических и аморфных форм происходит отчасти минерализация живущих на поверхности, но, главным образом, в трещинах и пустотах разрушаемых пород различных микроорганизмов, биоморфозы по которым входят в состав новообразованных корок. Соотношения между объемами образующихся биоморфоз и собственно минеральными формами широко варьируют, что, вероятно, зависит от ряда факторов, прежде всего от местных условий, в том числе положения пород относительно дневной поверхности, обводненности, солнечной инсоляции и других пара-

метров, в том числе климатических, т.е. всего того, что влияет на масштабы поселения микроорганизмов, грибов, лишайников и т.п. на поверхности горных пород в реальных природных условиях. Несомненно, поселения организмов сами по себе, продуктами своей жизнедеятельности разрушают с поверхности природный каменный субстрат, при этом, очевидно, последовательно проникают и в глубь породы, что хорошо известно на примерах изучения поселений организмов на каменных памятниках архитектуры [1]. Видимо, именно вследствие этого возникают благоприятные условия минерализации пленочными минерализованными растворами отмерших организмов или их частей.

Вместе с тем не выявлено пока каких-либо закономерных различий между комплексами биоморфоз в корках из разных климатических зон. Возможно это связано с тем, что пока нет достаточной статистики наблюдений, а также и точной диагностики микроорганизмов. Очень многое зависит и от конкретного заселения той или иной поверхности горных пород, а она обычно достаточно индивидуально различна. Тем не менее, даже при настоящем первом изучении уже можно наблюдать определенные различия присутствующих биологических сообществ. Таким образом, теперь стало ясным, что даже маломощные начальные корки выветривания на скальных породах в разных климатических зонах содержат варьирующие количества разных биоморфоз. Можно считать последние почти обязательным их элементом, поскольку микроорганизмы распространены повсеместно на дневной поверхности, исключая разве полярные области. Итак, даже на самых ранних стадиях поверхностного выветривания горных пород биос является не только дезинтегрирующим, но и аккумулирующим фактором. В конечном счете, микробиота способствует гипергенному преобразованию, которое сопровождается разделением породообразующих элементов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разностороннее изучение образцов Дальнего Востока России и Вьетнама, представленных корками современного начального выветривания на магматических породах, позволило получить вполне определенное представление об их вещественном составе и структуре, варьирующих в зависимости от климатических и других природных факторов, территорий их конкретной приуроченности. Соответственно в географически разных районах развиты различные минеральные ассоциации, которые могут

быть индикаторами современных климатических поясов. В качестве минералов-индикаторов рассматриваются монтмориллонит (смектиты), каолинит (галлуазит) и гиббсит. Разным природным обстановкам свойственны определенные миграционные ряды породообразующих элементов. Показателем степени гипергенного изменения субстрата может считаться поведение калия.

Впервые установлено участие в сложении начальных корок выветривания различных биоморфоз микроорганизмов и простейших грибов. Поселения организмов на поверхности каменного субстрата не только участвуют в его гипергенном преобразовании, но и входят в состав формирующихся в результате его разрушения корок выветривания вследствие помертной минерализации пленочными растворами. Таким образом, микробиота в процессах выветривания выполняет две важные функции – разрушительную и созидательную. Полученные данные могут учитываться при проведении работ по сохранению каменных памятников культуры и архитектуры.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 02-04-48094, 03-05-64499, НШ – 974.2003.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биокосные взаимодействия: жизнь и камень. Материалы международного симпозиума. СПб., 2002. 320 с.
2. Витовская И.В., Бугельский Ю.Ю. Никеленосные коры выветривания. М.: Наука, 1982. 190 с.
3. Ву Ты Лап. Вьетнам. Географические сведения. Ханой: Изд-во лит на иностр. яз., 1980. 280 с.
4. Географический атлас. Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР. М., 1980. 238 с.
5. Гинзбург И.И. Некоторые физико-химические моменты в образовании глин. // Исследование и использование глин. Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1958. С. 135-142.
6. Глазовская М.А. Выветривание и первичное почвообразование в Антарктиде // Науч. докл. высш. шк. Геол.-геогр. науки. 1958. № 1. С. 63–76.
7. Данг Чунг Туан, Нгуен Нгок Чионг, Май Чонг Ньюан. Вариации химического состава природных вод коры выветривания базальтов на плато Тайгуен (южный Вьетнам), как индикаторы ее бокситоносности // Тезисы докладов 2-го Международного симпозиума по геохимии природных вод. Ростов-на-Дону, 1982. С. 85–86.
8. Лисицина Н.А. Вынос химических элементов при выветривании основных пород. М.: Наука, 1973. 235 с.
9. Лужуани К.П., Бонифа М. Долериты бассейна р. Конкуре и их латеритизация // Вопросы геологии и минералогии бокситов. М.: Мир, 1964. С. 23–31.
10. Магазина Л.О., Новиков В.М., Самоитин Н.Д. Парагенез и механизм образования гипергенных минералов в “желтых пряниках” по граниту // Кора выветривания. Вып. 20. М.: Наука, 1991. С. 134–145.
11. Михайлов Б.М., Куликова Г.В. Фациальный анализ кор выветривания. Л.: Недра, Ленингр. отд-ние, 1977. 159 с.
12. Морозов С.С., Селиванов В.А. Состав и свойства продуктов выветривания эффузивных пород в условиях тундровой зоны Северо-Востока СССР // Вестн. МГУ. сер. геол. 1961. № 3. С. 10–17.
13. Новиков В.М. Палеогеографические закономерности размещения неогеновой коры выветривания базальтов Дальнего Востока // Геология руд. месторождений. 1983. Т. XXV, № 1. С. 64–73.
14. Новиков В.М., Сивцов А.В. Ферригидрат, ферроксигит и гетит в продуктах выветривания базальтов Дальнего Востока // Зап. ВМО. 1984. Ч. CXIII, Вып. 2. С. 205–210.
15. Новиков В.М., Ле Дык Ан, Нгуен Нгок Куинь. Месторождения латеритных бокситов Южного Вьетнама // Докл. АН СССР. 1986. Т. 289. № 3. С. 692–695.
16. Новиков В.М., Витовская И.В., Кузнецова О.Ю., Горбачева С.А. Природные воды коры выветривания базальтов Дальнего Востока // Кора выветривания. Вып. 20. М.: Наука, 1991. С. 110–113.
17. Новиков В.М. Кайнозойские и мезозойские рудоносные коры выветривания на окраинах Азии. Статья 1. Геология, полезные ископаемые. // Изв. вузов. Геология и разведка. 2001. № 2. С. 36–52.
18. Синицин В.М. Климат латерита и боксита. Л.: Недра, 1976. 152 с.
19. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 535 с.
20. Фридланд В.М. Почвы и коры выветривания влажных тропиков. М.: Наука, 1964. 312 с.
21. Чухров Ф.В. Некоторые итоги исследования по генезису и использованию глинистых минералов // Итоги науки. Геохимия. Минералогия. Петрография. М., 1966. С. 100–124.
22. Чухров Ф.В. Климатические факторы и образование окислов железа в зоне гипергенеза // Гипергенные окислы железа. М.: Наука, 1975. С. 141–153.
23. Шварцев С.Л. Фундаментальные свойства и механизм геологической самоорганизации системы вода-порода // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Междунар. науч. конф. 3-7 сент. 2000 г. Томск: Изд-во науч.-техн. лит. 2000. С. 76–81.
24. Clarige Q.Q.L., Campbell J.B. Mineral transformation during the weathering of dolerite under cold arid conditions in Antarctica // New Zealand. J. Geophys. 1984. V. 27, N 4. P. 537-546.
25. Colman S.M., Pierci K.L. Weathering Rinds on Andesitic and Basaltic Stones as a Quaternary Age Indicator, Western United States. Geol. Surv. Prof. Paper. 1981. N 1210. 56 p.
26. Colman S.M. Chemical weathering of basalts and andesites: evidence from weathering rings // U.S. Geol. Surv. Prof. Paper. 1982. N 1246. 51 p.
27. Eggleton R.A., Foudoulis C., Varkevisser D. Weathering of basalt: changes in rock chemistry and mineralogy // Clays and clay minerals. 1987. V. 35, N 3. P. 161–169.
28. Shim S.C., Kim H.O., Watanabe Y. Clay minerals of volcanic ash soils in Cheju island Korea // Clay Sci. 1971. V. 4. N 2. P. 53–60.

29. Singer A. The nature of basalt weathering in Israel // Soil Sci. 1978. V. 125, N 4. P. 217–225.
30. Singer A. The paleoclimatic interpretation of clay minerals in soils and weathering profiles // Earth-Sci. Rev. 1980. V.15. P. 303–326.
31. Singer A. and Eyal Ben-Dog. Origin of Red Clay Layers Interbedded with Basalts of the Golan Heights // Geoderma. 1987. V. 39. P. 293–306.
32. Vu Ngoc Ky et al. Groundwater in Vietnam. //Proceedings first conference on geology of Indochina. Vietnam. 1986. V. 2. P. 771–782.

Поступила в редакцию 22 ноября 2004 г.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

V.M. Novikov, E.L. Shkolnik, Ye.A. Zhegallo

Composition, biota of initial products of weathering, and their indicator role for climatic zoning of the territory (as exemplified by the Russian Far East and Vietnam)

For the first time the initial erosion crusts (up to 1cm thick mainly on basaltoid rocks) have been studied in detail by a set of modern methods, including electronic microscopy, in limits of meridian areas: from Nikolaevsk-na-Amure (Khabarovsk Territory) to the southern part of Primorskiy Krai and also South Vietnam. Mineral complexes and the chemical composition of these new formations were established, and for the first time the participation of mineralized microorganisms in their formation was identified. On the basis of comparison with the scale weathering crusts of the examined territory, the indicator role of initial crusts is defined for revealing climatic zoning. As mineral-indicators of various zones, a sequence of montmorillonite, kaolinite (halloysite) and gibbsite is examined. The behavior of potassium is the indicator of the degree of hypergenic change of parent rock.