

ГЕОДИНАМИКА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В СРЕДНЕМ ПАЛЕОЗОЕ (ПО ПАЛЕОМАГНИТНЫМ ДАНЫМ)

В. Г. Бахмутов¹, М. М. Тейсер-Еленська², М. Кадзялко-Хофмокль²,
Л. И. Константиненко³, Е. Б. Поляченко¹

(Рекомендовано акад. НАН Украины П. Ф. Гожиком)

Наведені результати палеотектонічних реконструкцій міграції Східно-Європейської платформи у середньому палеозої за палеомагнітними даними. Об'єктами досліджень були силур-нижньодевонські сіро- та червоноколірні вапняки, пісковики, алевроаргіліти, відібрані з опорних розрізів Поділля. Для більшості зразків була виділена "метакрона" компонента намагніченості, яка інтерпретується нами як вторинна, пов'язана з пізньопалеозойським – ранньомезозойським перемагніченням порід. Також були виділені первинні компоненти намагніченості з координатами: 15°S, 350°E – силурійські відклади; 0°S, 329°E – відклади тіверської серії нижнього девону; 3,8°S, 337,8°E – відклади дністровської серії нижнього девону. Згідно з отриманими даними дрейф Східно-Європейської платформи у середньому палеозої можна описати, як поворот навколо полюса Ейлера з координатами $\Phi = 46^\circ$ S, $\Lambda = 64^\circ$ E на 16° .

Results are provided for paleotectonic reconstruction of the East European platform in middle Paleozoic on paleomagnetic data. Object of research are Silurian and Lower Devonian gray- and red colored limestone, sandstone and mudstones taken from reference sections of Podillya. In most of the samples "metachronous" component of the magnetization were detected which is interpreted by us as secondary caused by the Late Paleozoic – Early Mesozoic rocks remagnetizations. Also primary components of the magnetization were deduced with coordinates: 15° S, 350° E – Silurian sediments, 0° S, 329° E – sediments of the tiber series Lower Devonian; 3,8° S, 337,8° E – sediments of the dniester Series Lower Devonian. According to the study the drift of the East European platform in the middle Paleozoic can be described as a rotation around the pole Euler coordinates $\Phi = 46^\circ$ S, $\Lambda = 64^\circ$ E to 16° .

Введение

На сегодняшний день постановка и решение задач глобальной и региональной тектоники осуществляется с применением ряда палеогеографических, палеоклиматических и геологических инструментов. Оценка кинематики различных блоков земной коры с помощью указанных методов реализуется по результатам абсолютных или относи-

тельных перемещений масс горных пород. Основными маркерами при использовании данных построений являются горизонтальные напластования горных пород и оценка трансгрессивно-регрессивных морских циклов, которые прекрасно иллюстрируют вертикальные движения и складкообразование.

Горизонтальные движения и повороты относительно географической сетки практически невозможно проследить с помощью обычных геологических методов. В таком случае применение палеомагнитного метода справедливо рассматривается

© В. Г. Бахмутов, М. М. Тейсер-Еленська, М. Кадзялко-Хофмокль, Л. И. Константиненко, Е. Б. Поляченко, 2013

как один из наиболее подходящих инструментов палеогеографических реконструкций положения блоков земной коры на протяжении геологического времени. В основе метода лежат следующие положения:

– регулярность палеомагнитного поля (его дипольность);

– сохранение компонент естественной остаточной намагниченности геомагнитного поля прошлых эпох в горных породах;

– существование геомагнитных инверсий, "записанных" в горных породах в виде смены зон прямой и обратной полярности.

Из приведенного становится ясно, что любые движения, связанные с вращением и перемещением участков земной коры в горизонтальной плоскости, будут фиксироваться в горных породах поворотами векторов палеомагнитных направлений.

Основным условием для палеотектонических реконструкций является построение траектории кажущейся миграции полюса – ТКМП, которая отображает миграцию палеомагнитных полюсов для крупных участков земной коры на протяжении геологического времени.

В фанерозойских палеотектонических реконструкциях одно из ключевых положений занимает Восточно-Европейская платформа (ВЕП). Построенная на основе ряда палеомагнитных определений ТКМП [13–15] для ВЕП отображает ее кинематику в фанерозое. Но стоит отметить, что некоторые участки ее палеозойской части построены на основе интерполяции данных, вследствие чего образовалась петля в палеозойском сегменте кривой. Дискуссионным является близкое расположение силурийской части кривой к каменноугольному ее сегменту, а в связи с повсеместным присутствием в породах среднего палеозоя "метахронной" пермо-карбоновой компоненты намагниченности данный временной отрезок траектории требует более тщательной проверки (рис. 1, а).

Согласно определениям [4, 13–16], ВЕП в кембрии перемещалась из средних в высокие широты Южного полушария, на протяжении ордовика дрейфовала в низкие широты и к началу силура достигла приэкваториальных широт. В конце силурийского времени платформа переместилась в экваториальные широты, где оставалась до кон-

ца карбона, в пермское время дрейфовала в направлении средних широт Северного полушария (рис. 1, б).

Альтернативная модель ТКМП для ВЕП в палеозое была предложена в недавней публикации [2]. Согласно предложенной модели, кинематика ВЕП предусматривает ее расположение в начале силура в умеренных широтах Южного полушария, в течение силура – раннего девона предполагает перемещение в Северном направлении, а на границе силура – девона она занимает положение в районе приэкваториальных широт. То есть эти результаты несколько отличаются от полученных ранее и, что следует подчеркнуть, указывают на отсутствие "силурийского каспа", согласно которому силурийские полюса "тяготеют" к каменноугольным полюсам ВЕП.

Таким образом, получение новых надежных палеомагнитных определений для палеозойского фрагмента ВЕП должно прояснить сложившуюся ситуацию. Поэтому объектом исследований нами были выбраны силурийские и нижнедевонские отложения Подолии, представленные красно- и сероцветными породами, причем последние ранее не рассматривались в качестве информативных пород для палеомагнитных определений.

Настоящая работа является синтезом полученных авторами данной публикации палеомагнитных определений по сероцветным отложениям силура [8], сероцветам нижнего девона [1] и новых определений по красноцветам нижнего девона Подолии.

Объекты исследований

Опорные разрезы силура и девона Подолии представляют собой перспективный объект для палеомагнитного изучения. Одним из основных условий палеомагнитного метода является четкая временная привязка изучаемых объектов. Палеозойские разрезы Подолии – это наиболее полные стратиграфические подразделения в геологической истории Земли [3, 5]. Хорошая обнаженность, практически отсутствие проявления вторичных процессов и наличие четких границ изменения условий осадконакопления, отображенных в изменении фациального состава пород, имеют решающее значение

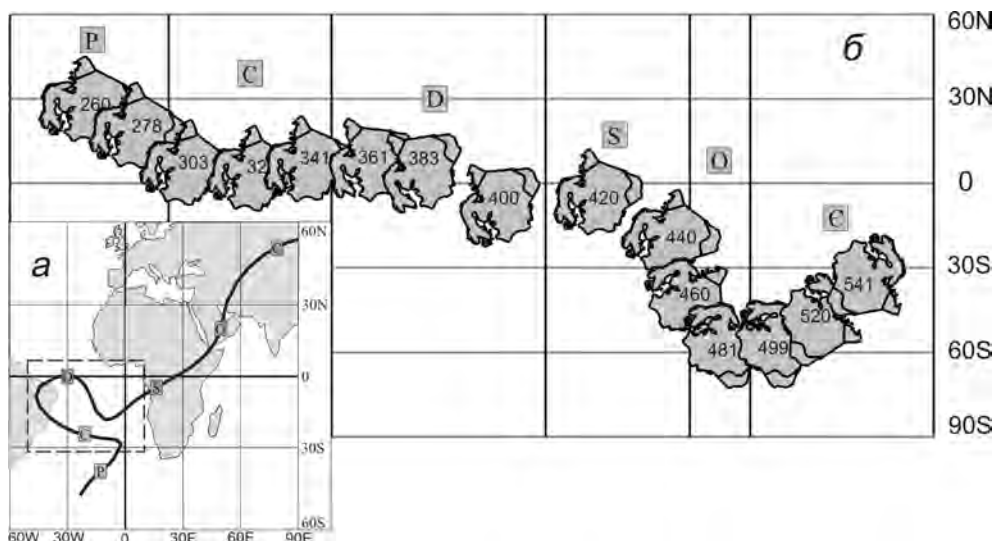


Рис. 1. ТКМП полюса в палеозое для ВЕП (а) и широтный дрейф ВЕП в палеозое в соответствии с кривой ТКМП (б). Буквенные обозначения в рамках соответствуют периодам геологической истории; цифрами указан возраст (млн лет) и соответственное положение ВЕП

при выборе объектов для палеомагнитных исследований.

В составе осадочного чехла Волыно-Подольской плиты выделяются два структурных этажа, разделенных значительным перерывом в осадконакоплении и резким отличием в структурном плане.

Нижний этаж составлен породами верхнего протерозоя (венд), палеозоя (нижний кембрий, верхний ордовик, силур и нижний девон). Палеозойские отложения залегают на отложениях венда с угловым (1–3°) и стратиграфическим несогласием.

Отложения силура с разрывом залегают на ордовике, кембрии, а местами на отложениях венда (села Китайгород, Студеница). Они занимают основную часть палеозойского разреза Подолии, обнажаясь по Днестру и его левым притокам. В толще силурийских пород наблюдаются вытянутые полого наклоненные складки и флексуры (от с. Жванец до с. Днестровое). В целом, разрез представлен мощной толщей теригенно-карбонатных пород (до 490 м), в составе которой выделяются следующие седиментационные циклы в ранге серий: яругская – представлена отложениями глубоководного шельфа (известняками, мергелями, в верхней части доломитами), в конце яругского этапа море постепенно регрессирует; ма-

линовецкая – характеризуется мелководно-шельфовым бассейном, с характерными породами в зонах динамического воздействия волн (по составу это комковатые и плитчатые известняки); скальская – отражает конечную стадию карбонатного осадконакопления, представлена в основном мелководными отложениями (доломитами, домеритами и доломитизированными известняками).

В отложениях нижнего девона выделены две серии: тиверская и днестровская. Первая отражает продолжение силурийско-раннедевонского осадконакопления в пределах данной территории и представлена толщей глубоководных морских осадков (известняки, аргиллиты). Для днестровского времени характерно полное разъединение палеобассейнов, которые на протяжении ордовика и силура были единой шельфовой зоной большого Западноевропейского моря. Изучения минерально-петрографического состава и форм микротектоники пород днестровской серии [9] свидетельствуют о формировании ее в условиях речных долин – преимущественно на речных дельтах, где песчаный материал иногда пересортировывался ветром, а глинистые отложения испытывали латеритовое выветривание. По составу пород (аргилли-

ты, алевролиты, песчаники) здесь выделяются устечковская, хмелевская, стрыпская и смерклевская свиты. Более мощный разрез серии (до 1100 м) вскрыт в Львовском палеозойском прогибе.

Верхний этаж представлен отложениями мела (сеноманский ярус) и неогена (тортонский и сарматский ярусы), которые почти горизонтально срезают залегающие ниже осадочные отложения. Таким образом, на горизонтальную подмеловую поверхность моноклинально залегающие палеозойские отложения выходят в виде субмеридиональных полос, которые в западном направлении сменяют более молодые породы.

Всего на территории Подолии к настоящему времени нами изучено 15 разрезов. Их региональная стратиграфическая схема и привязка к Международной стратиграфической шкале приведены на рис. 2.

Красноцветная формация (oldred) устечковской свиты (днестровская серия) опробовалась на двух разрезах (цифры 1, 2 на рис. 2): в с. Иване-Золоте (48°43,2'N, 25°37,8'E) и с. Нырков (48°49'N, 25°36'E) (нижняя и верхняя части устечковской свиты соответственно). Здесь породы представлены переслаиванием красно-бурых песчаников и алевроаргиллитов, которые были выбраны нами как объект палеомагнитных исследований.

Методика и результаты исследований

Методика палеомагнитных, магнитно-минералогических и микроскопических исследований ранее была отработана на разрезах сероцветов и детально описана [1, 8]. Отбор ориентированных кернов проведен с использованием минибура либо шуфами вдоль всей толщи разрезов. Для измерений изготовлены образцы цилиндрической (диаметром и высотой 25 мм) и кубической (ребро 20 мм) форм. Лабораторные исследования выполнены на аппаратуре Института геофизики Польской академии наук (г. Варшава) и Института геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины (г. Киев). Естественная остаточная намагниченность (ЕОН, NRM) образцов измерена на криогенном магнитометре 2G SQUID (производство США) с приставкой для размагничивания

переменным магнитным полем, а также на спин-магнитометре JR-6 (Чехия). Температурная чистка образцов выполнена с использованием экранированной печи MMLTD (производство Великобритании). И магнитометр, и печь расположены в немагнитной комнате MMLFC. Измерение магнитной восприимчивости выполнено на каппа-метре KLY-2 и MFK-1. Параметры анизотропии магнитной восприимчивости вычислены по программе ANISO [10], Anisoft 4.2. Результаты размагничивания пород анализированы методом главных компонент [11] с использованием пакета программ PDA [12], Remasoft 3.0.

Для определения минералов железа – носителей естественной остаточной намагниченности (ЕОН), красноцветные отложения исследованы с помощью электронной микроскопии на микроанализаторе JEOL 6700 и Microzond Cameca SX 100. В результате были диагностированы аллотигенные зерна гематита, а также вторичные железистые образования в виде включений линейной формы в бороздах спаянности слюдястых минералов. Был сделан вывод, что основным носителем намагниченности красноцветов является гематит разного генезиса [9]. Это подтверждает результаты предыдущих исследований, указывающих на аллотигенный детритовый гематит как на носитель первичной компоненты ЕОН, что предполагает применение высокотемпературной (до 700°C) магнитной чистки для выделения этой компоненты.

Магнитные параметры красноцветов – величины ЕОН и магнитной восприимчивости – изменяются в пределах от 0,5 до 15,0 mAm⁻¹ и от 40×10⁻⁶ до 200×10⁻⁶СИ соответственно.

В результате магнитной чистки образцов днестровской серии удалось выделить три компоненты намагниченности. Низкотемпературная компонента (Q-компонента) выделена практически во всех образцах в температурном диапазоне 100–350°; ее направление близко к современному; очевидно, она вязкой природы и далее нами не рассматривается.

Среднетемпературная компонента (P-C-компонента) была выделена в подавляющем большинстве образцов в основном при температурах 150–570°C. Средние направ-

МСШ (2008)				Региональная стратиграфическая схема (2012)									
				Подолія									
Система	Отдел	Ярус	В-Т (млн л.)	Система	Отдел	Ярус	Серия	Свита	Литологическая характеристика пород				
Девонская	Нижний	Пражский	407,0	Девонская	Нижний	Пражский	Днепровская	Смерклевская	Красно-бурые аргиллиты, алевролиты с песчаниками До 60 м				
			411,2					Стрипская	Песчаники массивные, красно-бурые с прослоями алевроаргиллитов До 170 м				
		Лохковский	Тиверская			Хмелевская		416,0	Лохковский	Тиверская	Хмелевская	Устечковская	Аргиллиты, алевролиты красноцветные с прослоями песчаников До 150 м
								Иваневская				Устечковская	Песчаники красноцветные с бурыми алевролитами и глинами До 55 м
												Иваневская	Алевролиты и аргиллиты с прослоями известняков и песчаников До 120 м
												Чортковская	Переслаивание аргиллитов и известняков До 138 м
								Митковская				Аргиллиты черные с прослоями известняков До 135 м	
	Худиковецкая	Известняки плитчатые с прослоями аргиллитов До 60 м											
	Силурийская	Пржидольский	Верхний		Силурийская	Пржидольский	Скальская	Скальская	Звенигородская	Грудковатые глинистые известняки с мергелями До 47 м			
									Трубчинская	Известняки зернистые плитчатые, местами доломитовые До 39 м			
									Варницкая	Доломиты, известняки грудковатые и биогермные До 55 м			
									Пригородоцкая	Доломитовые мергели, доломиты До 34 м			
		Лудловский	Лудловский			Малиновецкая	Лудловский	Малиновецкая	Яругская	Яругская	Рихтовская	Известняки с мергелями, сверху доломиты До 30 м	
											Цвиклевская	Известняки грудковатые, плитчатые с мергелями До 46 м	
Коновская				Известняки плитчатые, снизу с доломитами До 36 м									
Венлоцкий	Нижний	Венлоцкий	Венлоцкий	Венлоцкий	Яругская	Яругская	Баговицкая	Известняки плитчатые органогенно-детритовые, доломиты, доломитовые мергели До 58 м					
							Тернавская	Известняки грудковатые, глинистые, грубоплитчатые До 40 м					
							Фурмановская	Мергели с прослоями плитчатых известняков и грудковатых известняков До 26 м					

Рис. 2. Сопоставление Международной стратиграфической шкалы с Региональной стратиграфической схемой для территории Подоліи. В левой части вынесены изученные разрезы: черные прямоугольники в соответствии с [8], белые с цифрами в соответствии с [1]; серые – разрезы красноцветов нижнего девона, по которым получены новые результаты

ления P-C-компоненты для пород днестровской серии равны $D = 202,7^\circ$; $I = -19,2^\circ$. Рассчитанные координаты среднего палеомагнитного полюса составляют 47°S , $351,5^\circ\text{E}$ ($dp = 0,8^\circ$, $dm = 1,5^\circ$). Полученный палеомагнитный полюс близок к данным, определенным ранее по данной территории для силурийских и девонских отложений [1, 2, 8, 13], и интерпретируется нами как связанный с позднепалеозойским – раннемезозойским перемещением пород.

Высокотемпературная компонента (D-компонента), полученная на образцах устечковской свиты нижнего девона, является самой стабильной. В породах днестровской серии она выделяется в диапазоне $400\text{--}680^\circ\text{C}$, но в большинстве случаев имеет блокирующие температуры свыше 600°C . Компонента биполярна, что дало возможность провести тест обращения, результат которого положительный. По результатам термомагнитного и микроскопического анализов эта компонента обусловлена присутствием гематита, природа намагниченности – ориентационная. Об этом свидетельствуют результаты определения осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости – она характерна для осадочных образований, малая ось расположена вертикально, а большая и средняя – в горизонтальной плоскости под углом 90° относительно друг друга. Среднее направление этой компоненты $D = 233,4^\circ$, $I = 40,8^\circ$, чему соответствуют координаты палеомагнитного полюса $3,8^\circ\text{S}$; $337,8^\circ\text{E}$. Направление D-компоненты близко к направлениям, характерным для девонского времени в соответствии с кривой миграции палеомагнитного полюса для ВЕП.

ТКМП и палеотектонические реконструкции ВЕП

Рассматривая результаты полученных ранее определений по сероцветным породам яругской, малиновецкой и рукшинской (скальской) серий силура [8] и тиверской серии нижнего девона [1], а также новые полюса, рассчитанные по красноцветам днестровской серии, можно сделать вывод, что результирующие определения (с учетом овалов доверия) согласуются с силурийским и девонским фрагментами ТКМП [14, 15].

На рис. 3 приведены результаты, полученные авторами по среднепалеозойским объектам Подолии. Пунктирной линией показана предлагаемая авторами [2] новая ТКМП для ВЕП, которая не предполагает наличие силурийского "каспа", тяготеющего к "каменноугольным" полюсам ВЕП. Наши полюса для сероцветов, красноцветов силура и нижнего девона значимо различаются друг от друга, хотя были получены по единой методике измерений и выделений компонент намагниченности. Результаты в целом хорошо согласуются с данными [13] по нижнему девону (полученными по красноцветным породам) и с соответствующим фрагментом ТКМП. Красноцветные породы в этом районе, несомненно, являются более благоприятным объектом для палеомагнитных исследований. Тем не менее согласование результатов по серо- и красноцветам – породам с различными минералами железа – носителями остаточной намагниченности и прохождение теста обращения по породам днестровской серии является аргументом в пользу достоверности выделения первичной компоненты намагниченности. Дальнейшие работы по уточнению палеозойского фрагмента ТКМП для ВЕП следует сосредоточить на детальном изучении стратотипических разрезов красноцветов Подолии.

Как следует из анализа среднепалеозойского фрагмента ТКМП, положение ВЕП в среднепалеозойское время было относительно стабильным, в раннем силуре она перемещалась в низкие широты Северного полушария, к началу девона мигрировала в приэкваториальные широты Южного полушария и находилась вблизи экватора до конца карбона (рис. 4, в).

Согласно [2], дрейф ВЕП в силурийское – раннедевонское время имел иной характер: с начала лланвирина происходило перемещение из умеренных широт Южного полушария в северном направлении с одновременным разворотом против часовой стрелки; в венлоке – лудлове она располагалась в тропических широтах; в раннем девоне переместилась в приэкваториальные широты Южного полушария. Это движение можно описать как поворот на 30° против часовой стрелки вокруг полюса Эйлера с координатами $\Phi = 82^\circ\text{S}$, $\Lambda = 27^\circ\text{E}$ (рис. 4, а).

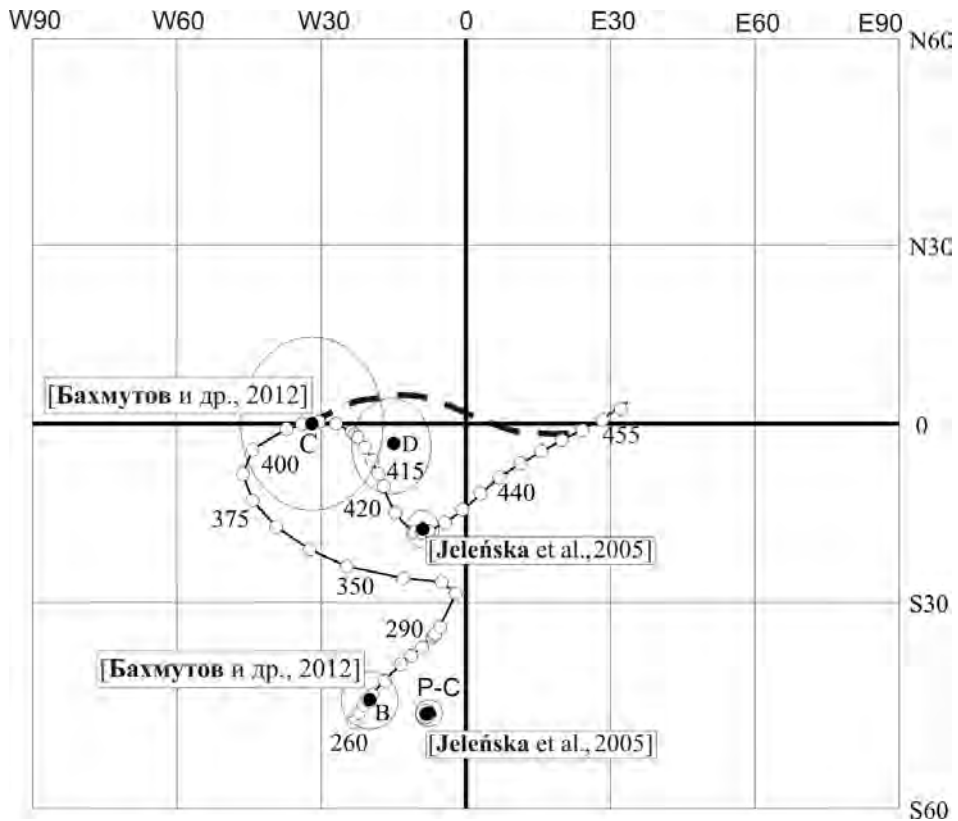


Рис. 3. Референтная палеозойская кривая ТКМП для Балтики [14]; результаты определения полюсов с овалами доверия α_{95} (залитые круги с маркировкой) в соответствии с [1, 8] и новые определения для красноцветов нижнего девона (D, P-C). Пунктирной линией приведена предлагаемая траектория по данным [2]

Итоговые результаты наших исследований по силурийским и девонским объектам Подолии указывают на расположение ВЕП в экваториальных широтах в пржидольское время, к началу девона она перемещалась в приэкваториальные широты Южного полушария, где занимала стабильное положение на протяжении лохковского времени. В период с силура по нижний девон платформа совершила поворот против часовой стрелки вокруг полюса Эйлера с координатами $\Phi = 46^{\circ}\text{S}$, $\Lambda = 64^{\circ}\text{E}$ на 16° (рис. 4, б).

Анализ материалов разных авторов, в том числе альтернативной модели дрейфа ВЕП [2] в среднем палеозое, и сопоставление их с нашими новыми определениями указывают на соответствие наших результатов классическим представлениям кинематики ВЕП в силурийское – раннедевонское время (рис. 4).

Выводы

1. Стратотипические разрезы среднего палеозоя юго-запада Украины (Подолия, долина р. Днестр) являются палеомагнитно информативными, что позволяет их использовать как новый объект при палеотектонических реконструкциях ВЕП в палеозое.

2. В силурийских и нижнедевонских серо- и красноцветных осадочных толщах Подолии выделяются три компонента естественной остаточной намагниченности, направления которых (по возрастанию магнитной стабильности) интерпретируются так:

- близкое к современному (вязкая намагниченность);
- пермское направление (средней стабильности), обусловленное присутствием в породе аутигенного магнетита;

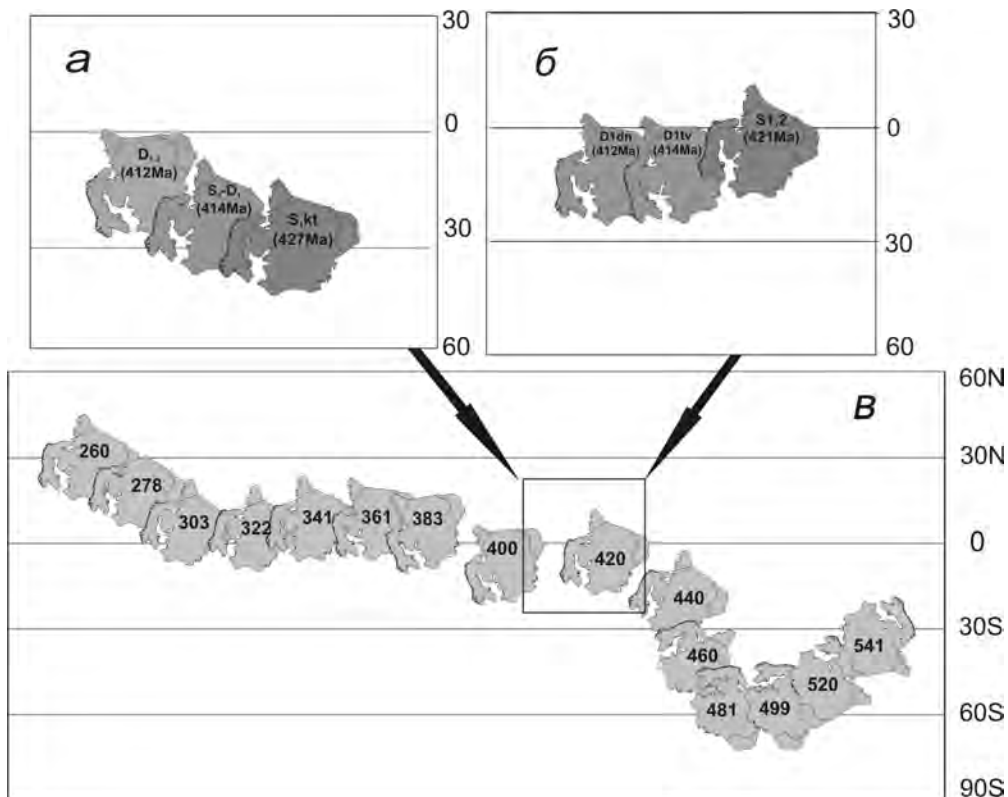


Рис. 4. Кинематика ВЕП в среднем палеозое по данным разных авторов
 а – согласно [2]; б – согласно [1, 8] и данным этой публикации (Ddn); в – согласно [4, 13–16]

– силурийское и нижнедевонское (средней и высокой стабильности) направления (характеристическая компонента намагниченности, выделяемая разными методами магнитной чистки и интерпретируемая нами как первичная). Она обусловлена присутствием в сероцветных породах магнетита как детритового, так (вероятно) и химического (на ранней стадии диагенеза) происхождения. В красноцветах эта компонента связывается с аллотигенным (детритовым) гематитом.

3. О силурийском и раннедевонском возрасте характеристической компоненты намагниченности свидетельствуют: а) ее выделение исключительно в слоях с сохраненной осадочной структурой, что косвенно подтверждает ее ориентационную природу; б) средние направления, совпадающие с силурийскими и нижнедевонскими полюсами для Балтики; в) биполярность выделенного направления по девонским красноцветам. По средним направлениям, выделенным на статистически значимом

количестве образцов, определены координаты палеомагнитных полюсов, которые попадают на силурийский и нижнедевонский фрагмент ТКМП для ВЕП.

4. Новые палеомагнитные результаты по силурийским и девонским объектам Подольи указывают на расположение ВЕП в экваториальных широтах в пржидольское время и перемещение к началу девона в приэкваториальные широты Южного полушария с поворотом против часовой стрелки вокруг полюса Эйлера с координатами $\Phi = 46^{\circ}\text{S}$; $\Lambda = 64^{\circ}\text{E}$ на 16° .

Список литературы

1. Бахмутов В., Еленська М., Константиненко Л. Новые результаты палеомагнитных исследований силурийских отложений бассейна р. Днестр, Украина // Геофиз. журн. – 2001. – Т. 23, № 2. – С. 3–18.
2. Лубнина Н. В., Иосифиди А. Г., Храмов А. Н. и др. Палеомагнитные исследования силурийских и девонских отложений Подольи //

- Палеомагнетизм осадочных бассейнов Северной Евразии: Сб. тр. – СПб: ВНИГРИ, 2007. – С. 105–125.
3. Никифорова О. И., Предтеченский Н. Н. Стратиграфия // Опорный разрез силура и нижнего девона Подолии. – Л.: Наука, 1972. – С. 26–127.
 4. Печерский Д. М., Диденко А. Н. Палеоазиатский океан: петромагнитная и палеомагнитная информация о его литосфере. – М.: ОИФЗ РАН, 1995. – 298 с.
 5. Цегельнюк П. Д., Гриценко В. П., Константиненко Л. И. и др. Силур Подолии: Путеводитель экскурсии. – Киев: Наук. думка. 1983. – 224 с.
 6. Fisher R. A. Dispersion on a sphere // Proc. Roy. Soc. Lond. – 1953. – A217. – P. 295–305.
 7. Iosifidi A. G., Khrumov A. N. Paleomagnetic study of the Early Silurian sequence of the Ukraine, v. Kitaygorod, preliminary data // 5th Intern. Conf. "Problems of Geocosmos", book of Abstracts, St. Petersburg, Petrodvorets 24–28 May 2004. – St. Petersburg, 2004. – P. 172–173.
 8. Jelenska M., Bakhmutov V., Konstantinenko L. Paleomagnetic and rock magnetic data from the Silurian succession of the Dniester basin, Ukraine // Phys. Earth Planet. Int. – 2005. – Vol. 149. – P. 307–320.
 9. Jelenska M., Kadzialko-Hofmohl M., Bakhmutov V., Poliachenko I., Ziolkowski P. Identification of magnetic carriers of original and secondary NRM components recorded in Devonian sediments from Podolia, SW Ukraine // Геофиз. журн. – 2010. – Т. 32, № 4. – С. 59–60.
 10. Jelinek V. The statistical theory of measuring Anisotropy of Magnetic Susceptibility and its application // Geophysica Brno. – 1977. – P. 5–88.
 11. Kirschvink J. L. The least squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data // Geophys. J. R. Astron. Soc. – 1980. – Vol. 62. – P. 699–718.
 12. Lewandowski M., Werner T., Nowozynski. – K. PDA-a package of Fortran programs for palaeomagnetic data analysis // Inst. Geophys. Pol. Ac. Sci., Manuscript. – 1997. – P. 1–17.
 13. Smethurst M. A., Khrumov A. N. A new Devonian palaeomagnetic pole for the Russian platform and Baltica, and related apparent polar wander // Geophys. J. Int. – 1992. – Vol. 108. – P. 179–192.
 14. Torsvik H. T., Smethurst M. A., Van der Voo R., Trench A., Abrahamsen N., Halvorsen E. Baltica: A synopsis of Vendian-Permian palaeomagnetic data and their palaeotectonic implications // Earth – Sci. Rev. – 1992. – Vol. 33. – P. 133–152.
 15. Torsvik H. T., Smethurst M. A., Meert J. G. et al. Continental break-up and collision in the Neoproterozoic and Paleozoic: a tale of Baltica and Laurentia // Earth – Sci. Rev. – 1996. – Vol. 40. – P. 229–258.
 16. Torsvik T. H. & Rehnstrom E. F. Cambrian palaeomagnetic data from Baltica: Implications for true polar wander and Cambrian palaeogeography // J. Geol. Soc. Lond. – 2001. – Vol. 158. – P. 321–329.

¹Ин-т геофизики
им. С.И. Субботина НАН Украины,
Киев

²Ин-т геофизики ПАН,
Варшава

³Ин-т геол. наук НАН Украины,
Киев

Статья поступила
14.03.13