

УДК 550.38435:551.71 (470.22)

Н.В. Лубнина¹, О.Б. Гинтов², И.К. Пашкевич³, А.М. Пасенко⁴**ГЕОДИНАМИКА САРМАТИИ В ДЕВОНЕ ПО ПАЛЕОМАГНИТНЫМ И ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА ПРИМЕРЕ УКРАИНСКОГО ЩИТА⁵**

В результате палеомагнитных исследований девонских магматических комплексов Украинского щита (Сарматии) реконструировано их положение в тропических широтах Южного полушария в позднедевонское время. Выделены среднетемпературные компоненты намагниченности в разновозрастных комплексах Украинского щита, отражающих проявления девонских тектономагматических событий.

Ключевые слова: палеомагнетизм, Украинский щит, Сарматия, девонская тектономагматическая активизация, тектонофизические методы, стрессовые деформации.

As a result of paleomagnetic studies of Devonian magmatic complexes of Ukrainian Shield (Sarmatia) the position at southern tropical latitudes at that time interval have been reconstructed. Middle temperature component have been separated in various magmatic complexes of the Ukrainian Shield, correlated with Devonian tectonomagmatic events.

Key words: paleomagnetism, Ukrainian Shield, Sarmatia, Devonian tectonomagmatic activization, tectonophysics methods, stress deformation.

Введение. Восточно-Европейский кратон (Балтика) сформировался в палеопротерозое в результате последовательной коллизии трех сегментов: Фенноскандии, Волго-Уралии и Сарматии, окончательная амальгамация которых произошла между 1,82 и 1,75 млрд л.н. [Gorbatshev, Bogdanova, 1993; Bogdanova et al., 2008] в ходе формирования палеопротерозойского суперконтинента Колумбия/Нуна [Hoffman, 1997; Rogers, Santosh, 2002]. Этому предшествовало образование мегаконтинента Волго-Сарматия в результате коллизии Волго-Уральского и Сарматского сегментов около 2,1–2,0 млрд л.н. [Shchipansky, Bogdanova, 1996; Щипанский и др., 2007].

Вместе с тем, по имеющимся палеомагнитным данным для Фенноскандии [Damm et al., 1997, Fedotova et al., 1999] и Волго-Сарматии («Украины» [Elming et al., 2001]), эти два блока в интервале 1,77–1,76 млрд л.н. были расположены все еще на значительном расстоянии один от другого [Elming et al., 2001, 2010], что не позволяет однозначно реконструировать процесс сборки сегментов Восточно-Европейского кратона.

Украинский щит вместе с Воронежским кристаллическим массивом образуют южный сегмент Восточно-Европейского кратона — Сарматия. Они имеют сходную докембрийскую историю и структуру [Shchipansky, Bogdanova, 2006]. В строении Украинского щита традиционно выделяется 6 мегаблоков/террейнов архейского и палеопротерозойского возра-

та и три шовные зоны, связывающие эти мегаблоки [Щербак, Пономаренко, 2000]. Архейские мегаблоки окружены и частично перекрыты породами палеопротерозойского возраста, образовавшимися в различных тектонических обстановках, таких, как ювенильные аккреционные пояса (2,2–2,1 млрд л.н.) в северо-западной части и континентальные (пассивные) окраины и внутриконтинентальные бассейны (2,5–2,1 млрд л.н.) в центральной части щита [Щипанский и др., 2007].

Наиболее сильная тектономагматическая активизация Сарматии, в том числе Украинского щита, произошла в среднем палеозое, когда в позднем девоне Украинский щит был отделен Припятско-Днепрово-Донецким авлакогеном от расположенных на северо-востоке Воронежского и Белорусского массивов.

Относительно времени и места образования Днепрово-Донецкого авлакогена в настоящее время существуют как минимум две конкурирующие модели. Первая модель предполагает заложение Днепрово-Донецкого авлакогена на месте древнего рифейского [Никишин, 2002]. Согласно второй модели, связь позднепротерозойских и средне-позднепалеозойских процессов ошибочна [Стовба, 2008]: на глубине, где по существующим представлениям должен находиться позднепротерозойский (рифейский) грабен, в Днепрово-Донецком авлакогене залегают отложения каменноугольного и девонского возраста, тогда как

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, профессор; *e-mail:* natalia.lubnina@gmail.com

² Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, зав. лаб., профессор; *e-mail:* oleg.gintov@gmail.com

³ Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, вед. науч. с.; *e-mail:* innap34@mail.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, студент; *e-mail:* PasenkoAl@yandex.ru

⁵ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 10-05-01092-а, 11-05-90444-Укр_ф_а).

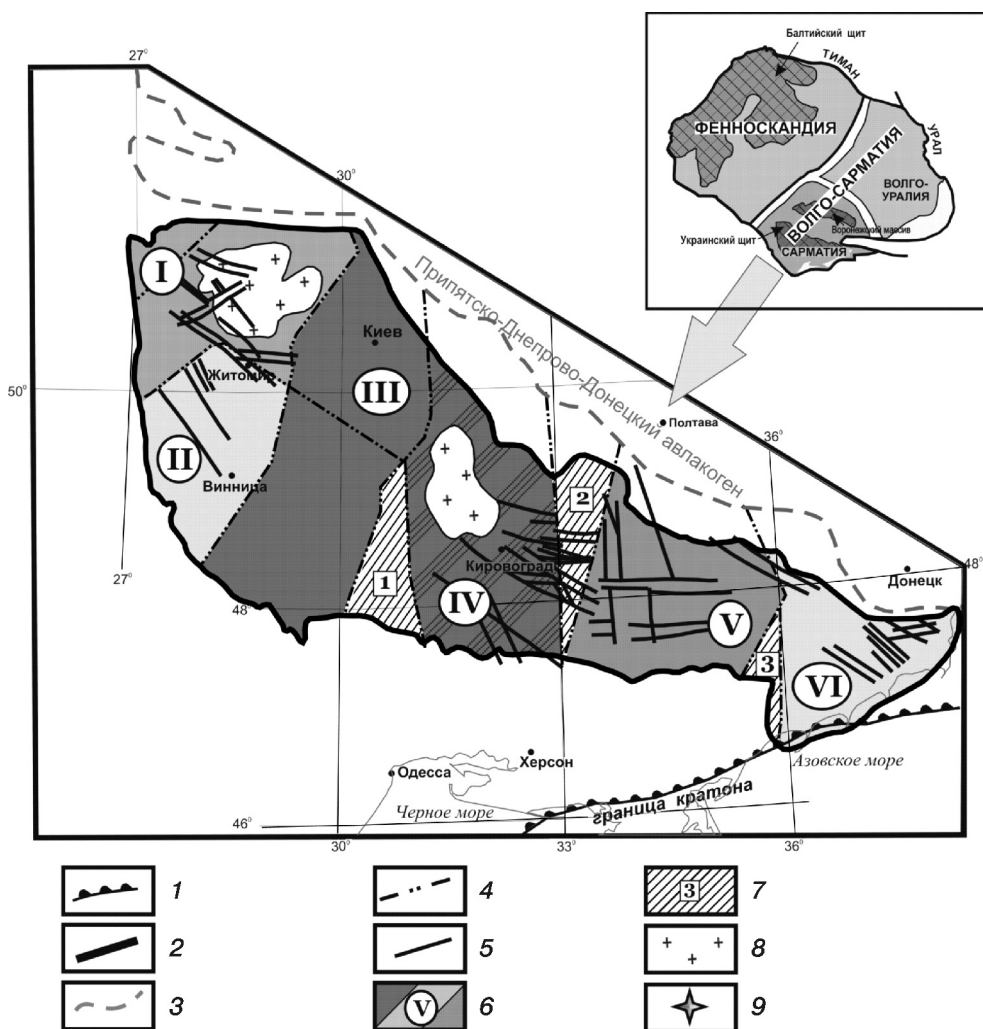


Рис. 1. Схема геолого-структурного районирования Украинского щита, по [Дранник и др., 2003], с изменениями и дополнениями. Цифрами в кружках показаны мегаблоки: I — Северо-Западный, II — Подольский, III — Бугско-Росинский IV — Ингульский, V — Среднеприднепровский, VI — Приазовский. Цифры в квадратиках — межмегаблоковые шовные зоны: 1 — Голованевская, 2 — Ингулецко-Криворожская, 3 — Орехово-Павлоградская; 4 — границы Восточно-Европейского крата, 5 — границы Украинского щита, 6 — границы, 7 — межблоковые зоны разломов, 8 — внутримегаблоковые разломы, 9 — крупные интрузивные гранитные массивы, 10 — точки отбора палеомагнитных образцов. Вверху трехсегментная модель строения Восточно-Европейского крата, по [Gorbatshev, Bogdanova, 1993]

древние осадочные образования здесь не установлены.

Согласно наиболее распространенной модели, определяющую роль в формировании Днепровско-Донецкого авлакогена играл либо обособленный мантийный плюм, либо кластер мантийных потоков в тылу активной субдукционной системы. В пользу кластера мантийных потоков свидетельствует совокупность термических неоднородностей, воздействовавших на подошву литосферы в удаленных областях и вызвавших активный рифтогенез в различных частях Сарматии и Восточно-Европейской платформы в целом. Вместе с тем рифтогенные процессы в различных частях Восточно-Европейского крата происходили не одновременно [Никишин, 2002].

Обе модели образования Днепровско-Донецкого авлакогена подразумевают вторичный прогрев древ-

них комплексов, что в свою очередь влечет образование вторичных компонент намагниченности различной природы в мегаблоках Украинского щита. Районирование вторичных компонент намагниченности различной природы, а также сопоставление этих направлений для различных блоков Украинского щита необходимо для реконструкции их относительного вращения, а также определения кинематики всего Сарматского сегмента Восточно-Европейского крата в целом.

Предыдущие палеомагнитные исследования палеопротерозойско-палеозойских комплексов Украинского щита [Elming et al., 2001, 2010] показали присутствие вторичной компоненты намагниченности в породах. Эта компонента выделялась как характеристическая, полностью перемагнитенная, так и в среднетемпературном интервале. Вторичные деформации литосферы Украинского щита определялись также на основании тектонофизических исследований.

Установлено, что в позднем девоне кристаллическое основание было раздроблено по разломам, по которым происходили как вертикальные движения (выразившиеся в формировании грабенов и полуграбенов в Днепровско-Донецком авлакогене), так и горизонтальные вращения отдельных блоков одного относительно другого на стадии рифтогенеза и пострифтового прогибания и складкообразования [Гинтов, 2005].

Геологическая позиция исследованных пород. Украинский щит подразделяется на 6 блоков/террейнов архейского и палеопротерозойского возраста (рис. 1): Северо-западный, Днестрово-Бугский, Росинско-Тикичский, Ингульский, Среднеприднепровский и Приазовский [Щербак, Пономаренко, 2000]. Для щита характерно чередование блоков эпиархейской консолидации с узкими, вытянутыми в меридиональном направлении подвижными поясами или шовными зонами того же возраста.

В конце палеопротерозоя северо-западная часть Сарматии представляла собой активную

окраину, ярким маркером которой является Осницко-Микашевичский вулканоплутонический пояс андийского типа. Возраст формирования этого пояса оценивается в интервале 2,00–1,96 млрд л.н. [Claesson et al., 2001; Щербак и др., 2008]. В тыловой части этой структуры протягивается Бердичевский пояс высокометаморфизованных гранитоидов с возрастом около 2,1–2,0 млрд л.н. [Щербак и др., 2008].

Последующая тектоническая эволюция включает сильную тектономагматическую переработку коры между 1,80 и 1,74 млрд л.н., когда крупные анортозит-мангерит-чарнокит-гранитные (АМСГ) Коростенский и Корсунь-Новомиргородский плутоны внедрялись в результате постколлизивной геодинамики [Vogdanova et al., 2006]. Мафические породы (дайки и силлы, ассоциирующие с крупными АМСГ плутонами) сформировались в этот последний период протерозойской эволюции Сарматии.

Методика анализа вторичной девонской тектономагматической активизации на основании палеомагнитных и тектонофизических данных. Для определения влияния тектономагматической активизации на целостность Украинского щита, а также на сохранность первичной компоненты намагниченности использованы результаты палеомагнитных и тектонофизических исследований.

Проанализированы палеомагнитные данные для различных блоков Украинского щита из Глобальной палеомагнитной базы данных и материалов последних публикаций [Бахмутов и др., 2001; Иосифиди и др., 2009; Лубнина и др., 2007, 2009; Elming et al., 2001, 2010; Iosifidi et al., 1999]. Проведено разделение на характеристические (наиболее стабильные высокотемпературные компоненты намагниченности, идущие в начало диаграмм Зийдервельда) и среднетемпературные компоненты намагниченности, выделенные в ходе палеомагнитных исследований различных блоков Украинского щита. Эти данные использованы для построения карты распространения вторичных компонент намагниченности для Сарматского сегмента Восточно-Европейского кратона (рис. 2).

Тектонофизические исследования объединили два крупных метода — структурных парагенезис-

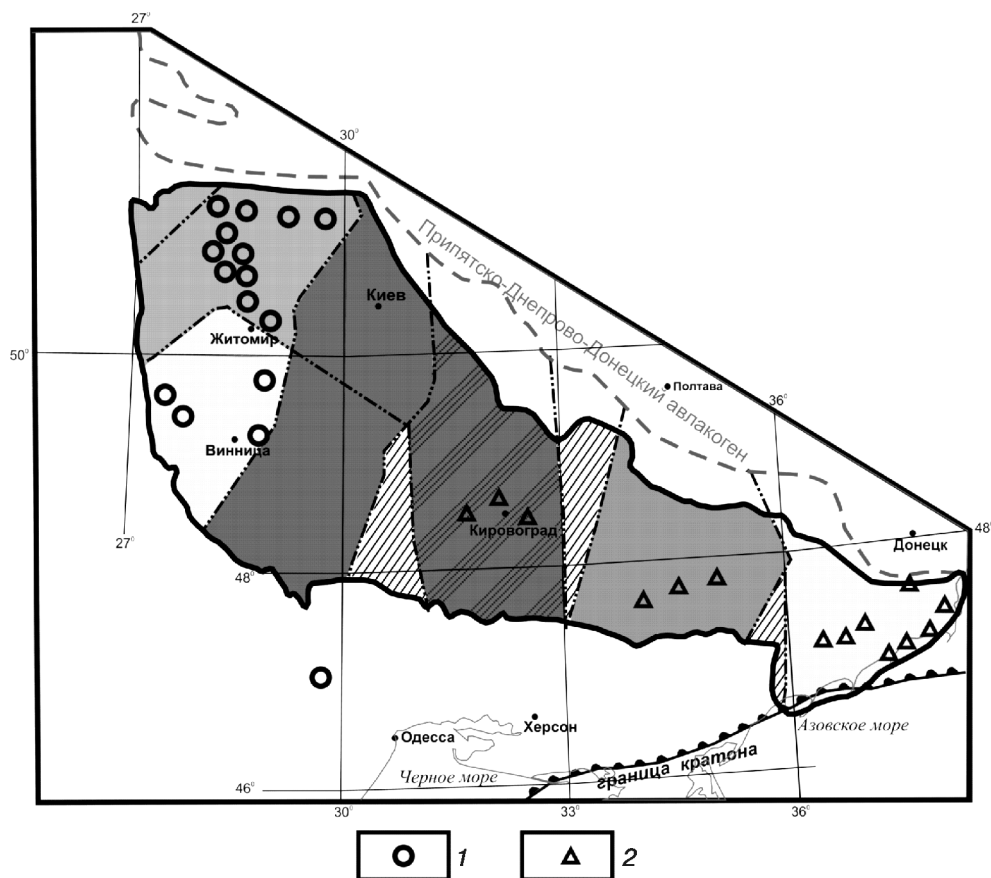


Рис. 2. Основные районы перемагничивания пород Украинского щита (Сарматский сегмент Восточно-Европейского кратона) на схеме геолого-структурного районирования Украинского щита по [Дранник и др., 2003]: 1 — вторичные компоненты намагниченности, возникшие в результате воздействия вторичных флюидов при рудной минерализации; 2 — вторичные компоненты намагниченности, возникшие в результате действия девонского мантийного суперплюма. Остальные условные обозначения см. на рис. 1

сов и кинематический анализ с методическими авторскими разработками последних лет [Гинтов, 2005]. Разработанная методика комплексирования структурно-парагенетического и кинематического методов тектонофизики позволила изучать изменения напряженно-деформированного состояния земной коры во времени, а тектонофизическое изучение планетарной трещиноватости пород позволило устанавливать положения районов исследования относительно оси вращения Земли [Гинтов, 2005].

Палеомагнитные исследования являются ключевыми для определения широтного положения и горизонтальных перемещений (в том числе вращений) отдельных блоков Украинского щита. Для получения корректных данных для этих исследований использованы слабоизмененные наложенными процессами базиты, предварительно датированные и закартированные. При этом особое внимание уделялось подбору объектов, пригодных для проведения прямых тестов палеомагнитной стабильности (тест контакта, тест конгломератов и тест складки). Современная методика отбора и проведения лабораторных исследований использована для получения кондиционных палеомагнитных определений («ключевых» полюсов) для девонских комплексов Украинского

Таблица 1

Палеомагнитные полюсы, полученные при палеомагнитных исследованиях архейско-палеопротерозойских комплексов Украинского щита

Место отбора	Индекс	Ф, °N	Л, °E	A95, град.	Возраст пород, млрд лет	Ссылка
<i>Северо-западный блок</i>						
Карьер Бехи	БХ	32	168	5,1	1,77	Elming et al., 2001
Карьер Бондари	БН	11	162	4,8	1,75	Лубнина и др., 2009
Томашгородский карьер	ТМ ₁	-4	167	5,3	1,79	Elming et al., 2010
Карьер Суслы	СУ	11	179	5,3	2,07	—”—
<i>Днестрово-Бугский блок</i>						
Карьер Казачий Яр	КЯ ₁	10	39	5,8	—	Иосифиди и др., 2009
Карьер Казачий Яр	КЯ ₂	12	167	6,7	—	—”—
Карьер Хмельник	ХМ	13	173	4,2	1,72	Elming et al., 2010
<i>Ингульский блок</i>						
Карьер Смила	СМ	22	162	5,1	1,72	Elming et al., 2001
Карьер Субботцы, долеритовые дайки	СБ	66	164	5,6	1,77	Лубнина и др., 2009
Карьер Субботцы, граниты Корсунь-Новомиргородского плутона	КНП	10	168	10,1	1,78	—”—
<i>Среднеприднепровский блок</i>						
Река Базавлук	БЗ	13	190	5,7	1,8–2,1?	Elming et al., 2001
Кривой Рог	КР	29	162	4,4	—	—”—
Янцевский карьер	ЯН	-32	160	14,1	—	Иосифиди и др., 2009

Примечание: Ф, °N; Л, °E — широта и долгота палеомагнитного полюса; A95 — радиус круга доверия палеомагнитного полюса в градусах.

щита, а также для диагностирования и выделения наложенной девонской вторичной компоненты намагниченности в архейских—палеопротерозойских породах Сарматии.

Результаты исследований. На основании данных о перемагничивании пород составлена карта распространения вторичных компонент намагниченности Сарматии (рис. 1). В пределах Украинского щита и зоны его сочленения с Донбассом выделено два типа вторичных компонент намагниченности. К первому типу относится монополярная характеристическая компонента намагниченности, выделяемая преимущественно в западной части Украинского щита (Северо-Западный, Днестрово-Бугский, Росинско-Тикичский блоки) и имеющая юго-западное склонение и низкое положительное наклонение. Палеомагнитные полюсы, пересчитанные с направления вторичной компоненты намагниченности, имеют разброс почти на 60° по широте и лежат преимущественно в «петле» траектории кажущейся миграции полюса Восточно-Европейского кратона в интервале 410–350 млн л.н. (рис. 3, табл. 1). Эйлеров полюс вращения имеет координаты: Plat = 9,8° Plong = 73,2° (угол поворота 53,8°). Подобный разброс полюсов можно объяснить смещениями вдоль меридиональной системы разломов, развитых в этой части Украинского щита, полученных в результате тектонофизических исследований [Гинтов, 2005]. Образование метакристаллической компоненты намагниченности в пределах Украинского щита можно связать с воздействием вторичных флюидов при рудной минерализации.

Ко второму типу вторичных компонент намагниченности относятся среднетемпературные компоненты, выделяемые при изучении архейских—фанерозойских комплексов вдоль границы с Днепровско-Донецким авлакогеном. Они характерны для пород центральной и восточной частей Украинского щита, охватывающих Ингульский, Среднеприднепровский и Приазовский мегаблоки. Внутренняя структура и кинематика системы широтных зон свидетельствуют о единой природе региональных тектонических сил и полей напряжений, обусловивших развитие этих зон.

Палеомагнитные полюсы, пересчитанные с направлений вторичных среднетемпературных компонент намагниченности, лежат на дуге большого круга и «размазаны» по долготе на 60° вдоль траектории кажущейся миграции полюса Восточно-Европейского кратона в интервале 441–385 млн л.н. (рис. 3). Эйлеров полюс вращения имеет координаты: Plat = 86,5°, Plong = 4,7° (угол поворота 58,6°). Приобретение породами этой компоненты намагниченности можно связать с проявлениями девонского мантийного суперплюма и образованием вторичной намагниченности в результате длительного прогрева в период 380–360 млн л.н. Возникшая при этом монополярная компонента намагниченности имеет термовязкую природу. Результаты кластерного анализа направлений для палеозойских пород Восточно-Европейской платформы, проведенного в работе [Шипунов и др., 2007], позволили авторам выделить позднедевонский кластер (~ 385 млн л.н.), соответствующий наиболее часто встречаемым направлениям. Возможно, обра-

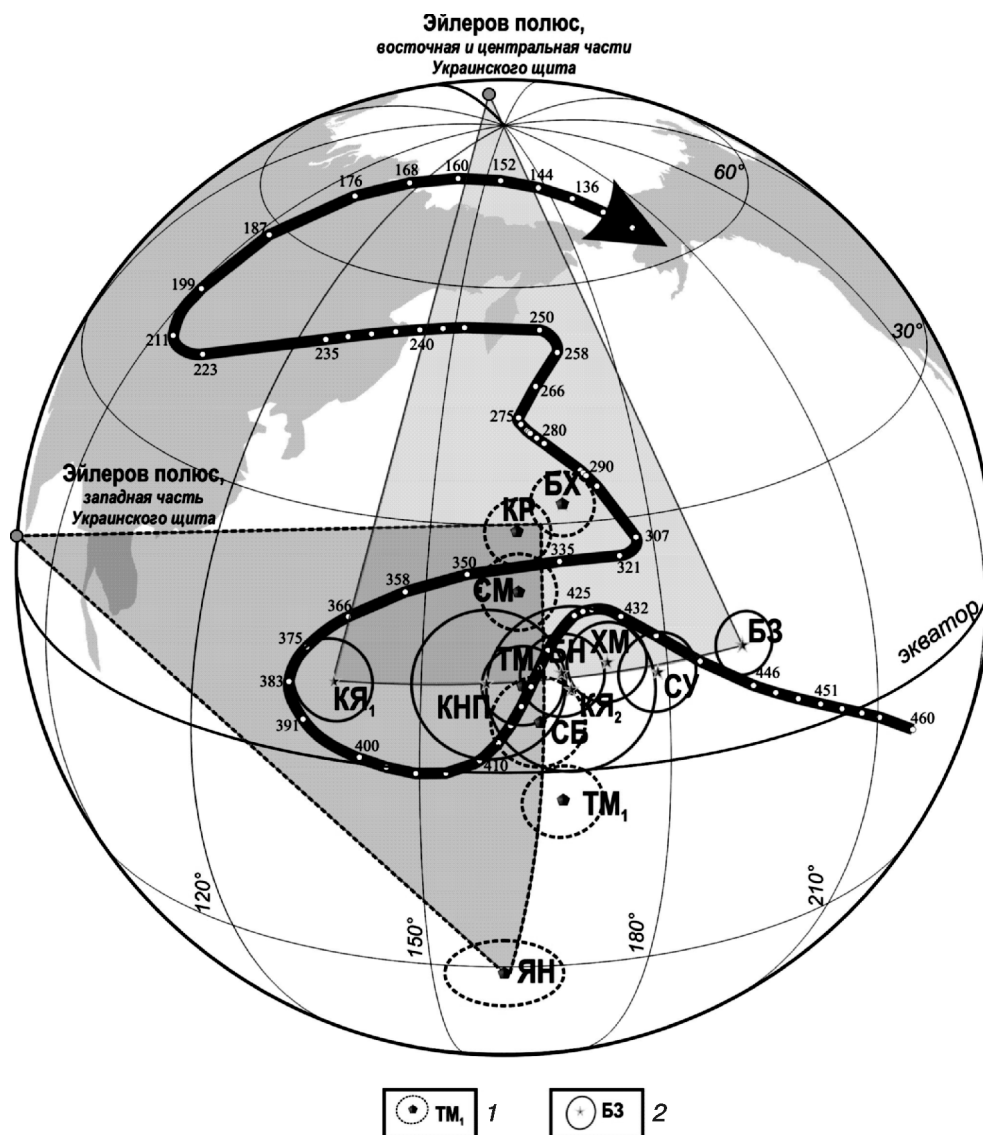


Рис. 3. Сопоставление палеомагнитных полюсов, пересчитанных с направлений вторичных компонент намагниченности с траекторией кажущейся миграции полюса Восточно-Европейского кратона, по [Smethurst et al., 1998]: 1 — палеомагнитные полюсы, пересчитанные с направлений высокотемпературных характеристических компонент намагниченности; 2 — палеомагнитные полюсы, пересчитанные с направлений среднетемпературных компонент намагниченности, выделенных в породах Украинского щита. Буквенные обозначения около полюсов см. в табл. 1

зование этой компоненты намагниченности связано со смещениями вдоль широтных разломов, широко развитых в центральной и восточной частях Украинского щита [Гинтов, 2005].

Тектонофизические исследования в пределах Подольско-Волынской плиты выполнялись в основном с использованием структурно-парагенетического метода, так как данных для применения кинематического метода — изучения зеркал и борозд скольжения — оказалось чрезвычайно мало. Однако в пределах спокойно залегающего платформенного чехла выделены группы трещин, обусловленные действием как региональных (тектонических) сил, так и сил, связанных с планетарными процессами (планетарная трещиноватость).

В результате тектонофизических исследований силурийских отложений Приднестровья установле-

но, что ось сжатия (σ_1) имеет направление $50^\circ/00^\circ$, а ось растяжения (σ_3) — $320^\circ/00^\circ$ [Гинтов, 2005]. В эту фазу деформаций северо-восточная система разломов оказалась полностью раздвиговой, а субширотная — левосдвиговой.

В нижнедевонских отложениях широко развита тектоническая трещиноватость, отражающая действие в основном тангенциальных сил. Тектонические деформации в это время происходили в результате северо-восточного сжатия — северо-западного растяжения с простирием осей складок в северо-западном направлении.

В среднедевонских отложениях тектонические напряжения, обусловленные северо-восточным горизонтальным сжатием, характеризуются осями σ_1 — $50^\circ/00^\circ$, σ_3 — $317^\circ/07^\circ$, σ_2 — $137^\circ/83^\circ$. Кинематика разломов Волыно-Подоллии этой фазы подобна тако-

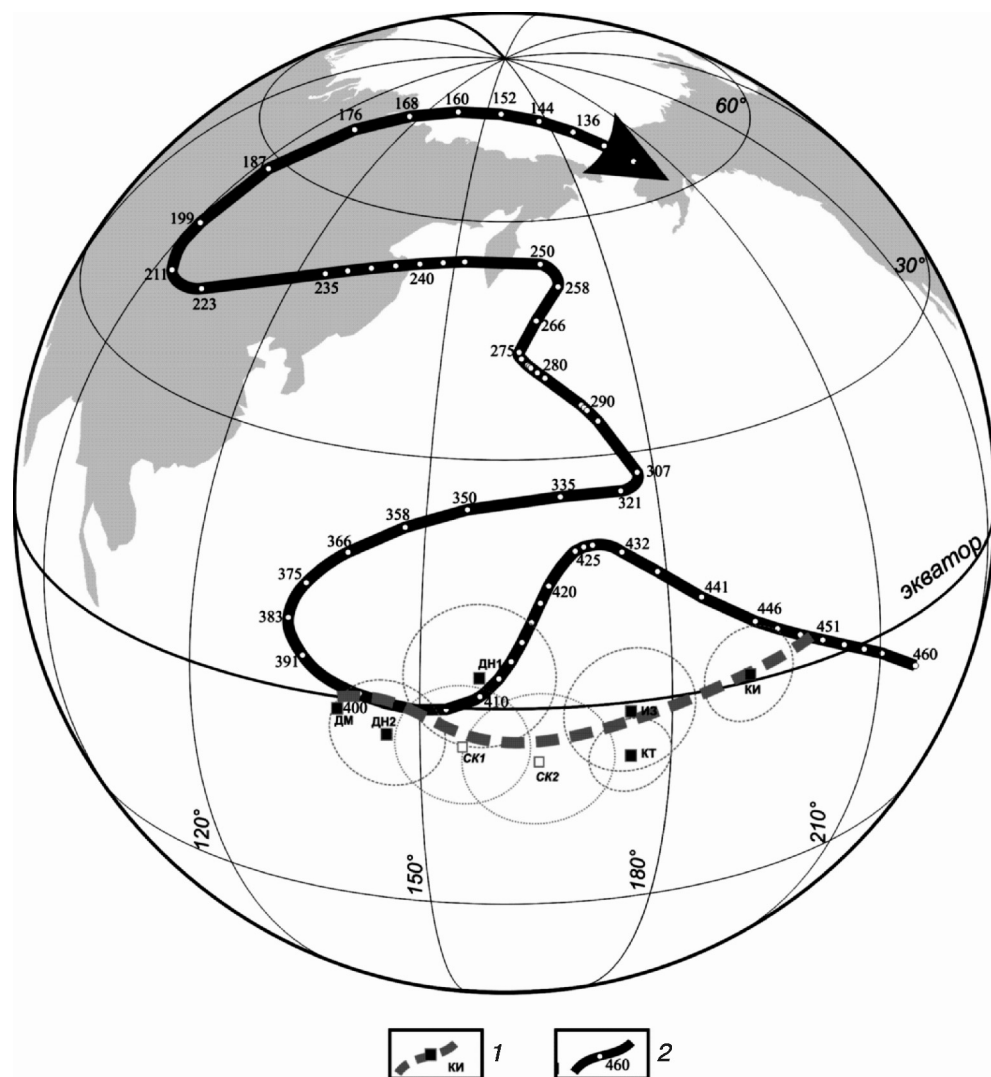


Рис. 4. Сопоставление палеомагнитных полюсов, пересчитанных с направлений среднетемпературной и высокотемпературной компонент намагниченности силурийско-девонских комплексов Подольи с траекторией кажущейся миграции полюса (ТКМП) Восточно-Европейского кратона по [Smethurst et al., 1998]: 1 — силурийско-девонские полюсы Подольи. Буквенные обозначения — палеомагнитные полюсы в табл. 2; 2 — палеомагнитные полюсы для Восточно-Европейского кратона, по [Smethurst et al., 1998]

вой в силурийскую фазу деформаций. Субширотные и субмеридиональные разломы были соответственно левыми и правыми сдвигами, а северо-западные не проявляли активности.

Подобную кинематику перемещений можно установить и на основании палеомагнитных данных. Согласно траектории кажущейся миграции полюса Восточно-Европейского кратона [Smethurst et al.,

Таблица 2

Палеомагнитные полюсы по средне- и высокотемпературным компонентам J_n силурийско-девонских комплексов Вольно-Подольи и Скандинавии

Место отбора	Индекс	Φ , °N	Λ , °E	A_{95} , град.	Возраст, млн лет	Ссылка
Китайгород, Подольи	КИ	-1	10	6	430-435	Iosifidi, Khramov, 2004
Китайгород, Подольи	КТ	7	355	7	430-435	Лубнина и др., 2007
Иване-Золотое, Подольи	ИЗ	1	355	9	390-400	—”—
Скандинавские каледониды	СК ₂	7	344	9	411±7	Torsvik et al., 1992
Скандинавские каледониды	СК ₁	5	335	8	416-428	Torsvik et al., 1990
Река Днестр, Украина	ДН ₁	-4	337	9	419-423	Третьяк, 1986
Осадки, р. Днестр	ДН ₂	4	326	7	390-400	Smethurst, Khramov, 1992

Примечание: Φ° , Λ° — широта и долгота палеомагнитного полюса; A_{95} — радиус круга доверия при 95%-й вероятности для среднего направления.

1998], в ордовике—раннем силуре Украинский щит в составе Восточно-Европейского кратона перемещался из умеренных в низкие широты Южного полушария с одновременным разворотом против часовой стрелки (рис. 4, табл. 2). В позднем силуре—раннем девоне (425–410 млн л.н.) произошла резкая смена знака движения щита: за 15 млн лет он переместился из приэкваториальных в тропические широты Южного полушария, при этом практически не испытывая вращения (рис. 5, А). Следующая резкая перестройка характера движения Украинского щита произошла в интервале 391–375 млн л.н., когда аналогично движениям в позднем силуре щит резко сместился по широте (рис. 5, А). В этот же временной интервал произошла смена знака вращения Восточно-Европейского кратона с вращения против часовой стрелки на вращение по часовой стрелке.

В результате проведенных исследований силурийских—девонских отложений Подолии предложен новый вариант палеозойского сегмента траектории кажущейся миграции Восточно-Европейского кратона [Лубнина и др., 2007], представленный на рис. 5, Б. На новой траектории кажущейся миграции полюса отсутствует силурийский «касп», согласно которому силурийские полюсы 435–420 млн л.н. «тяготеют» к девонским—каменноугольным полюсам 335–290 млн л.н. Восточно-Европейского континента.

Новые палеомагнитные полюсы свидетельствуют о перемещении Восточно-Европейского кратона с 450 млн л.н. в северо-северо-западном направлении с одновременным разворотом против часовой стрелки из умеренных широт Южного полушария в тропические (430–420 млн л.н.) и приэкваториальные (420–405 млн л.н.) широты Южного полушария (рис. 5, Б). Частичное или полное перемагничивание пород Подольско-Волынской плиты связано, по видимому, с миграцией флюидов вдоль субширотных и субмеридиональных разломов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бахмутов В., Еленьска М., Константиненко Л. Новые результаты палеомагнитных исследований силурийских отложений бассейна р. Днестр, Украина // Геофиз. журн. 2001. Т. 23, № 2. С. 3–18.

Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 2005. 572 с.

Дранник А.С., Костенко М.М., Есипчук К.Ю. Геологоструктурное районирование Украинского щита для уточнения стратиграфической корреляции докембрийских образований // Минер. ресурсы Украины. 2003. № 1. С. 26–29.

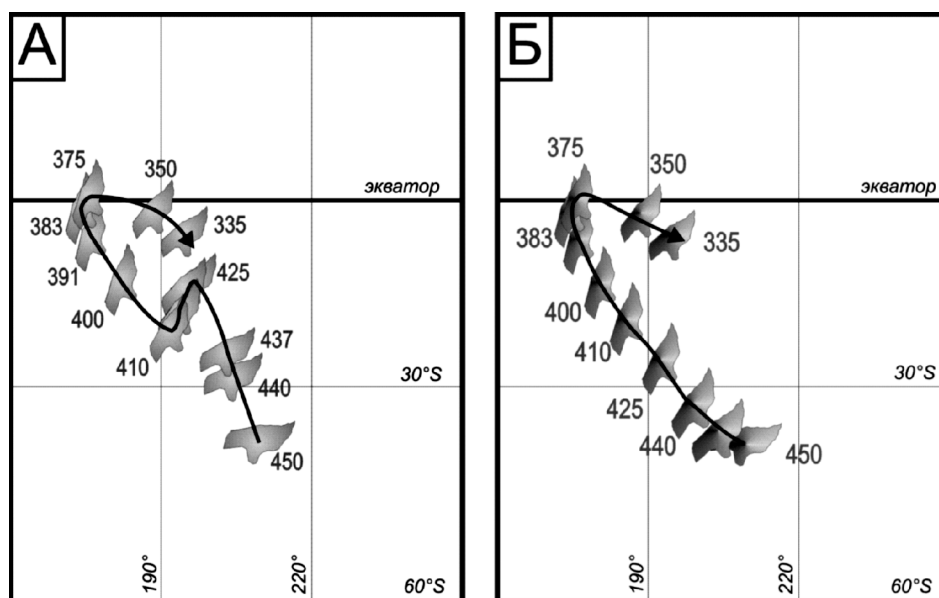


Рис. 5. Кинематика перемещения Украинского щита в раннем—среднем палеозое: А — согласно ТКМП Восточно-Европейского кратона по [Smethurst et al., 1998]; Б — согласно палеомагнитным данным, полученным по силурийско-девонским комплексам Подолии, по [Лубнина и др., 2007]. Цифры — возраст полюсов (млн лет)

Выводы. 1. Составлена карта распространения вторичных компонент намагниченности Сарматии на основании данных о перемагничивании пород Украинского щита. Выделены пояса и зоны перемагничивания пород Сарматии, соответствующие во времени главным тектоническим этапам ее эволюции, как орогенным, так и мантийно-плюмовым.

2. Образование вторичных компонент намагниченности связано с воздействием вторичных флюидов при рудной минерализации в западной части Украинского щита и со смещениями вдоль широтных разломов для центральных и восточных частей Сарматии.

3. Палеомагнитные исследования девонских отложений Украинского щита позволили выделить среднетемпературные характеристические компоненты намагниченности, направления которых близки полученным ранее девонским компонентам намагниченности для Подолии [Лубнина и др., 2007; Smethurst, Khramov, 1992]. Предложен новый вариант среднепалеозойской части траектории кажущейся миграции полюса Восточно-Европейской платформы.

Иосифиди А.Г., Бахмутов В.Г., Арестова Н.А. Палеомагнетизм некоторых неоархейских и протерозойских магматических пород Украинского щита // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород. Борок, 2009. С. 19–20.

Лубнина Н.В., Богданова С.В., Шумлянский Л.В. Восточно-Европейский кратон в палеопротерозое: новые палеомагнитные определения по магматическим комплексам Украинского щита // Геофизика. 2009. № 5. С. 18–27.

Лубнина Н.В., Иосифиди А.Г., Храмов А.Н. и др. Палеомагнитные исследования силурийских и девонских отло-

жений Подолии // Палеомагнетизм осадочных бассейнов Северной Евразии. СПб.: ВНИГРИ, 2007. С. 105–125.

Никишин А.М. Тектонические обстановки. Внутриплитные и окраинно-плитные процессы. М.: Изд.-во Моск. ун-та, 2002. 366 с.

Стобба С.Н. Геодинамическая эволюция Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса: Автореф. докт. дисс. Киев, 2008. 42 с.

Третьяк А.Н. Палеомагнитные направления и положения палеомагнитных полюсов. Данные по СССР: Мат-лы Мирового центра данных Б (Москва). Сводный каталог 6 // REFNO 1986. 2115.

Шинунов С.В., Шацлло А.В., Орлов С.Ю. Валидность палеомагнитных полюсов и принципы построения их кривых миграции (на примере Восточно-Европейской платформы) // Физика Земли. 2007. № 11. С. 59–65.

Щербак М.П., Артеменко Г.В., Лисна И.М. и др. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Киев: Наукова думка, 2008. 240 с.

Щербак Н.П., Пономаренко А.Н. Возрастная последовательность процессов вулканизма и гранитоидного магматизма Украинского щита // Минералогический журн. 2000. № 22. С. 12–24.

Щипанский А.А., Самсонов А.В., Петрова А.Ю., Ларионова Ю.О. Геодинамика восточной окраины Сарматии в палеопротерозое // Геотектоника. 2007. № 1. С. 43–70.

Bogdanova S.V., Bingen B., Gorbatschev R. et al. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia // Precamb. Res. 2008. Vol. 160. P. 23–45.

Bogdanova S., Gorbatschev R., Grad M. et al. EUROBRIDGE: New insight into the geodynamic evolution of the East European Craton // European Lithosphere Dynamics, Geol. Soc. London. 2006. P. 599–628.

Claesson S., Bogdanova S., Bibikova E., Gorbatschev R. Isotopic evidence for paleoproterozoic accretion in the basement of the East-European Craton // Tectonophys. 2001. Vol. 339. P. 1–18.

Damm V., Gendler T.S., Pavlov V.E. et al. Paleomagnetic studies of Proterozoic rocks from the Lake Onega region, southeast Fennoscandian shield // Geophys. J. Intern. 1997. Vol. 129. P. 518–530.

Elming S.A., Mikhailova N.P., Kravchenko S. Palaeomagnetism of Proterozoic rocks from the Ukrainian Shield: new tectonic reconstructions of the Ukrainian and Fennoscandian shields // Tectonophys. 2001. Vol. 339. P. 19–38.

Elming S.A., Shumlyansky L., Kravchenko S. et al. Proterozoic Basic dykes in the Ukrainian Shield: A palaeomagnetic, geochronologic and geochemical study — The accretion of the Ukrainian Shield to Fennoscandia // Precamb. Res. 2010. Vol. 178. P. 119–135.

Fedotova M.A., Khramov A.N., Pisakin B.N., Priyatkin A.A. Early Proterozoic palaeomagnetism: new results from the intrusives and related rocks of the Karelian, Belomorian and Kola provinces, Eastern Fennoscandian Shield // Geophys. J. Intern. 1999. Vol. 137. P. 691–712.

Gorbatschev R., Bogdanova S. Frontiers in the Baltic Shield // Precamb. Res. 1993. Vol. 64. P. 3–21.

Hoffman P.F. Tectonic genealogy of North America. Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics. N.Y.; L.: W.W. Norton & Company, 1997. P. 459–464.

Iosifidi A.G., Bogdanova S., Khramov A.N., Bylund G. Palaeomagnetic study of Palaeoproterozoic granitoids from the Voronezh Massif, Russia // Geophys. J. Intern. 1999. Vol. 137. P. 723–731.

Iosifidi A.G., Khramov A.N. Paleomagnetic study of the Early Silurian sequence of the Ukraine, v. Kitaygorod, preliminary data // 5th Intern. Conference «Problems of geocosmos». St. Petersburg, Petrodvorets 24–28 May 2004. P. 172–173.

Rogers J.J.W., Santosh M. Configuration of Columbia, a Mesoproterozoic supercontinent // Gondw. Res. 2002. Vol. 5, N 1. P. 5–22.

Shchipansky A.A., Bogdanova S.V. The Sarmatian crustal segment: Precambrian correlation between the Voronezh Massif and the Ukrainian Shield across the Dniepr-Donets Aulacogen // Tectonophys. 2006. Vol. 268, N 1–4. P. 109–125.

Smethurst M.A., Khramov A.N. A new Devonian palaeomagnetic pole for the Russian platform and Baltica, and related apparent polar wander // Geophys. J. Intern. 1992. Vol. 108. P. 179–192.

Smethurst M.A., Khramov A.N., Pisarevsky S. Palaeomagnetism of the Lower Ordovician Orthoceras Limestone, St. Petersburg, and a revised drift history for Baltica in the early Palaeozoic // Geophys. J. Intern. 1998. Vol. 133. P. 44–56.

Torsvik T.H., Olesen O., Ryan P.D., Trench A. On the palaeogeography of Baltica during the Palaeozoic: new palaeomagnetic data from the Scandinavian Caledonides // Geophys. J. Intern. 1990. Vol. 103. P. 261–279.

Torsvik T.H., Olesen O., Trench A. et al. Geophysical investigation of the Honningsvåg complex, Scandinavian Caledonides // J. Geol. Soc. London. 1992. Vol. 149. P. 373–381.

Поступила в редакцию
24.10.2011