
КРЕМНЕКИСЛЫЕ ВУЛКАНИТЫ ДЕВОНСКОЙ БАЗАЛЬТ-РИОЛИТОВОЙ ФОРМАЦИИ РУДНОГО АЛТАЯ

Л.К. Филатова¹, Е.И. Филатов²

¹Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

²Институт минералогии и геохимии редких элементов
ул. Вересаева, 15, Москва, Россия, 121357

Предложено объяснение контрастного внутреннего строения кремнекислых вулканитов базальт-риолитовой формации девона Рудного Алтая. Приведено обоснование принадлежности одного из типов риолитов к игнимбритам.

Ключевые слова: игнимбриты, кремнекислые вулканиты, газонасыщенные вулканиты, летучие компоненты.

Проведенный фациальный анализ образований рудоносной (базальт-риолитовой) формации среднего девона российской части Рудного Алтая позволил сделать некоторые выводы по истории формирования вулканических структур.

1. Кислые вулканические проявления характеризуются излияниями и экструзиями, вулканические аппараты чаще всего приурочены к ослабленным тектоническим зонам. Выделяются вулканогенный, осадочно-вулканогенный и вулканогенно-осадочный типы разрезов; экструзивная, жерловая, лавовая, пирокластическая, вулканогенно-осадочная и субвулканическая фации.

2. Экструзивные тела резко ограничены в плане, четко выражены в современном эрозионном рельефе. Излившиеся лавы в значительной мере обогащены летучими компонентами, слагают потоки игнимбритов и олигофировых риолитов, отходящие от купола. Синхронно с этим на склоне экструзива в локальной впадине происходит формирование ритмично-слоистой толщи вулканогенно-осадочных пород и пластовых залежей колчеданно-полиметаллических руд. С последующей активизацией вулканической деятельности связано поступление в выводной канал из магматической камеры новой порции вязкой магмы, закупорившей центральное жерло, и последующее выдавливание купола. Одновременно с этим в пределах всей впадины в условиях относительно мелководного открытого морского бассейна формируются перекрывающие (наджерловые) вулканогенно-осадочные толщи. Продукты основного вулканизма составляют 10% объема всех вулканогенных образований, определяют контрастность вулканизма базальт-риолитовой формации; характеризуются тесной ассоциацией с тонкообломочными терригенными углеродсодержащими породами, довольно типичной для геосинклинальных областей. К завершению формирования стратифицированных образований приурочено становление тел субвулканической фации, насыщающих весь разрез формации [12].

Петрографическая, петрохимическая и геохимическая характеристика рудо-вмещающих вулканитов формации достаточно убедительно свидетельствует о пра-

вомерности выделения среди них двух разновидностей, различных по степени газонасыщенности исходных расплавов: производных сухой и производных газонасыщенной магмы.

Кремнекислые вулканиды петрографически подразделяются на два типа: газонасыщенные и «сухие». Газонасыщенные кремнекислые вулканиды — производные флюидизированной магмы, характеризуются наличием двух генераций вкрапленников, высокой степенью порфировости (до 70%), наличием вкрапленников темноцветных минералов (биотит, моноклинный пироксен), признаками автобрекчирования фенокристаллов; хлоритизированным и серицитизированным вулканическим стеклом; текстурно-структурной неоднородностью; наличием структур и текстур, обусловленных ликвационными процессами [1] (пепловидная, эмульсионная и др.). Также для них типично присутствие в фенокристаллах кварца поздних генераций первично-магматических включений остаточных расплавов-рассолов. «Сухие» кремнекислые вулканиды представляют собой олигофировые разновидности риолитов, они обладают в основном одной генерацией вкрапленников светлоцветных минералов, низкой степенью порфировости (до 20%), криптозернистой кварц-полевошпатовой однородной основной массой, однообразием текстур и структур.

Газонасыщенные вулканиды являются продуктами остаточного расплава, обогащенного растворенными в нем летучими компонентами, ведущая роль среди которых принадлежит воде и фтору. Последние влияют на кристаллизацию последующих генераций вкрапленников и скорость их роста. Нередко поздние генерации образуются вокруг более ранних, на что указывает неодинаковая степень растворимости и различные микроструктурные особенности раннего и позднего кварца; присутствие в позднем кварце более низкотемпературных многофазовых первично-магматических включений ($T_{\text{гом}} 560\text{—}750\text{ }^{\circ}\text{C}$), наличие зональных кристаллов плагиоклаза.

Излившиеся на поверхность газонасыщенные вулканиды дополнительно расщепляются вследствие растворенных в расплаве флюидов, формируя вулканические тела игнимбритов (потоки и покровы), состоящие из обогащенных и обедненных флюидами участков и прослоев, что послужило причиной текстурно-структурной и минеральной неоднородности вулканидов, слагающих данные тела.

Игнимбритовый вулканизм носит черты подводных излияний, его продукты играют заметную роль в составе кремнекислых толщ.

Петро-геохимические особенности двух типов вулканидов проявлены в том, что:

— газонасыщенные и «сухие» вулканиды (олигофировые риолиты) обнаруживают различия в характере парных корреляционных связей породообразующих окислов, обусловленных главным образом присутствием в первых биотита и хлорита. Газонасыщенные вулканиды характеризуются повышенным содержанием FeO, MgO, широким спектром значений термодинамических показателей общей основности ($\Delta Z = 0,104\text{—}0,540$ ккал). «Сухие» вулканиды более постоянны в отношении этой характеристики ($\Delta Z = 0,295\text{—}0,332$ ккал);

— в газонасыщенных вулканитах наблюдаются повышенные концентрации фтора, а также сильные положительные корреляционные связи лития и фосфора. Для них типичен близкий характер корреляционных зависимостей щелочных элементов и фтора с гранитоидами верхнего девона. Наиболее четко указанные петрографические и петрохимические отличия вулканитов проявлены в породах лавовой и субвулканической фаций [10];

— вся совокупность кремнекислых вулканитов относится к породам известково-щелочной серии калий-натриевого ряда. Данные статистических распределений породообразующих окислов не обнаруживают никаких переломов, свидетельствующих о принадлежности этих групп к разным исходным магмам;

— кремнекислые вулканиты формации относятся к пересыщенным кремнеземом, обедненным кальцием, титаном, глиноземом (газонасыщенные — к тому же обогащены магнием и железом). По этим параметрам рассматриваемые вулканиты уступают недосыщенным этими окислами риолитам раннегеосинклинальных контрастных формаций колчеданоносных районов уральского типа. От них они также отличаются повышенным содержанием среди щелочей калия и пониженным натрия, что сближает их с риолитами краевых вулканических поясов [8].

Замечено, что *рудная минерализация обнаруживает пространственную приуроченность к площадям развития игнимбритов, характеризующихся повышенной степенью хлоритизации или серицитизации вулканического стекла*. Последняя связана с диагенетической аллохимической девитрификацией, происходящей в газонасыщенных перлитовых стеклах, восприимчивых к реакциям замещения, и отлична от изохимической девитрификации тонкокристаллических стекол, производных «сухой» вязкой магмы. На удалении от рудных объектов в аналогичных породах устанавливается «нормальный» девитрифицированный мелкокристаллический базис кварц-полевошпатового состава, что указывает на связь вулканических растворов, преобразовавших данные вулканиты, с рудным процессом.

Для объяснения формирования данных разновидностей пород наиболее убедительной является генетическая модель, предложенная А.А. Маракушевым [4] и рядом других исследователей. Согласно этой модели по мере нарастания вулканической активности и излияний первых порций вязкой высокотемпературной «сухой» магмы остаточный расплав обогащается летучими компонентами, ведущая роль среди которых принадлежит магмофильным компонентам. Растворенные в расплаве флюиды способствуют его охлаждению и увеличивают скорость роста кристаллов, которые часто достигают крупных размеров, причем, как следует из наших наблюдений, последующие генерации минералов нередко обрастают вокруг более ранних (высокотемпературных), что было установлено травлением кварца разных генерации газонасыщенных вулканитов. Неоднородность текстур и структур газонасыщенных вулканитов связывается нами вслед за Е.Б. Яковлевой [14] с неодинаковой обобщенностью флюидами их различных частей. Благодаря этому более вязкие участки и прослои вулканитов, обедненные летучими компонентами в процессе движения лавовых масс, разрываются, а места их разрывов заполняются более пластичными лавами. Последние образуют линзовидно-изогнутые обособления, представленные в настоящее время хлоритизированным

перлитом. Данные образования мы рассматриваем как фьямме, а содержащие их вулканиты — как игнимбриты. При окончательном отделении флюида из расплава, как указывает Е.Б. Яковлева [14], происходит формирование пепловидных структур базиса, а также растрескивание хрупких минералов (кварц) и скручивание упругих (биотит), что широко проявлено в изучаемых нами вулканитах.

Впервые породы подобного типа — *итальянские типерно* — в начале IX в. были рассмотрены Бухом (1809), указавшим на пламенеvidные включения в этих породах, часто взаимно параллельных. Как самостоятельный генетический тип они были описаны Абигом (1882) и названы им *туфолавами* Армении. Термин «игнимбриты» укоренился за ними после выхода работ П. Маршалла (1932, 1935), изучавшего кремнекислые образования Новой Зеландии.

Игнимбриты имеют очень широкое распространение на всем земном шаре (в Новой Зеландии, на Суматре, в Японии, на Камчатке, в Армении, Средней Азии, Центральном Казахстане и др.). А. Стейнер, изучавший те же породы, что и П. Маршалл, установил, что основная масса в них состоит из двух различных по показателю преломления (и следовательно, составу) стекол, предложил несмешимость расплава, тем самым устранив противоречие между особенностью их структур и геологическим (подводным, иногда интрузивным) залеганием пород [6]. Стейнер предложил оставить термин «игнимбрит» как описательный, а не как генетический.

В последние десятилетия произошел новый скачок в решении генетической природы этих образований. За рубежом американские ученые Р. Смит, К. Росс, Ф. Бойд, Х. Раст и др. развивают точку зрения о переливающейся через края кратера вулкана вспенившейся газовой-пирокластической смеси, которая, обладая высокой подвижностью, способна перемещаться на большие расстояния от центра извержения. В Советском Союзе И.В. Лучицкий, Е.Ф. Малеев, А.А. Маракушев, Е.Б. Яковлева, Н.В. Короновский, В.В. Авдонин и др. пришли к выводу о двойственной природе игнимбритов. Так, исследованиям этих геологов было показано, что современные туфы и пеплы, выпадающие при извержениях, не обнаруживают признаков сваривания остроугольных частичек вулканического стекла, хотя мощность их нередко превышает сотни метров, т.е., игнимбриты не установлены ни в одном из современных риолитовых излияний. Единственные игнимбриты, сформированные в историческое время (вулкан Катмаи — извержение 1912 г.), наблюдались Григгсом и Феннером лишь спустя пять лет (в 1917 г.) в виде конечного затвердевшего продукта, о механизме формирования которого высказывались на первых порах самые различные предположения. Было обнаружено, что размер фьямме и размер вкрапленников не «реагируют» на удаленность от центров вулканических извержений. С другой стороны, пепловые частицы часто параллельны флюидалности, чего никогда не отмечается в пирокластических породах. Отмечается близость структур и текстур маломощных потоков и мощных покровов. В областях древнего вулканизма установлены игнимбритовые покровы, накапливающиеся в подводных условиях [14].

В номенклатуре и систематике этих образований в течение длительного времени происходили большие колебания, так, для них разными исследователями

употреблялись различные синонимы: пиротурбиты (раскаленный поток), игни-пумиты (огненная пемза), флюидпорфиры (жидкая кислая лава), гиалокластиты (обломочные, раздробленные стекла), спекшийся туф, артиктуф (по названию горы в Армении), итальянские пиперно и т.д. Обсидианы Йеллоустонского национального парка — один их типовых природных эталонов туфолав, изучавшихся Иддингсом (1889), он первый применил термин «сваренная пемза» и развил общие представления о сваривании пирокластитов.

П.Б. Иншин (1972) — на Алтае, Е.Б. Яковлева — в Центральном Казахстане (1967), А.С. Бобохов — на Урале [2] впервые выделили слепые тела игнимбритов с пепловидной структурой основной массы, что свидетельствует о различиях фациальных обстановок при формировании газонасыщенных вулканитов и полностью согласуется с нашими данными.

Зрелая континентальная кора, на которой была сформирована герцинская геосинклинальная система Юго-Западного Алтая, определила проявление островодужных комплексов, заложившихся в верхнем эйфеле [8] и обусловила появление игнимбритового магматизма. Последний носит черты подводных излияний и играет заметную роль в составе кремнекислых толщ девонской базальт-риолитовой формации, но не подавляющую, как это установлено для орогенных областей или для областей, связанных с активизацией платформенных участков земной коры и в пределах которых игнимбритовый магматизм проявлен в форме наземных извержений [5].

Продукты основного и кислого вулканизма фиксируются на различных стратиграфических уровнях в пределах всей девонской базальт-риолитовой формации Рудного Алтая [3]. Неоднократно в разрезе отмечаются туфы смешанного состава, пирокластический материал которых представлен как кремнекислыми, так и основными эффузивами. Присутствие последних свидетельствует о тесном взаимодействии процессов кислого и основного вулканизма. Некоторые родственные петро- и геохимические черты, свойственные как основным, так и кислым породам (в частности, содержание элементов-примесей, отношение калия к рубидию и др.), свидетельствуют о том, что роль базальтовой магмы при образовании кислых пород была не только энергетической. По-видимому, в верхние горизонты земной коры по наиболее проницаемым участкам из базальтовых очагов устремлялась базальтовая магма, которая местами непосредственно смешивалась с выплавленным кислым материалом. Так, по мнению В.С. Соболева (1981), смешение магм, поступающих из различных очагов по одним и тем же каналам, является достаточно обычным явлением. На рудном поле продуктами смешения различных по составу магм, вероятно, являются обособления обломковидной и овальной формы, наблюдаемые в основных эффузивах и имеющие, состав близкий к андезитам.

В настоящее время большинство исследователей Рудного Алтая отмечают генетическую общность процессов девонского вулканизма и полиметаллически-колчеданного оруденения. Подтверждением такой общности является установленный для всех месторождений Рудного Алтая четкий формационный контроль размещения оруденения; зависимость минерального состава руд от петрохимических

особенностей рудовмещающих вулканитов эйфель-франской контрастной формации [7; 8]; стратиграфический и литолого-фациальный контроль; приуроченность рудных залежей к отдельным элементам вулканических структур и другие [9]. На широкое развитие руд, синхронных осадочной седиментации, указывают такие данные, как пластовая форма рудных тел; широкое развитие в рудах группы седиментационных структур и текстур, наиболее полно для месторождений Змеиногорского района охарактеризованные В.В. Кузнецовым (1983) и В.М. Чекалиным (1985); широкое развитие гидротермально-осадочных окolorудных пород, рассмотренных В.В. Авдониным (1980); скрытая минералого-геохимическая зональность по мощности рудных тел (по В.И. Смирнову и Н.И. Еремину, 1976).

С газонасыщенными вулканитами субвулканической фации ассоциируют гидротермально-метасоматические непромышленные вкрапленные руды, локализуемые в пределах субвулканических тел или в местах их выклинивания [7]. Отложения, вмещающие промышленные залежи, рассматриваются нами как наджерловые образования вулканогенно-осадочных пород, они несут следы накопления в морских мелководных условиях с нормальной соленостью морского бассейна, формирование их приурочено к моментам затухания активной вулканической деятельности и активизации гидротермальной. Последняя является гораздо более продолжительной, нежели активная деятельность вулкана, предшествует ей и завершает ее (Раст, 1982; Макдональд, 1976; Лучицкий, 1971 и др.). Именно это, вероятно, и вызвало проработку пород рудной зоны (лежащий бок) и послужило причиной диагенетической избирательной аллохимической девитрификации («аддитивной» по В.И. Чернову [13]) кислых газонасыщенных стекол, проявившейся в хлоритизации и серицитизации. Подобный тип девитрификации установлен нами на Корбалихинском рудном поле, а также наблюдался на различных месторождениях Рудного Алтая (Рубцовское, Золотушинское, Лениногорское, Зырянское). На удалении от рудных объектов в аналогичных породах отмечается «нормальный» изохимический тип девитрификации с преобразованием кислых газонасыщенных стекол в мелкокристаллический агрегат, чаще всего фельзитовой структуры [9].

В газонасыщенных вулканитах во вкрапленниках кварца автором установлены многофазовые первично-магматические включения остаточных расплавов-расплавов ($T_{\text{гом}}$ — 560—650 °С), содержащие в твердой фазе хлориды натрия и калия, а также черно-бурую родную фазу. Последняя, вероятно, представляет собой экстрагированное рудное вещество, содержащееся в водно-солевом хлоридном флюиде. Аналогичные компоненты имеют место в более поздних гидротермальных газозо-жидких включениях (ГЖВ) с твердой фазой ($T_{\text{гом}}$ — 400 °С). Подобные ГЖВ могут рассматриваться в качестве продукта эволюции эндогенного флюида (Костина, Шарфман, 1977) и образуются, как это показал А.А. Маракушев [5], в конечные этапы кристаллизации силикатного расплава при относительно малых глубинах (4—5 км), отвечающих уровню промежуточного магматического очага. В работе Г. Тейлора (1976) показано, что подобные богатые хлоридами растворы приближаются по составу к минерализованным. Содержание цветных и благород-

ных металлов в них будет зависеть от температуры и режима Eh и ph , а также от наличия металлов в нижележащих породах.

На основании изложенного возможно предположить рудогенерирующую роль газонасыщенной магмы, послужившей источником рудоносных постмагматических растворов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Авдонин В.В., Дороговин Б.А., Округин В.М. Признаки ликвации в среднедевонских вулканогенных породах (Ленингорский район, Рудный Алтай) // Вест. МГУ. — 1975. — № 6. — С. 70—74. [Avdonin V.V., Dorogovin B.A., Okrugin V.M. Priznaki likvatsii v sredne-devonskikh vulkanogennykh porodakh (Leninogorskiy rajon, Rudnyj Altaj) // Vest. MGU. — 1975. — № 6. — S. 70—74.]
- [2] Бобохов А.С. О конкреционных обособлениях кварцевых альбитофиров // Бюл. МОИП, отд. геол. — 1968. — № 1. — С. 36—43 [Bobokhov A.S. O konkretionnykh obosobleniyakh kvartsevykh al'bitofirov // Byul. MOIP, otd. geol. — 1968. — № 1. — S. 36—43.]
- [3] Караулов В.Б., Филатова Л.К., Никитина М.И. Девонские геологические формации Змеиногорского рудного района (Рудный Алтай) // Известия ВУЗов, Геология и разведка. — 1997. — № 2. [Karaulov V.B., Filatova L.K., Nikitina M.I. Devonskie geologicheskie formatsii Zmeinogorskogo rudnogo rajona (Rudnyj Altaj) // Izvestiya VUZov, Geologiya i razvedka. — 1997. — № 2.]
- [4] Маракушев А.А., Яковлева Е.Б. Генезис кислых лав // Вестн. МГУ, геология. — 1975. — № 1. — С. 3—23. [Marakushev A.A., Yakovleva E.B. Genезis kislых lav // Vestn. MGU, geologiya. — 1975. — № 1. — S. 3—23.]
- [5] Маракушев А.А., Маракушев С.А. Происхождение и флюидная эволюция Земли // Пространство и Время. — 2010. — № 1. С. 98—118. [Marakushev A.A., Marakushev S.A. Proiskhozhdenie i flyuidnaya ehvolyutsiya Zemli // Prostranstvo i Vremya. — 2010. — № 1. — S. 98—118.]
- [6] Стейнер А. Происхождение игнимбритов острова Северный, Новая Зеландия (новая петрографическая концепция) // Проблемы палеовулканизма. — М.: ИЛ, 1963. — 273 с. [Stejner A. Proiskhozhdenie ignimbritov ostrova Severnyj, Novaya Zelandiya (novaya petrograficheskaya kontseptsiya) // Problemy paleovulkanizma. — M.: IL, 1963. — 273 s.]
- [7] Филатов Е.И., Пугачева И.П., Крейтер И.В., Кузнецов В.В., Филатова Л.К. Геологические условия размещения колчеданно-полиметаллического оруденения в Змеиногорском рудном районе (Рудный Алтай) // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. — 1981. — № 4. — С. 78—83. [Filatov E.I., Pugacheva I.P., Krejter I.V., Kuznetsov V.V., Filatova L.K. Geologicheskie usloviya razmeshheniya kolchedanno-polimetallichesкого orudneniya v Zmeinogorskom rudnom rajone (Rudnyj Altaj) // Izv. VUZov Geologiya i razvedka. — 1981. — № 4. — S. 78—83.]
- [8] Филатов Е.И., Ширай Е.П. Формационный анализ рудных месторождений. — М.: Недра, 1988. — 144 с. [Filatov E.I., SHiraj E.P. Formatsionnyj analiz rudnykh mestorozhdenij. — M.: Nedra, 1988. — 144 s.]
- [9] Филатова Л.К. Фациальные особенности вулканизов, вмещающих скрытые колчеданно-полиметаллические залежи Корбалхинского рудного поля (Рудный Алтай) // Тр. ЦНИГРИ. — Вып. 186. — М., 1983. — С. 43—48. [Filatova L.K. Fatsial'nye osobennosti vulkanitov, vmeshhayushhikh skrytye kolchedanno-polimetallicheskie zalezhi Korbalkhinskogo rudnogo polya (Rudnyj Altaj) // Tr. TSNIGRI. — Вып. 186. — М., 1983. — S. 43—48.]
- [10] Филатова Л.К., Караулов В.Б., Никитина М.И. О возрастных соотношениях различных типов порфиров Юго-Западного Алтая (Змеиногорский район) // Известия ВУЗов. Геология и разведка. — 2002. — № 3. [Filatova L.K., Karaulov V.B. Nikitina M.I. O vozrastnykh

- sootnosheniyakh razlichnykh tipov porfirov YUgo-Zapadnogo Altaya (Zmeinogorskij rajon) // Izvestiya VUZov. Geologiya i razvedka. — 2002. — № 3.]
- [11] *Филатова Л.К.* Петрологический анализ девонских вулканоплутонических ассоциаций колчеданосных формаций Российской части Рудного Алтая // *Материалы Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле»*. — Т. 1. — М., 2005. [*Filatova L.K.* Petrologicheskij analiz devonskikh vulkano-plutonicheskikh assotsiatsij kolchedanosnykh formatsij Rossijskoj chasti Rudnogo Altaya // *Materialy Mezhdunarodnoj konferentsii «Novye idei v nauках o Zemle»*. — Т. 1. — М., 2005.]
- [12] *Филатова Л.К.* Некоторые особенности палеозойских риолитов, производных флюидизированной магмы (на примере северо-западной части Рудного Алтая) // *Материалы Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле»*. — Т. 1. — М., 2011. — С. 55. [*Filatova L.K.* Nekotorye osobennosti paleozojskikh riolitov, proizvodnykh flyuidizirovannoj magmy (na primere severo-zapadnoj chasti Rudnogo Altaya) // *Materialy Mezhdunarodnoj konferentsii «Novye idei v nauках o Zemle»*. — Т. 1. — М., 2011. — S. 55.]
- [13] *Чернов В.И.* Вулканогенные формации и порфировые интрузии Рудного Алтая. — М.: Наука, 1974. — 242 с. [*CHernov V.I.* Vulkanogennyye formatsii i porfirovyye intruzii Rudnogo Altaya. — М.: Nauka, 1974. — 242 s.]
- [14] *Яковлева Е.Б.* Некоторые особенности кристаллизации магматических пород кремнекислого состава // *Бюл. МОИП*. — 1979. — Т. 54. — № 2. [*Yakovleva E.B.* Nekotorye osobennosti kristallizatsii magmaticheskikh porod kremnekislogo sostava // *Byul. MOIP*. — 1979. — Т. 54. — № 2.]

ACID VOLCANIC ROCKS OF DEVONIAN BASALT-RHYOLITE FORMATION OF RUDNY ALTAI, THEIR FACIES AND PETROGENESIS

L.K. Filatova¹, E.I. Filatov²

Peoples' Friendship University of Russia
Mirlyuho-Maklay str., 6, Moscow, Russia, 117198

Institute of Mineralogy, Geochemistry and crystal chemistry of rare
Veresaev str., 15, Moscow, Russia, 121357

An explanation of internal contrast structure of silicate volcanic rocks of basalt-rhyolite formation of Rudny Altai. There is a substantiation of a type of rhyolite belonging to ignimbrites.

Key words: silicate volcanic rocks, ignimbrites, acid volcanic rocks, gas-saturated volcanic rocks, volatile components.