

**ГЕОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ДЕВОНСКИХ ВУЛКАНОГЕННЫХ  
ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХОВЬЕВ РЕК МАЛЫЙ ТАШТЫП И БАЛЫКСУ**

В. И. ГЕРЯ

(Представлена семинаром кафедры петрографии)

Среднепалеозойские вулканогенные отложения юго-западной при- бортовой части Минусинского межгорного прогиба образуют в бассей- не рек Таштып, Балыксу заметно обособленную структуру меридио- нального простирания, отделенную от сложнодислоцированных терри- генно-карбонатных толщ верхнего протерозоя — нижнего кембрия — региональными разломами длительного развития (7). Этот блок, из- вестный под наименованием Балыксинского грабен-синклинала (7), Балыксинской впадины (4), Балыксинской промежуточной зоны Юж- но-Минусинского внутригеосинклинального прогиба (6), является од- ним из довольно самостоятельных элементов обрамления Минусинской впадины.

Изучение структуры эффузивной толщи верховьев рек Балыксу, Таштып, проведенное автором в последнее время, позволило уточнить внутреннее строение Балыксинского блока, представляющего собой антиклинальное сооружение меридионального простирания, сопрягаю- щееся через промежуточные складки с более спокойно залегающими девонскими отложениями Минусинской впадины.

Отсутствие органических остатков, весьма разнообразный вещест- венный состав, сложное тектоническое строение и мощности, достигаю- щие местами 2500—3000 м, затрудняют стратификацию этих образо- ваний. Тем не менее, в результате исследований последних лет, касаю- щихся как собственно Минусинской впадины, так и западного ее об- рамления, освещенных в печати [1, 4, 5] и известных по работам Ю. В. Макарова, И. К. Кокодзеева и др., появилась возможность бо- лее уверенно сопоставлять вулканогенные отложения этого участка с комплексом синхронных осадков впадины. В частности, непосредст- венно южнее района, в средней части девонской эффузивной толщи Ю. В. Макаров выделяет имеющую свиту, сложенную красноцветными, зелено-серыми песчаниками, алевролитами, гравелитами, черными из- вестняками и мергелями. Отложения, объединяемые в упомянутую свиту, могут быть предварительно сопоставлены с верхней частью ка- менской свиты, выделяемой в пределах описываемого района (см. ни- же), в составе которой, наряду с эффузивами, существенную роль играют псаммито-псефитовые осадки, содержащие изредка тонкие слои глинистых известняков.

Сопоставление отдельных разрезов, петрографические и геохими- ческие особенности, изменение вещественного состава образований по

мощности эффузивной толщи позволяют выделить два крупных этапа (мегацикла) в истории вулканической деятельности, из которых более древний охватывает период накопления отложений, выделенных ойской и каменной свит, относящихся, по-видимому, к кобленцкому ярусу. Во второй этап, вероятно, отвечающий эйфельскому веку (или его первой половине), накапливалась мощная толща вулканогенных пород тарланской свиты. Начальная стадия каждого этапа, в общем, характеризуется излияниями продуктов относительно слабо дифференцированной базальтовой магмы. В среднюю и конечную стадию мегациклов вулканизма, в связи с более глубокой дифференциацией магмы, отлагались довольно разнообразные по составу покровы эффузивов с заметной примесью слоев пирокластического материала.

Во второй половине раннего и позднего этапов эффузивной деятельности намечаются отдельные циклы извержений, большинство из которых начинается излияниями продуктов основного состава, сменяющимися позже накоплением эффузивов несколько меньшей основности, и нередко завершается образованием кислых дифференциатов основной магмы. Вулканогенная толща формировалась в континентальных условиях, при этом отложение грубообломочных осадков с прослоями алевролитов, туфов и изредка известняков происходило в период максимального опускания суши. Наиболее благоприятными в этом отношении являлись периоды на границе отдельных циклов или паузы в вулканической активности.

Цикличность строения вулканогенной толщи подтверждается характером изменения концентрации отдельных элементов, содержание которых тесно связано с составом породы.

В принятой схеме расчленения стратиграфические границы выделенных (снизу вверх) ойской, каменной и тарланской свит совпадают с границами наиболее крупных циклов эффузивного магматизма.

Ограниченное число химических анализов эффузивных пород южной части района, известных по работам Г. В. Полякова и А. Е. Телешева, Ю. В. Макарова и автора, и отсутствие их точной стратиграфической привязки позволяют сделать выводы лишь о петрохимии всего комплекса в целом, который, судя по имеющимся анализам, принадлежит к ряду, промежуточному между щелочными и щелочноземельными магматическими ассоциациями с заметной пантелеритовой тенденцией в вариации параметра  $a$ . Этот комплекс приближается к трахиандезитовой группе формаций Ю. А. Кузнецова [3], к которой относится девонская вулканогенная серия Минусинского межгорного прогиба [5], особенно ее ассоциация, близкая к трахиандезитовой. В отличие от последней, наиболее основные породы описываемого комплекса имеют заметно меньшую щелочность, возрастающую с увеличением  $s$ . Наоборот, эффузивы среднего состава, представленные группой трахиандезитов, отличаются высоким значением  $a/c$ , которое в кислых дифференциатах снова несколько снижается в сравнении с аналогичными образованиями серии Минусинского межгорного прогиба.

### Ойская свита

Основание вулканогенной толщи обнажается на юге района, на правом склоне долины реки Оя, где на размытой поверхности песчано-сланцевых отложений нижнего кембрия с резким угловым и азимутальным несогласием залегают красноцветные песчаники, перекрытые серией эффузивных образований основного состава.

Нижняя подсвита представлена пачкой упомянутых красноцветных песчаников, слагающих уплощенное ядро Ойской антиклина-

ли. Основание пачки мощностью 25—30 м сложено гравелито-песчаниками с маломощным слоем базальных конгломератов с плоской, хорошо окатанной галькой подстилающих сланцев, известняков, кварцитов, реже красноцветных песчаников, алевролитов. Выше согласно залегает монотонная пачка буро-лиловых слоистых полимиктовых песчаников с прослоями алевролитов и гравелитов. В верхней части эта пачка содержит прослойки мелкогалечных конгломератов с галькой плагиогранитов, кислых эффузивов и красноцветных песчаников.

Мощность подсвиты достигает 180—200 м. Подсвита может быть сопоставлена с нижней терригенной пачкой чиланской вулканогенной серии А. И. Анатольевой [1] и низами чиланской свиты Н. А. Белякова и В. С. Мелещенко [5].

Верхняя подсвита, объединяющая вулканогенные отложения начального периода раннего мегацикла магматизма, занимает главным образом осевые части Балыксинской и Ойской антиклиналей и представлена монотонной толщей эффузивов основного состава, среди которых в районе р. Оя основную роль играют покровы бурых оливиновых базальтов, порфиритов и их лавобрекчий. Типично почти полное отсутствие миндалинов в породах. В бассейне рек Таштып, Балыксу подсвита сложена преимущественно покровами диабазовых порфиритов, редко оливиновых базальтов. В верхней части подсвиты иногда отмечаются покровы лиловых андезит-лабрадоритовых и лабрадоритовых порфиритов. В кровле толщи иногда наблюдаются локальные покровы ортофиритов и плагиопорфиритов. Кластические породы для подсвиты не типичны. Мощность подсвиты западнее Хайлеола, по-видимому, превышает 700—900 м; в низовьях р. Оя полная ее мощность снижается до 350 м.

#### Каменская свита

Отложения свиты, слагающие приядерные части Балыксинской и Ойской антиклиналей, сформировались в среднюю и конечную стадию раннего этапа эффузивной деятельности. Кроме магматических продуктов, в составе свиты существенную роль играют терригенные, преимущественно континентальные осадки, тяготеющие к средней и верхней части разреза толщи.

Особенностью вещественного состава свиты является заметное развитие в ее составе лилово-бурых лабрадоритовых порфиритов и их лавобрекчий и кислых эффузивов. Последние в районе устья р. Дресвянка составляют несколько более 20% мощности разреза. Не менее типично присутствие покровов темно-серых плотных оливиновых диабазов (долеритов) с характерной микродолеритовой структурой. Несколько менее распространены диабазы, диабазовые порфириты и разновидности эффузивов промежуточного к среднему составу. Из кислых дифференциатов базальтовой магмы отмечаются фельзиты, ортофириты, плагиопорфириты, трахиандезиты, слагающие покровы в кровле отдельных вулканогенных пачек, в основании которых обычно находятся покровы лабрадоритовых порфиритов. Слои конгломератов, залегающие в средней части свиты, содержат многочисленную гальку гранитоидов разнообразных эффузивных пород кислого состава, подобных эффузивам Тейского района [8], эффузивов основного состава, песчаников, алевролитов. Севернее пос. Хайлеол в гальке сланцев из конгломератов Ю. В. Индукаевым обнаружены остатки брахиопод рода *Cyrtospirifer*, здесь же в верхах подсвиты присутствуют небольшие прослои серых известняков. Со слов Ю. В. Индукаева, по предварительным данным, возраст фауны оценивается в пределах от низов верхнего до низов среднего девона.

Мощность свиты изменяется от 1300 м на юге района до 300—400 м севернее Хайлеола.

Верхняя часть свиты может быть сопоставлена с имекской свитой, выделенной Ю. В. Макаровым в средней части девонской вулканогенной толщи непосредственно южнее района. В этой связи необходимо учитывать выводы А. И. Анатольевой [1] о вероятном раннесреднедевонском возрасте имекской свиты.

Определение абсолютного возраста фельзитов кровли свиты дало 292 млн. лет (валовая проба, определение В. М. Кисенко, ЦЛ ЗСГУ), что, по-видимому, свидетельствует о значительной потере аргона калишпатом породы.

### Тарланская свита

Вулканогенные отложения позднего мегацикла магматизма, выделенные в тарланскую свиту, располагаются на крыльях Балыксинской и Ойской антиклиналей и в ядре Татыхской синклинальной структуры. Необходимо подчеркнуть резко преобладающие лиловые и лилово-бурые тона окраски как эффузивных, так и терригенно-карбонатных пород свиты и чрезвычайно широкое развитие миндалевидных разновидностей эффузивов.

Нижняя подсвита объединяет отложения первой половины позднего мегацикла вулканизма, представленные мощной толщей относительно слабо дифференцированных эффузивов основного состава, с отдельными пластами и линзами терригенных осадков. Эффузивные породы представлены многочисленными покровами миндалевидных лилово-бурых и темно-лиловых, чаще афанитовых или очень мелкокристаллических оливиновых базальтов, порфиритов, лабрадоровых и андезин-лабрадоровых порфиритов и их лавобрекчий, реже сливиновых диабазов, плагиоклазовых порфиритов близкого к среднему составу, а также плагиопорфиров, приуроченных к кровле подсвиты. Линзы конгломератов основания подсвиты, перекрытые устойчивыми пачками песчаников, туфолесчаников, алевролитов, содержат средние и плохо окатанную гальку подстилающих пород, главным образом, фельзитов каменной свиты. Мощность подсвиты, достигающая у устья р. Дресвянка 825 м, на юге района уменьшается до 300 м.

Верхняя подсвита. В пределах района разрез вулканогенных отложений завершается серией покровов эффузивов, переслаивающихся с довольно мощными пачками терригенных пород. В составе эффузивов преобладают лилово-бурые лавы, лавобрекчии основного состава с подчиненным развитием оливиновых диабазов, андезин-лабрадоровых и андезиновых порфиритов. Диабазы, лабрадоровые порфириты, а также кислые разновидности эффузивов для подсвиты малохарактерны. На севере района, где осадочные породы составляют около 40% мощности подсвиты, вскрытая ее часть сложена тремя ритмичными пачками, в основании которых залегают красноцветные полимиктовые псаммито-алевритовые породы. Средняя часть пачек представлена покровами различной мощности эффузивов основного состава, а кровля — маломощными покровами лилово-серых андезиновых порфиритов или плагиопорфиров. Мощность подсвиты в бассейне р. Оя достигает 800—1000 м и снижается на севере района до 450—550 м.

Отложения свиты могут рассматриваться, учитывая сопоставление части каменной свиты с имекской свитой Ю. В. Макарова, как эффузивная фация толчковской свиты Н. А. Белякова и В. С. Мелещенко [5].

## Геохимические особенности девонских эффузивов

Спектральными анализами, выполненными И. Г. Коряковой и Н. И. Ерофеевым (ЦГФЭ КГУ), во всех пробах вулканогенных пород (90 проб) установлены Ca, Mg, Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Mn, Ti, V, в большинстве проб, кроме того, присутствуют Zr, Pb, В, Ga, значительно реже Sr, Mo.

Анализ вариаций содержаний отдельных компонентов позволяет установить связь их концентрации с вещественным составом пробы, в частности, элементы первой группы обнаруживают отчетливую положительную корреляцию с основностью породы. Характер вертикального распределения ряда элементов указывает на цикличность в колебаниях их содержаний по разрезу, что, в свою очередь, подтверждает определенную закономерность изменения состава продуктов эффузивной деятельности во времени.

По диапазону вариаций концентраций и степени связи компонента с составом породы можно наметить несколько групп элементов, из которых пара Ca, Mg выделяется максимальными, за исключением Zn, пределами изменения содержаний (0,1—10,0% для Ca и 0,02—5,0 для Mg соответственно в кислых и основных разновидностях эффузивов). Таким образом, количество этих породообразующих элементов, тесно связанных с составом породы, значительно дифференцировано и достаточно убедительно отражает закономерности изменения продуктов извержений во времени. К этой группе близок заметно коррелирующийся с кальцием цинк, отличающийся наиболее широким диапазоном колебаний концентрации (в среднем от 0,02 до 0,2%), которая также определена зависит от состава пробы.

Поведение второй группы элементов — Ni, Cr, Co — в значительной мере обусловлено составом вмещающей породы, однако изменение их содержания ограничено более узкими пределами: менее 0,001—0,02% для Ni, 0,001—0,05% для Co и следы — 0,02% для Cr. Тесная взаимная связь этих компонентов указывает на известную общность их геохимической истории.

Ti, Mn, V отличаются сравнительно стабильным распределением; лишь в фельзитах, ортофирах и плагиопорфирах их содержание заметно уменьшается, а некоторое увеличение Ti отмечается лишь в отдельных пробах лабрадоровых порфиритов.

Медь, несмотря на известное некоторое повышение ее количества с ростом основности породы (2), не обнаруживает определенной связи с составом эффузивов. Отдельные локальные максимумы Cu, как и Zn, связаны, возможно, с постмагматической и полиметаллической минерализацией, чрезвычайно типичной для данных образований.

Приведенная геохимическая колонка, к сожалению, охватывает лишь большую среднюю часть разреза вулканогенной толщи, поэтому наиболее общие геохимические особенности начальных и конечных этапов среднепалеозойского эффузивного магматизма района описаны по данным ограниченного числа проб, отобранных по другим разрезам, скоррелированным с данным. Распределение упомянутых элементов в эффузивах ойской свиты в бассейне р. Оя на юго-востоке района несколько напоминает таковое в породах нижней подсвиты тарланской свиты, что находится в соответствии с определенной близостью общего состава комплекса этих отложений, представленных продуктами начальных периодов раннего и позднего мегациклов магматизма. Можно отметить лишь незначительное общее уменьшение содержаний Mg, Ni, Co, Cr в породах первой половины позднего мегацикла в сравнении с соответствующим комплексом раннего этапа.

Относительно слабая дифференциация магмы на ранних периодах каждого этапа эффузивной деятельности подтверждается небольшими пределами колебаний содержаний элементов в породах нижней подсвиты тарланской свиты, особенно Ti, V, отчасти Cr, Ni, Co, Mg. Резко дифференцированное распределение компонентов с многочисленными экстремальными величинами их концентрации в комплексе отложений поздних периодов мегациклов хорошо иллюстрируется характером геохимической колонки каменной свиты и верхней подсвиты тарланской свиты, в составе которых присутствуют как кислые, так и наиболее основные разновидности эффузивов.

В разрезе каменной свиты выделяются интервалы, сложенные эффузивными продуктами трех самостоятельных циклов извержений. Нижняя часть этих интервалов представлена обычно покровами лабрадоритовых порфиритов, характеризующихся максимальными содержаниями Mg, Cr, Ni, Co, частью Zn. Выше по разрезу, в связи с уменьшением основности эффузивов, концентрация этих компонентов убывает до минимальных значений в ортофирах, плагиопорфирах и фельзитах, завершающих цикл вулканизма. Максимумы Ca, как правило, приурочены к средней части интервалов. Можно отметить некоторую аналогию в характере распределения компонентов и в строении верхней подсвиты тарланской свиты и основания каменной свиты.

Комплекс продуктов первой половины второго мегацикла (нижняя подсвита тарланской свиты) отличается от подстилающих отложений сравнительно однородным своим составом с менее четко выраженной цикличностью. Меньшая контрастность состава эффузивов находится в соответствии с более узкими средними диапазонами вариации содержаний V, Ti, Ca, Mg. Аномально высокие концентрации Zn в кластических отложениях основания и верхней части подсвиты связаны, по-видимому, с гидротермальной минерализацией.

Среди многочисленных геохимических ритмов, отражающих определенную периодичность в истории вулканизма, выделяются отдельные участки с присущими только им особенностями распределения отдельных компонентов. В этом отношении наиболее индивидуализирована верхняя часть каменной свиты со стабильной, отчетливо выраженной противоположной тенденцией вертикального распределения Ti и Ca в средней части интервала и положительной их корреляционной связью на остальных участках. Можно отметить также в качестве диагностического признака значительно однородной в отношении Ti и V состав отложений нижней подсвиты тарланской свиты и некоторое понижение содержания Ca к верхам этого участка разреза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Анатольева. Стратиграфия и некоторые вопросы палеогеографии девона Минусинского межгорного прогиба. Тр. инст. Геология и геофизика, вып. 2, 1960.
2. А. П. Виноградов. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. Геохимия, № 7, 1962.
3. Ю. А. Кузнецов. Главные типы магматических формаций. Изд. Недра, 1964.
4. И. В. Лучицкий. Вулканизм и тектоника девонских впадин Минусинского межгорного прогиба. Изд. АН СССР, 1960.
5. В. С. Мелешенко. О некоторых вопросах стратиграфии девонских отложений Минусинской котловины. Тр. ВСЕГЕИ, сб. Палеонт. и стратигр. Госгеолиздат, 1953.
6. А. А. Моссаковский. Тектоника Минусинских впадин и их фундамента. Тектоника Сибири. Изд. СО АН СССР, 1963.
7. Д. И. Мусатов. Некоторые особенности глубинных разломов на примере складчатых областей юга Красноярского края. Тектоника Сибири. Изд. СО АН СССР, 1963.
8. Г. В. Поляков, А. Е. Телешев. Магматические комплексы района Тейской группы железорудных месторождений (Кузнецкий Алатау). Основные идеи М. А. Усова в геологии. Изд. АН КазССР, 1960.