

Карпинский А.П. Об авгитовых породах деревни Мулдакаевой и горы Качканар на Урале. Диссертация, представленная в Совет Горного Института, для получения звания адъюнкта по кафедре Геологии. СПб: Типография А. Демакова (В.О., 9 л., д. 22). 1869. 51 с.

Карпинский А.П. О петрографических законах // Горный журнал. 1870. № 4. С. 63–79.

Карпинский А.П. О правильности в очертании, распределении и строении континентов // Горный журнал. 1888. № 2. С. 252–269.

Кондаийн О.А., Берлянд Н.Г., Водолазская В.П. и др. Идеи А.П. Карпинского и современные представления о геологическом строении и развитии Урала // Региональная геология и металлогения. 1997. № 7. С. 29–45.

Левинсон-Лессинг Ф.Ю. Успехи петрографии в России. Петроград: Издание геологического комитета, 1923. 408 с.

Малахов А.А. Как произошли Уральские горы. Свердловск: Областное государственное издательство, 1949. 52 с.

Миясиро А., Аки К., Шенгер А.Дж. Орогенез. М.: Мир, 1985. 288 с.

Романовский С.И. Геологические идеи А.П. Карпинского и современная наука. Л., 1989. 16 с.

Смирнов Г.А. Развитие научных взглядов на динамику Уральской горной системы. Екатеринбург: Наука, 1992. 296 с.

Сурин Т.Н., Мосейчук В.М. Геодинамика развития Магнитогорского палеовулканического пояса (Южный Урал) // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология, география. 1995. Вып. 4 (№ 28). С. 11–18.

Surin T.N. Geodynamics of the Magnitogorsk-Mugodzhary paleoisland-arc system development (the South Urals) // 5th Zonenshain Conference on Plate Tectonics. Moscow, 1995. P. 93–94.

А.М. Косарев

*Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия
amkosarev@mail.ru*

Вулканизм и колчеданное оруденение Сакмарской и Уралтауской зон Южного Урала в палеозое

А.М. Kosarev

Institute of Geology UFRS RAS, Ufa, Russia

Volcanism and massive sulfide mineralization of the Sakmara and Uraltau zones of South Urals in the Paleozoic

Abstract. The work characterizes the Karamaly and Blyava volcanic complexes in the Mednogorsk region. Based on the findings of graptolites in limestones and siliceous shales, intercalations of pillow basalts and massive basaltic flows, the sequence is dated at the Middle to Upper Llandoveryan. Based on the presence of facies replacement of the Karamaly Sequence by siliceous rocks of the Sakmara Formation, the suggested age of the sequence is assumed Silurian–Lower Devonian. Basalts of the southern wall of the Blyava open-pit and their analogs, which contain interlayers of siliceous rocks with Lower Silurian graptolites, are included in the Karamaly Sequence and Blyava Formation, and an ore-hosting section of the Blyava and Komsomolsky deposits with low-Ti basalts and acidic polyfacies rocks, is classified as the Blyava Formation (Silurian–Lower Devonian). It is concluded that the Maksyutov Complex can partly be compared with Silurian–Early Devonian volcanic sulfide-bearing strata of the Mednogorsk ore region.

Введение. Анализ петрохимических и геохимических материалов по вулканитам Медногорского рудного района [Серавкин, Родичева, 1990; Даниленко, 1991; Серавкин и др., 1992; Рязанцев и др., 2005; Косарев, 2015] показал, что кембрий-ордовик-раннедевонские базальтоидные комплексы Сакмарской зоны включают два петролого-геохимических типа.

Первый тип, сложенный базальтами высоко-, умереннотитанистого состава ($\text{TiO}_2 = 1.45\text{--}3.25$ мас. %) включает медногорский (С), баулуский ($\text{O}_{1,2}$), дергайшский (S_1In) и карамолинский (S-D_1) вулканические комплексы. Второй тип представлен низкотитанистыми ($\text{TiO}_2 \leq 1.2$ мас. %) базальтоидами блявинского ($\text{S}_{2(c)}\text{-D}_1$) и чанчарского (D_1e_1) комплексов и интрузивными комагматами чанчарского комплекса (D_1e_1) щелочной и шошонитовой сериям. К низкотитанистым базальтоидным комплексам мы относим блявинскую свиту, вмещающую Блявинское и Комсомольское колчеданные месторождения. По нашему мнению, к блявинской свите следует относить только рудовмещающий комплекс, сложенный низкотитанистыми базальтами островодужного типа и кислыми натриевыми породами полифациального состава, залегающими в подрудной и отчасти в надрудной зонах Блявинского и Комсомольского колчеданных месторождений [Даниленко, 1991] и месторождения Яман-Касы.

Вулканические комплексы, колчеданное оруденение и геодинамика. Карамолинский палеовулканический комплекс (S-D_1) выделен в Сакмарской зоне в Медногорском рудном районе в ранге толщи или свиты [Смирнова и др., 1986; Серавкин, Родичева, 1990; Серавкин и др., 1992]. По содержаниям TiO_2 (1.5–2.0 мас. %) карамолинские базальты близки комплексам рифтогенных океанических базальтов баулуского комплекса. Для карамолинской толщи характерна пространственная фациальная ассоциация с серпентинитами, фтанитами и эдафогенными брекчиями серпентинизированных ультрабазальтов [Серавкин и др., 1992]. В геологическом разрезе у д. Чураево кремнистые породы и базальты залегают на поверхности офиолитовых пластин со стратиграфическим контактом [Серавкин, Родичева, 1990].

По суммарной щелочности карамолинские базальты относятся к нормально-щелочной и умеренно-щелочной натриевой сериям. Содержание железа ($\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$) повышенное (в среднем, 15.5 мас. %) и на диаграмме Миаширо ($\text{SiO}_2\text{-FeO}^*/\text{MgO}$) эти базальты относятся к толеитовой серии. Карамолинские базальты сходны с базальтами ОРВ и внутриплитного типа, присутствующими среди вулканитов баймак-бурибайской свиты в нижней части разреза по р. Таналык. На диаграмме Mn-Ti-P они попадают в поле толеитов островных дуг и СОХ и изредка – в поле океанических платобазальтов (ОРВ). На диаграмме Nb-Y [Холоднов и др., 2021] они располагаются в секторе с отношением $\text{Nb/Y} = 3$ вблизи стандарта E-MORB.

Эти данные позволяют предполагать, что в период формирования разреза карамолинского комплекса в верхнесилурийско-раннедевонское время происходило взламывание океанической коры, внедрение и вывод на морское дно протрузий ультрабазитов, их разрушение и образование эдафогенных брекчий. Эти процессы весьма характерны для формирующихся глубоководных желобов в период заложения и начала активной фазы субдукции [Мурдмаа, 1987].

Базальты блявинской свиты ($\text{S}_{2(c)}\text{-D}_1$) представлены мелкопорфировыми пиллоу-базальтами нормальной и умеренной щелочности с замещенными вторичными минералами пироксенами и альбитизированными плагиоклазами. На петрохимических диаграммах AFM и Миаширо базальты располагаются в полях толеитовой и известково-щелочной серий. На диаграмме $\text{MnO-TiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$ большинство точек попадает в поле известково-щелочных составов. Содержания TiO_2 (0.43–1.20 мас. %) в базальтах надрудной толщи блявинского вулканического комплекса [Серавкин, Родичева, 1990; Даниленко, 1991; Косарев, 2015] соответствуют надсубдукционным островодужным базальтам [Авдейко и др., 2006]. На диаграмме Пирса [Pearce, 2008] составы базальтов блявинского комплекса размещаются в полях III, IV островодужных обстановок. На графике Zr/Y-Nb/Y [Fitton et al., 1997] все фигуративные точки блявинской свиты находятся по обе стороны разделительной линии неплюмового источника (EN). На диаграмме Nb-Y [Холоднов и др., 2021] две фигуративные точки базальтов блявинской свиты размещаются в области перекрытия полей I и II, вблизи стандарта ОРВ.

Карамолинская свита максютовского комплекса зоны Урала. На площади максютовского комплекса известны мелкие месторождения и рудопроявления Юлукской группы медно-сульфидных колчеданных месторождений (Южно-Юлукское, Северо-Юлукское, Гумеровское и др.) [Алексеев, 1976]. Все рудные залежи имеют пластовую форму и приурочены к карамолинской свите, завершающей разрез максютовского комплекса. В строении комплекса участвуют метабазалты (ортосланцы), составляющие примерно 15–20 об. % комплекса. Рудные тела Южно- и Северо-Юлукского месторождений – согласные пластообразные линзовидные, среди сульфидных руд преобладают массивные руды, в меньшем объеме присутствуют вкрапленные и полосчатые типы. По минеральному составу руды включают пиритовые, сфалерит-халькопиритовые, халькопирит-пирротин-пиритовые, пирит-пирротиновые, реже пирротиновые.

Генезис и возраст сульфидного оруденения Юлукской группы – предмет дискуссии. Предполагается гидротермальное и эксгалиционно-осадочное происхождение руд. Более аргументирован второй вариант. В связи с дискуссией о возрасте оруденения Юлукских месторождений, интерес представляет заключение А.П. Виноградова с соавторами [Виноградов и др., 1960], основанное на изучении изотопного состава Pb пиритовых руд Южно-Юлукского месторождения. По мнению авторов, месторождения имеют послеордовикский, иначе говоря, палеозойский возраст, который совпадает с возрастом колчеданных месторождений Блявинской группы.

По нашему мнению, возможным протолитом карамолинской свиты максютовского комплекса являются толщи, отнесенные к верхней части разреза карамолинской толщи и нижней части разреза блявинской свиты [Серавкин и др., 1992]. Нижняя часть разреза блявинской свиты могла содержать колчеданные рудные тела современного Юлукского рудного района. Эти месторождения отчасти обладают сходством с месторождениями медно-кобальт-колчеданного состава ивановского типа Вознесенско-Присакмарской зоны [Масленников, 1999], прежде всего, из-за присутствия в разрезе карамолинской рудоносной свиты линз серпентинизированных ультрабазитов [Алексеев, 1976]. Отличием месторождений юлукской группы, по сравнению с ивановским типом Вознесенско-Присакмарской зоны, является преобладание в подсчитанных запасах металлов Zn над Cu, при незначительных общих запасах руд, что характерно и для Комсомольского, Яман-Касинского и Разумовского месторождений. В разрезах рифейских толщ Южного Урала колчеданные месторождения неизвестны.

В.Н. Пучков [2010] считает возможным включать максютовский комплекс в аккреционную призму девонского возраста, где совмещены палеозойские офиолиты и сиалические породы докембрийского (?) возраста.

Возраст формирования линзовидных залежей мраморов кайраклинской и карамолинской свит определен по находкам в них силурийско-раннедевонских конодонтов [Захаров, Мавринская, 1994; Захаров, Пучков, 1994] и кембрийских археоциат [Львов, 1965]. Возраст рутила из сланцев и эклогитов составляет 1216 ± 93 млн лет, циркона из юмагузинской свиты – 1100 млн лет: U–Pb метод [Краснобаев и др., 1996] и Rb–Sr метод [Добрецов, 1974] и терригенного циркона из кварцитов галеевской и юмагузинской свит – от 960–990 до 2000 ± 210 млн лет [Козлов, 1982]. Эти данные, скорее всего, отражают возраст материнских пород рифея, подверженных размыву, возможно, и захвату и уносу в зону субдукции, с последующей эксгумацией.

Обсуждение. Раннепалеозойский тектономагматический цикл и формационный ряд в Сакмарской структурной зоне включает кембрийские, ордовикские, силурийские и раннедевонские формации. В кембрийское и ордовикское время сформировались медногорский (С) и баулуский (O_{1,2}) вулканические комплексы, относящиеся к стадиям континентального и океанического рифтогенеза. В раннесилурийское время в период образования карамолинского

(S–D₁) вулканического кремнисто-базальтового комплекса установлено активное протрузивное внедрение серпентинизированных ультрабазитов [Серавкин, Родичева, 1990; Серавкин и др., 1992]. В результате в разрезе карамолинского комплекса образовались линзы серпентинитов, прослой серпентинито-обломочных пород, ассоциирующих с фтанитами и серыми кремнистыми породами, включая кремнистые алевролиты. Выше (по возрасту) карамолинской толщи располагается блявинская свита (S_{2(?)}–D₁). Нами к блявинской формации отнесены рудовмещающие вулканогенные толщи, представленные низкотитанистыми базальтами островодужного типа и кислыми породами полифациального состава.

Предполагается, что редуцированный характер карамолинской толщи определяется тем, что значительные фрагменты этих разрезов оказались в зоне субдукции ордовик(?)–силурийского возраста и попали в зону «уноса», погрузившись на глубину. Часть материала этих разрезов подверглась высокobarическому низкотемпературному метаморфизму эклогитового типа. Кроме фрагментов силуро-девонских вулканогенных толщ Сакмарской зоны, в зону субдукции попали и толщи древних рифейских комплексов. Для корреляции вулканогенных комплексов Сакмарской зоны с метаморфическими образованиями максютовского комплекса особенно показательны составы колчеданных месторождений Юлукской группы, которые в большинстве своем имеют ту же специфику (Zn>Cu) колчеданных руд, как и месторождения Блявинской группы Медногорского рудного района.

Чанчарский вулканический комплекс (D_{1e1}) является формационным и возрастным аналогом мостостроевского комплекса [Бочкарев, Язева, 2000; Косарев, 2007; Федоров и др., 2017]. Этот комплекс завершает вулканический цикл в Сакмарской зоне и переходит в современную Вознесенско-Присакмарскую зону. Однако раннедевонская зона субдукции заложилась в раннедевонский возрастной период на границе ранний эмс – поздний эмс.

Выводы. Таким образом, выделены две геодинамические группы вулканических комплексов в Северной части Сакмарской зоны: 1 – медногорский (Є), баулуский (О) и карамолинский (S₁) (стадии континентального и океанического рифтогенеза); 2 – блявинский (S–D₁) и чанчарский (D_{1e1}) (надсубдукционная стадия). Карамолинский комплекс Медногорского рудного района относится к переходной субокеанической стадии – заложения зоны субдукции. Протолитом максютовского комплекса были вулканогенные и вулканогенно-осадочные комплексы, близкие по возрасту и составу к кембрий-ордовик-силур-раннедевонским свитам и толщам Медногорского рудного района, и средне-верхне-протерозойские толщи Южного Урала. Силурийско-раннедевонская зона субдукции восточного падения заложилась в период формирования карамолинского комплекса Медногорского рудного района. В ее надсубдукционной зоне образовались блявинский колчеданоносный и чанчарско-мостостроевский комплексы. Составной частью этой зоны субдукции был и максютовский комплекс современной антиформной зоны Уралтау. Отсутствие в разрезе Вознесенско-Присакмарской зоны островодужных вулканитов силурийско-раннедевонского возраста (аналогов блявинской свиты) не позволяет принять идею о тектоническом перебросе толщ вулканитов из Вознесенско-Присакмарской в Сакмарскую зону.

Литература

- Авдейко Г.П., Палуева А.А., Хлебородова О.А. Геодинамические условия вулканизма и магмообразования Курило-Камчатской островодужной системы // Петрология. 2006. Т. 14. № 3. С. 248–265.
- Алексеев А.А. Магматические комплексы зоны хребта Урал-Тау. М.: Наука, 1976. 170 с.
- Виноградов А.П., Тарасов Л.С., Зыков С.И. Изотопный состав свинцово-колчеданных месторождений Урала // Геохимия. 1960. № 6. С. 475–489.
- Даниленко С.А. О химизме надрудных базальтов Комсомольского месторождения // Микроэлементы в магматических, метаморфических и рудных формациях Урала. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1991. С. 116–121.

Добрецов Н.Л. Глаукофансланцевые и эклогит–глаукофансланцевые комплексы СССР. Новосибирск: Наука, 1974. 429 с.

Зайков В.В., Мелекесцева И.Ю., Артемьев Д.А., Юминов А.М., Симонов В.А., Дунаев А.Ю. Геология и колчеданное оруденение южного фланга Главного Уральского разлома. Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. 376 с.

Захаров О.А., Мавринская Т.М. Новые палеонтологические данные о возрасте субстрата метаморфитов Уралтау // Ежегодник-93. ИГ УНЦ РАН. Уфа, 1994. С. 19–20.

Захаров О.А., Пучков В.Н. О тектонической природе максюттовского метаморфического комплекса на Южном Урале: Доклад Президиуму УНЦ РАН. Уфа, 1994. 30 с.

Козлов В.И. *Верхний рифей и венд Южного Урала.* М.: Наука, 1982. 127 с.

Косарев А.М. Умереннощелочной и щелочной вулканизм раннеэмского времени на Южном Урале: геохимические особенности и геодинамические реконструкции // Литосфера. 2007. № 6. С. 54–70.

Косарев А.М. Геология и геохимические особенности раннепалеозойских вулканитов Сакмарской и Вознесенско-Присакмарской зон на Южном Урале // Литосфера. 2015. № 2. С. 40–64.

Краснобаев А.А., Давыдов В.А., Ленных В.И. и др. Возраст цирконов и рутилов Максюттовского комплекса (предварительные данные) // Ежегодник-1995. ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 1996. С. 13–16.

Львов К.А. Уральская складчатая область // Стратиграфия СССР. Кембрийская система. М.: Недра, 1965. С. 71–114.

Масленников В.В. Седиментогенез, гальмиролиз и экология колчеданосных палеогидротермальных полей. Миасс: Геотур, 1999. 348 с.

Мурдма И.О. Фации океанов. М.: Наука, 1987. 303 с.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

Рязанцев А.В., Борисенко Д.В., Дубинина С.В. и др. Общая структура Сакмарской зоны Южного Урала в районе Медногорских колчеданных месторождений // Очерки по региональной тектонике. Т. 1: Южный Урал. М.: Наука, 2005. С. 84–135.

Серавкин И.Б., Косарев А.М., Салихов Д.Н., Знаменский С.Е., Родичева З.И., Рыкус М.В., Сначев В.И. Вулканизм Южного Урала. М.: Наука, 1992. 197 с.

Серавкин И.Б., Родичева З.И. Кракинско-Медногорский палеовулканический пояс. Уфа: ИГ БНЦ УрО АН СССР, 1990. 53 с.

Смирнова И.А., Черкасов В.Л., Тищенко В.Т. Еще раз о геологическом строении и возрасте вулканогенных пород и колчеданного оруденения Медногорского рудного района // Вулканизм и металлогения геосинклиналей. Уфа: БФАН СССР, 1986. С. 82–92.

Федоров П.В., Кориневский В.Г., Золотарев Б.П. Геохимия раннедевонских калиевых пород Сакмарской зоны Южного Урала // Геохимия. 2017. № 4. С. 314–328.

Холоднов В.В., Шардакова Г.Ю., Пучков В.Н. и др. Палеозойский гранитоидный магматизм Урала как отражение этапов геодинамической и геохимической эволюции коллизионного орогена // Геодинамика и тектонофизика. 2021. Т. 12. № 2. С. 225–245.

Fitton J.G., Saunders A.D., Norry M.J., Hardarson B.S., Taylor R.N. Thermal and chemical structure of the Iceland plume // Earth and Planetary Science Letters. 1997. Vol. 153. № 3–4. P. 197–208.

Pearce J.A. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust // Lithos. 2008. Vol. 100. № 1–4. P. 14–48.