

УДК 550.384 + 551.24(470.551.58)

И. А. СВЯЖИНА, В. Н. ПУЧКОВ, К. С. ИВАНОВ

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОРДОВИКСКОГО УРАЛЬСКОГО ОКЕАНА НА ПАЛЕОМАГНИТНОЙ ОСНОВЕ

Реконструкция Палеоуральского океана выполнена на основании палеомагнитного изучения пород ордовика из разрезов Южного Урала и Северо-Западного Казахстана, образующих профиль через океан. Вероятно, Уральский океан имел субмеридиональное простирание и располагался между Восточно-Европейским континентом и Кокчетавским микроконтинентом. Последний, вместе с Восточно-Мугоджарским блоком и Денисовской арной, входил в единую литосферную плиту. Плиты находились в приэкваториальной зоне. По палеомагнитным и геологическим данным закрытие океана произошло в конце палеозоя.

Ордовикский период явился определяющим в формировании многих важных черт структуры Уральских палеозоид. Использование при изучении стратиграфии вулканогенно-осадочных толщ такой группы фауны, как конодонты, резко расширило сведения об ордовикских образованиях в эвгеосинклинальной части Урала. Параллельно установлено также, что кремнисто-базальтоидные толщи Кокчетавского блока, считавшиеся рифейскими, формировались преимущественно в раннем ордовике [1, 3, 4, 6]. В результате стало возможным обоснованно говорить о вещественных свидетельствах существования Уральского океана в ордовике —

по сути дела был открыт ордовикский Палеоуральский океан [2]. В его пределах, согласно геодинамической реконструкции, наметились частные океанические впадины с зонами спрединга, островная дуга, микроконтиненты, пассивная (рифтогенная) окраина континента с соответствующими ордовикскими формациями.

Наиболее полно в регионе ордовикские комплексы представлены в Сакмарской зоне Южного Урала. Здесь в основании разреза залегают позднекембрийско-раннеордовикские терригенные молассоидные толщи с субцелочными вулканитами, относящиеся к формациям эпиконтинентальных рифтов (кидрясовская свита). В позднем тремадоке — арениге эти осадки сменяются пестрыми вулканогенно-осадочными толщами куагашской, булатской и других свит, что фиксирует начало растяжения рифта. Среди более молодых ордовикских толщ здесь надежно установлены два разных типа разрезов — кремнисто-сланцевый и вулканогенный, формировавшиеся параллельно, но в разных тектонических обстановках. В отложениях кремнисто-терригенного типа в раннем — среднем ордовике происходит отчетливая смена вверх по разрезу груботерригенных мелководных осадков кидрясовской свиты, для которых характерно наличие глауконита и косой слоистости, аргиллитами и алевролитами кураганской и других свит. Последние в позднем арениге — раннем лланвирие, в свою очередь, постепенно сменяются кремнистыми толщами (письменная и др.), что есть результат последовательного углубления бассейна осадконакопления. Обстановка эпиконтинентального рифта, по всей видимости, при этом сменяется обстановкой континентального склона. В это же время, т. е. на рубеже раннего и среднего ордовика, в разрезе вулканогенного типа фиксируется смена пестрых вулканогенно-осадочных толщ значительно более мощными и однородными низкокалиевыми толеитовыми базальтами акайской, сугралинской и других свит. Последние отвечают, по всей видимости, достаточно широко раскрывшемуся рифту с уже сформировавшейся корой океанического типа, фрагментами которой и являются, вероятно, Кемпирсайский и другие габбро-гипербазитовые массивы и зоны серпентинитового меланжа. Разрыв континентальной коры произошел по нескольким субпараллельным зонам (Сакмарская, Денисовская и др.), заполнявшимся толщами толеитовых базальтов. Эти зоны разделялись сиалическими блоками — микроконтинентами (Восточно-Уральское «поднятие», Восточно-Мугоджарский блок и др.). Механизм одновременного возникновения нескольких зон обоснован в работе [5]. В верхней части ордовикского вулканогенного разреза Сакмарской зоны появляется пирокластический и туфогенно-осадочный материал, андезиты, тела кварцевых плагиориолитов и другие признаки островодужного режима.

Палеомагнитная реконструкция Палеоуральского океана выполнена на основании изучения пород раннего палеозоя из разрезов Южного Урала и Северо-Западного Казахстана, расположенных с запада на восток в Сакмарской зоне (континентальный склон Русской платформы), Присакмаро-Вознесенской зоне (первая океаническая впадина), Восточно-Мугоджарском блоке (микроконтинент), Денисовской зоне (вторая океаническая впадина), Кокчетавском блоке (Казахстанский континент). Палеомагнитные исследования проведены в основном на отложениях терригенных и вулканогенно-осадочных толщ. Изученные породы, как правило, слабомагнитны, их естественная остаточная намагниченность многокомпонентна, т. е. является суммой нескольких разновозрастных намагниченностей. Выделение компоненты, синхронной породе, проводилось высокотемпературным размагничиванием или воздействием переменного магнитного поля, или комбинированной чисткой и результаты их увязывались с данными геологических, в том числе петрографических, исследований. По возможности применялись и полевые методы определения древней намагниченности. Как было установлено, первичная древняя компонента присутствует только в определенных отложениях. К ним относятся прежде всего слабоизмененные породы, которые встречаются среди раннепалео-

зойских образований Сакмарской зоны и Кокчетавского массива, а также породы, подвергшиеся метаморфизму не выше уровня зеленокаменных изменений. Большинство же пород перемагничены геомагнитным полем позднего палеозоя.

В Сакмарской зоне остаточная намагниченность ордовикского возраста сохранилась в терригенно-осадочных отложениях — аргиллитах, алевролитах, песчаниках кидрясовской и кураганской свит нижнего и среднего ордовика, опробованных в пяти разрезах: в междуречье руч. Медес и Косагач, по р. Алимбет, в железнодорожных выемках восточнее ст. Блява, по р. Письменка в 1,5 км к северо-востоку от дер. Кидрясово и вблизи плотины Каргалинского водохранилища. Высокой палеомагнитной стабильностью отличаются породы кидрясовской свиты тремадокского возраста из разреза Медес, магнетизм которых связан с пылевидным магнетитом, и отложения кураганской свиты (арениг-лландейло) разрезов Блява и Письменка, намагниченность которых обусловлена гематитом. Гематит окрашивает толщу в вишнево-красный цвет, а присутствие в обнажениях светло-зеленых пропластков позволяет считать его первичным. Палеомагнитные направления в разрезах близки между собой и изменяются от 142° до 172° по склонению D , от 33° до 40° по наклонению I , что соответствует палеоширотам $18-23^\circ$. Среднее палеомагнитное направление для ордовика Сакмарской зоны характеризуется склонением 151° , наклонением 36° , что соответствует палеошироте 20° [9].

В Присакмаро-Вознесенской зоне объектом исследований была поляковская свита, сложенная низкокальциевыми афировыми и микропорфировыми палеобазальтами, спилитами, диабазами, подчиненными прослоями их туфов и туфобрекчий, кремнистых сланцев и яшм, имеющих возраст поздний арениг-лландейло. Стратотипический разрез поляковской свиты расположен по левому берегу р. Уй, между дер. Поляковка и Ст. Балбуково. Второй изученный разрез находится в 20 км на юго-запад от дер. Поляковка, вблизи р. Краснохты. Ни в вулканогенных, ни в осадочных породах свиты не удалось выделить первичную древнюю компоненту остаточной намагниченности. Среди образцов тех и других пород имеются полностью перемагниченные позднепалеозойским полем и множество образцов, обладающих магнитожестью намагниченностью с хаотическим разбросом ее направлений. Большой разброс векторов частично связан с зеленокаменным изменением пород. Так, окремнение пород свиты — событие более позднее, и пестрые, красные яшмы, обогащенные магнетитом, представляют собой гидротермальные образования (гидротермалиты). Не последнюю роль играет локальная тектоника, учесть которую не всегда возможно: Присакмаро-Вознесенская зона расположена в районе Главного Уральского разлома.

Палеомагнитные исследования пород ордовика в пределах Восточно-Мугоджарской зоны (Восточно-Мугоджарского блока) проводились на семи разрезах и только в двух — на горе Маячная, где обнажаются терригенно-осадочные отложения маячной свиты позднеаренигско-раннелланвийского возраста, и по р. Ср. Тогузак ниже пос. Большевик, где имеются выходы раннесреднеордовикских эффузивов, выявлена первичная намагниченность. Палеомагнитные направления в разрезах определяются склонениями 163° , 178° и наклонениями -1° , 20° , что соответствует палеоширотам 0° , 10° . Значимость приведенных палеомагнитных данных различна и зависит прежде всего от представительности разрезов. Разрез горы Маячная является стратотипом одноименной свиты. Он характеризуется ритмичным переслаиванием светло-серых и вишнево-бурых сланцев, алевролитов, аркозовых и кварцевых песчаников. Для палеомагнитного изучения оказались пригодными красноцветные породы, намагниченность которых связана с гематитом. Факт ритмичного чередования слоев разной окраски свидетельствует о том, что гематит в вишнево-бурых отложениях, по всей видимости, изначален и, следовательно, древняя намагниченность отражает геомагнитное поле времени формирования свиты. Второй разрез представлен потоками подушечных и реже

трубчатых лав натриевых толеитовых базальтов с тонкими прослоями яшм, видимой мощностью первые десятки метров. Результаты лабораторных исследований позволяют считать древнюю намагниченность разновозрастной с породой, но не дают оснований делать обобщающие выводы. Время излияния этих базальтов несоизмеримо короче периода формирования свиты разреза горы Маячная, в них зафиксировано одно из состояний геомагнитного поля, которое, как известно, испытывает достаточно большое отклонение от среднего. На этом основании в качестве опорного палеомагнитного разреза для ордовика Восточно-Мугоджарского блока был принят разрез горы Маячная.

Представительный разрез денисовского комплекса наблюдается по р. Тобол ниже пос. Ордиконикдзе. Он сложен толщей преимущественно подушечных лав спилитов, диабазами, мицдалекаменными афиритами и микропорфиритами базальтового или реже андезитобазальтового состава, в которых содержатся пылевидные выделения рудных минералов. Эффузивы прорваны субвулканическими телами, а также отдельными дайками диоритов. Среди эффузивов отмечаются редкие прослои осадочных пород, представленных туффитами, кремнистыми сланцами и яшмами. Эффузивы перекрываются флишовой толщей. Возраст пород нижне-среднеордовикский, арениг-лландейльский. В результате палеомагнитного изучения пород денисовского комплекса было установлено, что первичная (ордовикская) намагниченность сохранилась в красных яшмах и эффузивах. Магнетизм первых обусловлен тонкорассеянным гематитом, являющимся породообразующим минералом красных яшм; намагниченность вторых связана с магнетитом. То обстоятельство, что породы, различного генезиса и носители намагниченности, имеют одно палеомагнитное направление (склонение 163° , наклонение -12°) служит веским обоснованием надежности полученных данных для Денисовской зоны.

На Кочетавском массиве палеомагнитные исследования выполнены по двум разрезам терригенно-кремнистых пород гаршинской серии (свиты) аренигского возраста по р. Аккан-Бурлук близ устья руч. Байтугуль и р. Аккан-Бурлук между поселками Кедей и Салтынок. Разрез Байтугуль является стратотипом гаршинской серии и представляет собой чередование сиренево-красных, желтых, серо-зеленых сланцев, аргиллитов, алевролитов. В кровле и подошве толщи обнажаются яшмо-кварциты и кремни. Наибольший интерес для палеомагнитных исследований представляют сиренево-красные породы, в которых первичная древняя намагниченность присутствует как основная компонента. Координаты ее вектора определяются склонением 156° , наклонением 9° (палеоширота 4°). Магнетизм красноцветных отложений связан с гематитом. В качестве основного аргумента в пользу синхронности намагниченности использован факт ритмичного чередования разноцветных слоев, который позволяет говорить о приобретении окраски породой в процессе осадконакопления. Что касается остальных пород, то изучение компонентного состава их остаточной намагниченности затруднено из-за слабых магнитных свойств образцов. Однако можно предполагать, что в желтых сланцах и алевролитах присутствуют две древние компоненты намагниченности, в том числе позднепалеозойского возраста, а в серо-зеленых — только последняя. В целом для серо-зеленых отложений характерна метастабильная намагниченность.

Второй разрез гаршинской серии (Кедей) сложен красно-бурыми и зелеными яшмовидными кремнями с редкими и маломощными прослоями сланцев и песчаников. В обнажении преобладают красно-бурые однообразные кремни и, в отличие от первого разреза, не наблюдается ритмичности слоев. Выявленное в толще направление намагниченности со склонением 181° и наклонением 20° , сформировавшееся на палеошироте 10° , характеризует древнее поле, возможно, ордовика, но оно менее надежное, чем полученное по разрезу Байтугуль: проведение компонентного анализа остаточной намагниченности лабораторными методами затруднено из-за очень слабых магнитных свойств пород, и полевые наблюдения

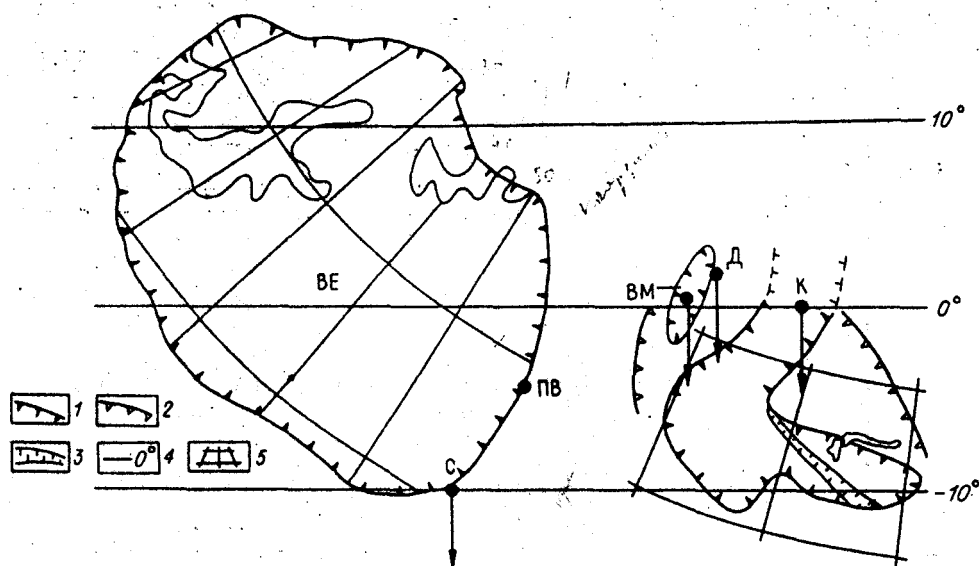
Палеомагнитные направления для палеозой

Структура	Возраст пород	Райский палеозой		Палео-широта	Поздний палеозой		Палео-широта
		D°	I°		D°	I°	
Сакмарская зона	O ₁₋₂	151	36	20	238	-28	-15
Присакмаро-Вознесенская зона	O ₁₋₂	—	—	—	232	-38	-21
Восточно-Мугоджарский блок	O ₁₋₂	345 (185)	-2(2)	1	233	-34	-18
Денисовская зона	O ₁₋₂	183	-12	-6	245	-30	-16
Кокчетавский блок	O ₁	156	9	4	240	-44	-26

не дают прямого ответа о первичности носителя намагниченности. На основании изложенного предлагается использовать в качестве опорного палеомагнитного разреза ордовика Кокчетавского блока разрез Байту-гуль.

Таким образом, во всех структурах в качестве опорных палеомагнитных разрезов ордовика использованы наиболее представительные, стратотипические разрезы свит, породы которых сохранили синхронную намагниченность. Ниже приведены палеомагнитные направления, определяющие поле ордовикского периода, а также позднего палеозоя, когда произошло перемещение пород (см. таблицу).

Как следует из таблицы, в ордовике склонения, т. е. палеомеридианы Сакмарской, Денисовской зон и Восточно-Мугоджарского, Кокчетавского блоков, были субпараллельны между собой и по отношению к современным меридианам. По палеоширотам перечисленные структуры разделились на две группы: в одной — Сакмарская зона, расположенная на 20° широты, в другой — остальные с приэкваториальными широтами от 4° до -6° [8]. По-видимому, Восточно-Мугоджарский и Кокчетавский блоки и разделяющая их Денисовская зона в раннем палеозое находились примерно на одной широте с будущим Полярным Уралом. Вероятно, все три структуры в то время принадлежали одной литосферной плите (Казахстанской). Взаимное положение двух плит — Восточно-Европейской и Казахстанской в ордовике было иным: Восточно-Европейский континент



Реконструкция ордовикского Палеоуральского океана.

ВЕ — Восточно-Европейский континент; ВМ — Восточно-Мугоджарский блок; Д — Денисовская зона; К — Кокчетавский блок; ПВ — Присакмаро-Вознесенская зона; С — Сакмарская зона. Стрелки — направления палеомеридианов. 1 — границы древних платформ и блоков; 2 — островные дуги, 3 — рифтовые зоны, 4 — древняя широта, 5 — современная географическая сетка.

запирал положение, близкое к современному, и располагался на экваторе; Денисовская зона, Восточно-Мугоджарский и Кокчетавский блоки другой плиты находились на 15–20° севернее Сакмарской зоны. Между континентами располагался Уральский океан (см. рисунок).

Судя по палеомагнитным данным, Русская и Казахстанская плиты в течение палеозоя перемещались из приэкваториальной зоны в более высокие широты и постепенно сближались. В результате в позднем палеозое ситуация с положением плит изменилась. Палеошироты Сакмарской, Присакмаро-Вознесенской зон, а также Восточно-Мугоджарского блока и Денисовской зоны выровнялись и составили 15, 21, 18, 16° соответственно. Кокчетавский блок располагался немного севернее, на параллели 26°. Очевидно, в конце палеозоя происходило смыкание Русской и Казахстанской плит (закрытие океана) и коллизия.

Таким образом, палеомагнитные данные свидетельствуют о возможности поступательного движения всех изученных блоков на север на фоне этого движения — относительные перемещения литосферных плит амплитудой до 2000 км.

К сожалению, субпараллельность палеомеридианов структур Уральского океана и субпараллельность их относительно палеомеридиана Сакмарской зоны, т. е. восточной окраины Русской платформы, исключает возможность определения ширины океана палеомагнитным методом вследствие возникающей при этом долготной неопределенности.

Вместе с тем необходимо отметить, что полученные нами новые данные вступают в противоречие с ранее предложенными схемами реставрации положения континентов лавразийского ряда в ордовике [7 и др.], однако наши предшественники и не располагали надежными данными по палеомагнетизму ордовика Урала и Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анцыгин Н. Я. К стратиграфии ордовика на восточном склоне Урала // Проблемы геологии докембрия и нижнего палеозоя Урала. — М.: Геолфонд РСФСР, 1985. — С. 68–86.
2. Иванов К. С. Развитие Сакмарской зоны Южного Урала в ордовике (Уральскому палеоокеану 480 млн лет) // Докл. АН СССР. — 1988. — Т. 299. — С. 248–251.
3. Иванов К. С., Сахаров В. А., Наседкина В. А. и др. Новые данные о возрасте вулканогенно-кремнистых толщ обрамления Кокчетавского массива // Докл. АН СССР. — 1988. — Т. 301, № 1. — С. 158–163.
4. Иванов К. С., Пучков В. Н., Наседкина В. А., Целевин И. А. Первые результаты ревизии стратиграфии поляковской свиты по конодонтам // Ежегодник ИГГ УрО АН СССР. — 1988. — Свердловск: УрО АН СССР, 1989. — С. 12–13.
5. Иванов С. Н. Срединные массивы как результат тектонического расщепления литосферы // Докл. АН СССР. — 1984. — Т. 274, № 5. — С. 1181–1184.
6. Иванов С. Н., Пучков В. Н., Иванов К. С. и др. Формирование земной коры Урала. — М.: Наука, 1986. — 247 с.
7. История развития Уральского палеоокеана. — М.: Ин-т океанологии АН СССР, 1984. — 163 с.
8. Пучков В. Н., Свяжина И. А., Иванов К. С. Геодинамика Урала и Северо-Западного Казахстана // Тектоника, геодинамика и металлогения Урало-Тяньшаньской складчатой системы. — Свердловск: УрО АН СССР, 1989. — С. 113–116.
9. Свяжина И. А. Палеомагнитные данные и горизонтальные движения блоков Казахского Урала // Палеомагнетизм и аккреционная тектоника. — Л.: ВНИГРИ, 1988. — С. 31–45.

*Ин-т геофизики, Ин-т геологии
и геохимии УрО АН СССР
Свердловск*

*Поступила в редакцию
4 апреля 1991 г.*