

УДК 550.858.5

## ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА (ТУВА, МОНГОЛИЯ)

© 2022 г. Д. В. Коваленко<sup>1,\*</sup>, академик РАН В. В. Ярмолюк<sup>1</sup>, А. М. Козловский<sup>1</sup>

Поступило 01.02.2022 г.

После доработки 09.02.2022 г.

Принято к публикации 10.02.2022 г.

Обобщение палеомагнитных данных по Туве и Монголии показало, что широтное перемещение Сибири, Тувы и северной Монголии в палеозое отличается незначительно. Поэтому, возможно, что эти геологические блоки, начиная с ордовика, перемещались как единое геологическое тело. Южнее Монголо-Охотской сuture к западу от меридиана 107° палеошироты формирования позднекарбон-пермских толщ близки к “сибирским”, а к востоку от меридиана – к “северокитайским”, что, по-видимому, связано с разновозрастной аккрецией соответствующих сегментов к Сибирскому кратону. Широкие вариации склонений намагниченности для толщ, расположенных южнее Монголо-Охотской сuture, скорее всего, были связаны со сдвиговыми перемещениями, которые происходили в Южной Монголии в различные периоды позднего фанерозоя. Районы Тувы и Монголии резко различаются по набору компонент естественной остаточной намагниченности фанерозойских пород. В Монголии широко распространено пермское перемагничивание пород магнитным полем обратной полярности, по-видимому, связанное со становлением пермского Хангайского батолита. В Туве пермское перемагничивание практически не выявлено, но установлено широкое распространение вторичной намагниченности, единичные направления которой в геологических разрезах распределены хаотически.

*Ключевые слова:* намагниченность, палеоширота, тектоническое совмещение, склонение, наклонение, модельный возраст, аккреция, коллизия

DOI: 10.31857/S2686739722050085

Последние двадцать лет центральная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) – Монголия и Тува – систематически исследовалась палеомагнитным методом [3–9, 12, 14, 17, 19]. В настоящее время получен значительный объем палеомагнитных данных, который вполне достаточен для выполнения первых обобщений и систематизаций, представляющих интерес для понимания геодинамики территорий центрального сегмента ЦАСП. В данной работе приведены результаты подобного обобщения и рассмотрены варианты геодинамических гипотез, позволяющих объяснить особенности палеомагнетизма в различных участках указанной территории.

Строение ЦАСП определяют аккреционные комплексы разновозрастных и разнородных тер-

рейнов и перекрывающие их толщ. В северной части ЦАСП, севернее Монголо-Охотской сuture, развиты каледонские структуры, которые были сформированы в позднем кембрии–раннем ордовике в результате тектонического совмещения микроконтинентов и поздневендских-кембрийских надсубдукционных и океанических комплексов [1, 18]. Такие же комплексы отмечаются и южнее Монголо-Охотской сuture, особенно в западной части Монголии. На юге Монголии южнее главного Монгольского линеамента распространены герцинские структуры, которые сформировались в позднем девоне–раннем карбоне в результате закрытия девонского океанического бассейна Южной Монголии [18]. Одной из важнейших структур Монголии является Монголо-Охотская сutura, которая образовалась в результате закрытия Монголо-Охотского океана, существовавшего в палеозое-мезозое [11]. В западной части Монголии в районе Хангая закрытие морского бассейна завершилось к позднему карбону, в Хэнтэйском сегменте – к концу перми–раннем триасе, далее к востоку в средней юре [11]. Чехольным комплексом для складчатых

<sup>1</sup>Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук, Москва, Россия

\*E-mail: Dmitry@igem.ru

структур каледонид и герцинид служат в той или иной степени деформированные разновозрастные фанерозойские осадочные и вулканогенно-осадочные толщи.

Результаты палеомагнитных исследований имеются для палеозойских толщ чехла каледонид и герцинид, распространенных как к северу, так и к югу от Монголо-Охотской сутуры. Палеомагнитные исследования в пределах Монголии и Тувы показали, что эти районы отличаются по набору компонент намагниченности. Во всех районах выделяются комплексы пород с доскладчатой, вероятно, первичной намагниченностью и комплексы, перемагниченные в кайнозой магнитным полем Земли прямой полярности. В Монголии, кроме того, широко распространены комплексы, испытавшие, по-видимому, позднепермское перемагничивание пород магнитным полем обратной полярности в период позднекарбон-пермского суперхрона обратной полярности [3]. Возможно, что это перемагничивание было обусловлено термальным воздействием на кору региона гигантского Хангайского батолита, формирование которого пришлось на вторую половину перми. В Туве далеко за пределами батолита вторичных направлений намагниченности обратной полярности практически не выявлено, за исключением одного случая [13], который, скорее всего, был связан с внедрением девонской интрузии. В то же время в Туве широко распространена однокомпонентная намагниченность, единичные направления которой в геологических разрезах распределены хаотически [3, 6–9]. В Монголии такая хаотическая намагниченность встречается редко. Процессы, с которыми связано перемагничивание пород Монголии и Тувы, пока до конца не ясны и требуют изучения.

Выявляется зональность в распределении направлений первичных компонент намагниченности пород по рассматриваемой территории. Выделяются две зоны — севернее Монголо-Охотской сутуры и южнее ее. Большинство направлений первичных компонент намагниченности пород, расположенных севернее Монголо-Охотской сутуры, близки по наклону и склонению к “ожидаемым” направлениям намагниченности, рассчитанным из палеомагнитных полюсов Сибири [10] (табл. 1, рис. 1–3). Палеошироты формирования толщ статистически совпадают с “ожидаемыми” палеоширотами для ордовикского периода [8], начала позднего девона [9], раннего карбона [8] и поздней перми [5]. Палеошироты силурийских и среднедевонских толщ [6, 7, 13] статистически отличаются от “ожидаемых” сибирских значений, но достаточно близки к ним. Возможно, отличия девонских палеоширот связаны с тем, что ранне-среднедевонский палеомагнитный полюс Сибири был рассчитан по метакристаллической вторичной намагниченности [10].

Также нельзя исключить незначительные различия в возрасте компонент намагниченности, выделенных в толщах Тувы, и компонент, по которым рассчитывались палеомагнитные полюсы Сибири. В целом кривые широтного перемещения этих районов отличаются мало и, возможно, Сибирь, Тува и часть Монголии к северу от Монголо-Охотской сутуры, начиная с ордовика, перемещались как единое геологическое тело (рис. 2). Тем не менее в работе [12] на основе биостратиграфических данных рассматривается гипотеза, что раннепалеозойские толщи Тувы могли накапливаться на удалении от Сибири. Поэтому, конечно, палеомагнитные и биостратиграфические данные по раннему палеозою Тувы требуют дальнейшего подтверждения.

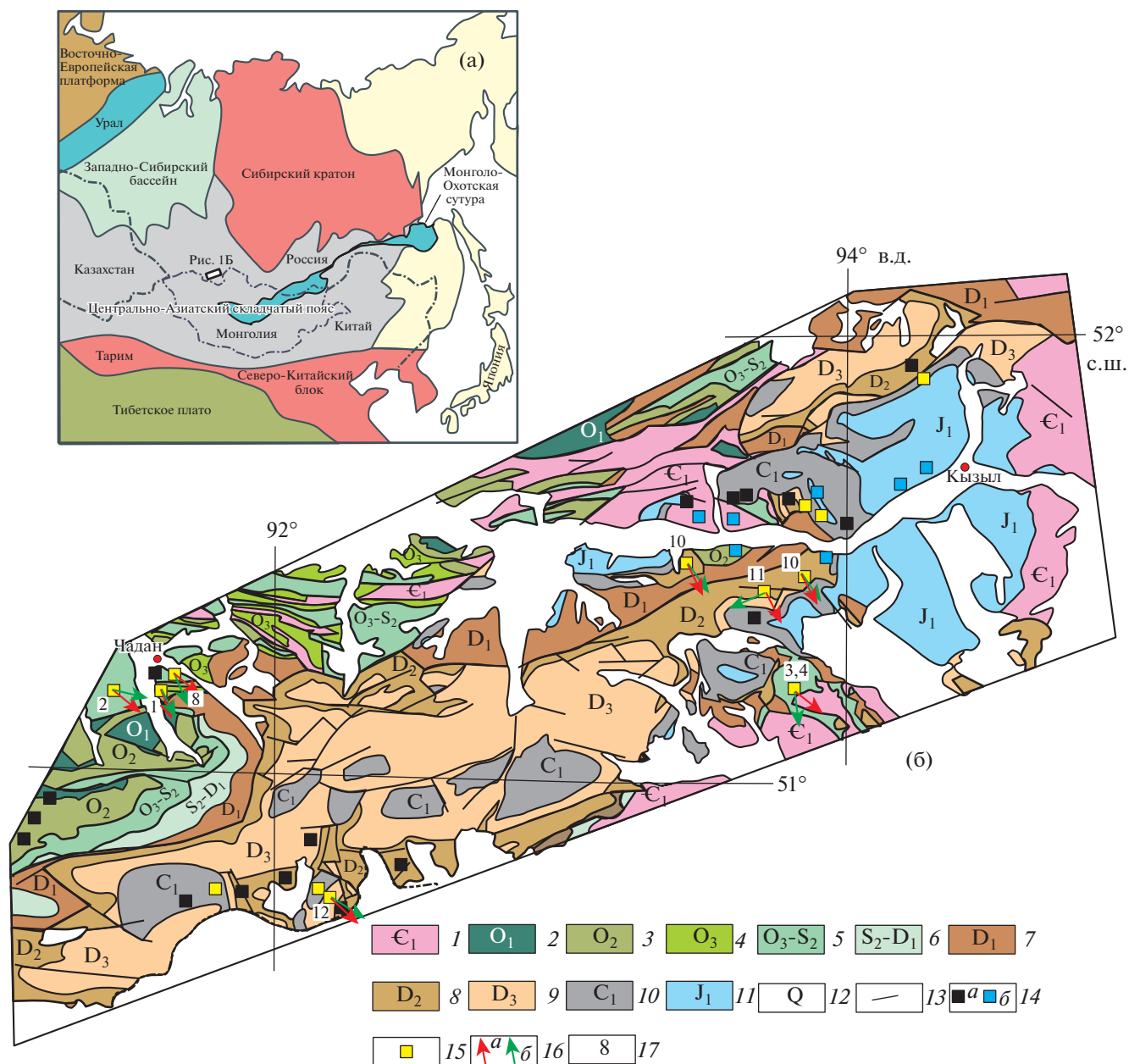
Склонения намагниченности большинства толщ, расположенных к северу от Монголо-Охотской сутуры, также близки к “ожидаемым” сибирским (табл. 1, рис. 1, 3). В породах этих толщ максимальный угол отклонения склонений намагниченности от “ожидаемых” сибирских склонений составляет 15–20° против или по часовой стрелке. Такие незначительные различия в склонениях намагниченности могут быть объяснены слабым вращением геологических блоков при уплотнении структуры с диагональными системами разломов. Значительные развороты относительно Сибири установлены для среднедевонских (например, 11 в табл. 1) [6] и некоторых силурийских [13] толщ ряда районов Тувы. В частности, аномальные склонения намагниченности среднедевонских толщ (11 в табл. 1) отличаются от сибирских более чем на 80°:  $R = 95.5$ ,  $\Delta R = 12$  [15]. Эти породы интенсивно деформированы, залегания пластов близки к вертикальным. Их выходы обособлены разломами от блоков, в пределах которых среднедевонские толщи обладают склонениями намагниченности, слабо отличающимися от “сибирских” склонений. Это позволяет связать аномальные склонения намагниченности в этих породах с вращениями, вызванными сдвиговыми перемещениями. Учитывая то, что среднедевонские толщи перекрыты слабо деформированными и не испытавшими вращения в горизонтальной плоскости раннекарбонными толщами [8], время сдвиговых деформаций можно оценить как позднедевонское. Специальных структурных исследований по выявлению сдвиговых перемещений в Туве не проводилось.

К югу от Монголо-Охотской сутуры (рис. 3) направления доскладчатой намагниченности можно разделить на две группы, которые плохо увязываются друг с другом. Первая группа направлений опубликована в работах [4, 5, 14]. Исследованные толщи находятся в структурах западной части южной Монголии. Так, в вулканических толщах хребтов Нойон и Тост с возрастом 316 млн лет (17 в табл. 1) [4] были установлены направления

Таблица 1. Палеомагнитные данные по фанерозойским толщам Тувы и Монголии

№ объекта палеомагнитного исследования	Возраст	Палеомагнитный полюс		Палеоширота (°)	Сравнение с Сибирью		Сравнение с Северо-Китайским блоком		Палеомагнитные тесты, ссылка
		$\Lambda$ (°)	$\Phi$ (°)		$A95$ (°)	$F \pm \Delta F$ (°)	$R \pm \Delta R$ (°)	$F \pm \Delta F$ (°)	
Толщи севернее Монголо-Охотской сuture									
1	O <sub>1-2</sub>	127	-41	5.4	4 ± 11	5 ± 12			F+ [8]
2	S	146.8	5.1	5.3	-16 ± 6	-33 ± 7			F+, R+ [7]
3	S <sub>2</sub>	100	-17.5	3.6	-10 ± 6	25 ± 6			[13]
4	S <sub>2</sub>	113	-10	7.9	-15 ± 7	9.1 ± 9.6			[13]
5	S <sub>2</sub>	142	3.2	15.6	-16 ± 13	-26 ± 18			[13]
6	S <sub>2</sub>	80.4	-13.7	6.3	-13 ± 6	44 ± 8			[13]
7	S <sub>2</sub> -D <sub>1</sub>	63.7	-13.3	5.8	-9 ± 6	61 ± 8			[13]
8	S <sub>2</sub> -D <sub>1</sub>	113.1	-12	8	-14 ± 8	8 ± 10			[13]
9	D <sub>1</sub>	99.6	-9	10.34	4 ± 10	25 ± 15			[13]
9a, среднее по наклонениям 3-9	S <sub>2</sub> -D <sub>1</sub>				-14 ± 4				Fn+, R+ [13]
10	D <sub>2</sub>	106	-13	7	-11 ± 8	19 ± 12			F+, R+ [6]
11	D <sub>2</sub>	35.8	0.6	7.1		96 ± 12			F+- [6]
12	D <sub>3</sub> <sup>1</sup>	139.8	3.7	9.3	3 ± 9	13 ± 13			Fn+ [8]
13	D <sub>3</sub> <sup>2</sup>	135	48.3	13.9	Нет полюса для Сибири				F+ [9]
14	C <sub>1</sub>	138	55	7	2 ± 5	-80 ± 19			F+ [8]
15	260	56	79	6	-7 ± 5	-6 ± 26			F+ [5]
Толщи южнее Монголо-Охотской сuture									
16	330	272	80.5	5.5	2 ± 6	253 ± 13	-30 ± 7	92 ± 9.6	Fn+ [14]
17	316	87	60	5.9	2 ± 7	-20 ± 15	-10 ± 13	-199 ± 21	F+ [4]
18	290	27	64	5.5	11 ± 5	-77 ± 16	-11 ± 5	-280 ± 11	F+ [5]
19	285	4	80	4.7	-5 ± 5	-99 ± 25	-27 ± 5	-303 ± 22	F+ [4]
20	283	195	40.3	6	40 ± 9	91 ± 42	12 ± 6	-111 ± 7.8	F+, P [19]
21	315	303	49	2.7	13 ± 6	196 ± 12	1 ± 12	17 ± 19	F+, P [17]
22	331	327	31.2	2.6	30 ± 6	220 ± 12	-1 ± 6	60 ± 7	F+, R+, P [17]

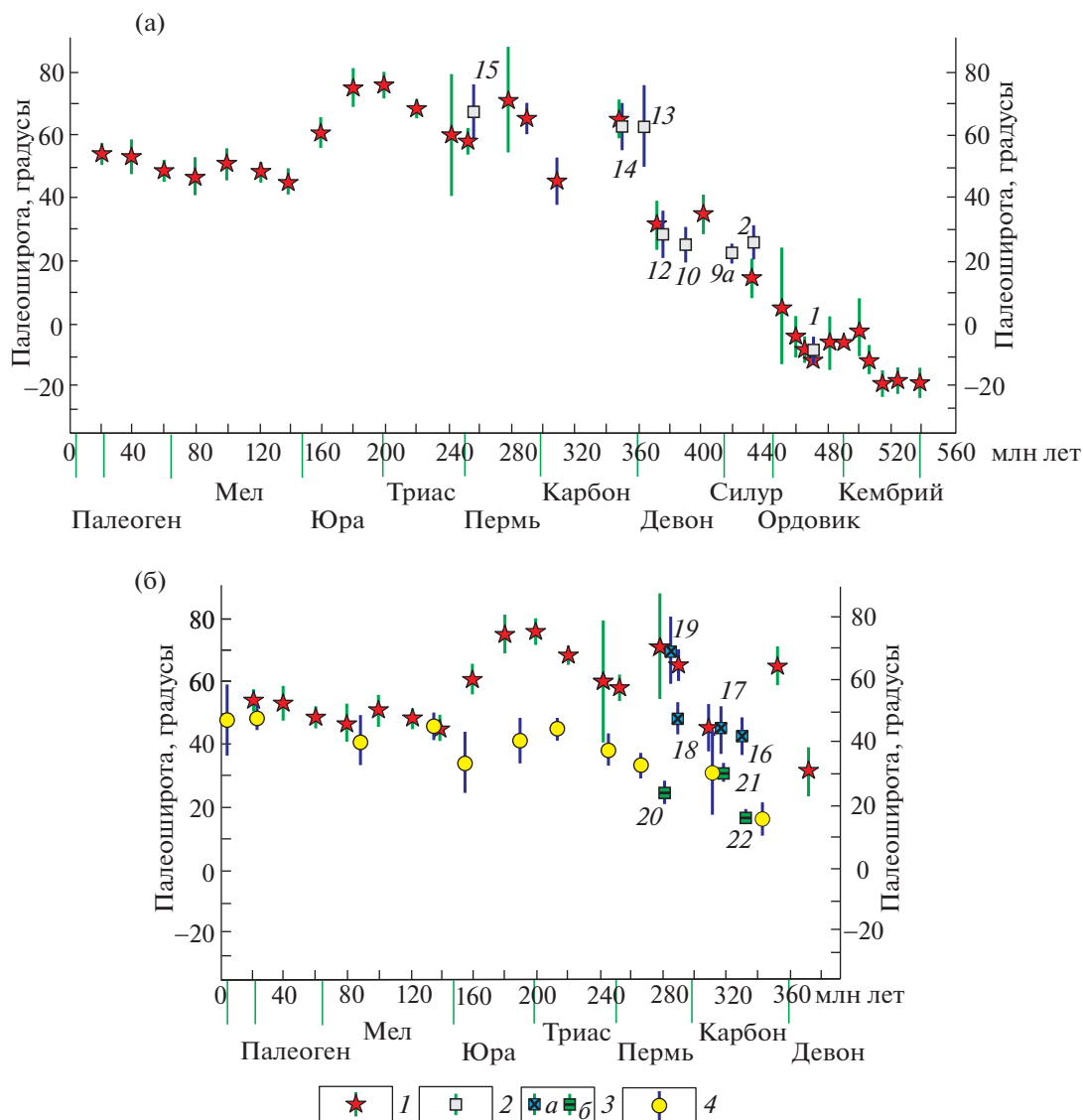
Примечание. Все параметры рассчитаны для точки с координатами 51° с.ш., 91° в.д. (центр Тувы). F = I ожидаемое, R = D измеренное, R = D измеренное - D ожидаемое,  $\Delta R$ ,  $\Delta F$  - погрешности расчета разностей [15]. F+, Fn+ - положительные тест складки и тест складки по наклонению, R+ - положительный тест обращения. Для определения I - F+- намагниченность включает 80% доскладчатой и 20% синкладчатой намагниченности. Определение используется только для оценки вращений толщ вокруг вертикальной оси. P - проведено петромагнитное исследование носителей намагниченности. Для всех образцов проведен полный компонентный анализ. Для всех толщ (кроме 18) надлежно установлена палеогоризонталь. Палеомагнитное определение 18 в основном рассчитано по роговикам в контактовой зоне гранитов Хан-Богдинского массива, первичное залегание роговиков могло быть определено с погрешностью.



**Рис. 1.** Схема геологического строения Тувинского прогиба [2]. 1–12 – комплексы пород: 1 – нижнекембрийский, 2 – нижнеордовикский, 3 – среднеордовикский, 4 – верхнеордовикский, 5 – верхнеордовикский-среднесилурийский, 6 – среднесилурийский-нижнедевонский, 7 – нижнедевонский, 8 – среднедевонский, 9 – верхнедевонский, 10 – нижнекарбонный, 11 – нижнеюрский, 12 – четвертичный, 13 – разломы, 14 – перемагнитные толщи: (а) – с хаотически направленной намагнитченностью, (б) – с кайнозойской намагнитченностью прямой полярности; 15 – толщи с доскладчатой, вероятно, первичной намагнитченностью; 16 – склонения намагнитченности, рассчитанные из палеомагнитных полюсов Сибири соответствующего возраста (а), характеристической намагнитченности пород (б), 17 – номера толщ из табл. 1.

намагнитченности, которые практически совпадают по склонению и наклону с “ожидаемым” направлением, рассчитанным из палеомагнитного полюса Сибири для 315 млн лет [10]. Для вулканических толщ с возрастом приблизительно 330 млн лет в Заалтайской Гоби (16 в табл. 1) [14] были получены близкие наклонения при резко

отличающихся склонениях (рис. 3). Для той же территории в толщах с возрастом 285 млн лет направление намагнитченности (19 в табл. 1) [4] также оказалось близким по наклону к направлениям, рассчитанным из сибирских палеомагнитных полюсов с возрастом 290 и 275 млн лет, но отличается от них по склонению. Направление

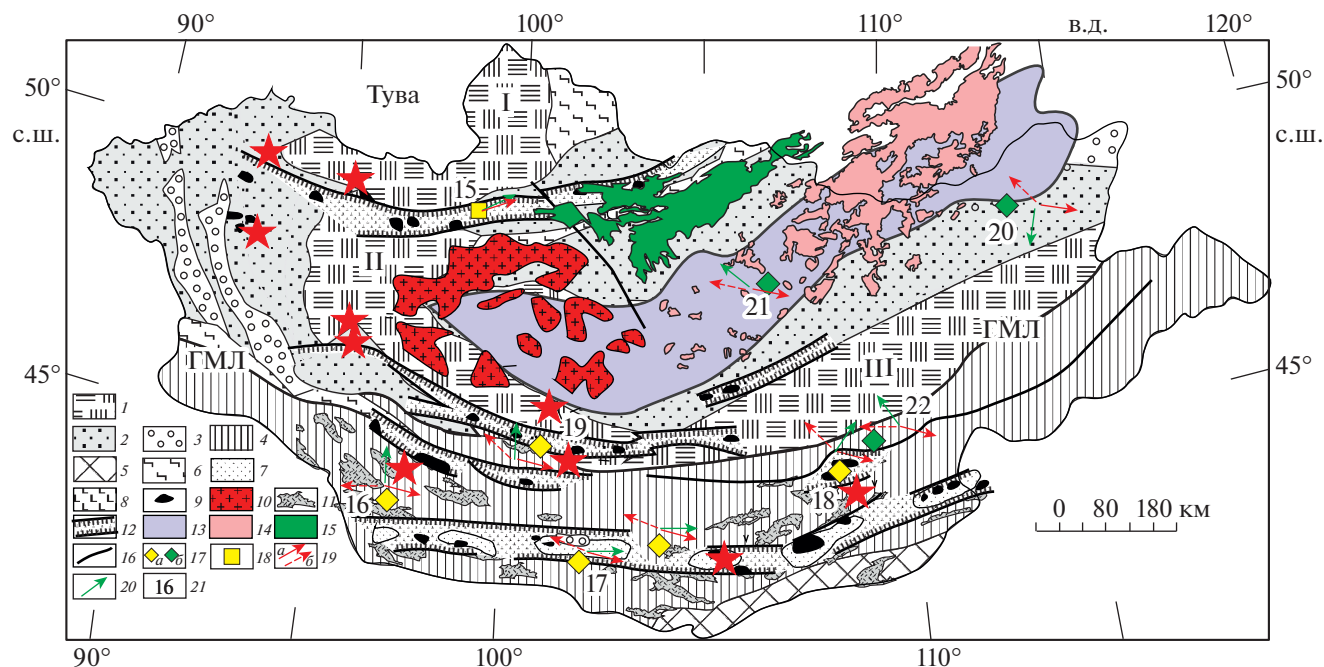


**Рис. 2.** Широтное положение фанерозойских геологических толщ Тувы и Сибири: А – к северу от Монголо-Охотской сутуры. Б – к югу от Монголо-Охотской сутуры. 1 – Палеошироты с доверительными интервалами, рассчитанные из палеомагнитных полюсов Сибири [10]; 2 – Палеошироты с доверительными интервалами фанерозойских толщ к северу от Монголо-Охотской сутуры; 3 – Палеошироты с доверительными интервалами фанерозойских толщ к югу от Монголо-Охотской сутуры: западная группа (а), восточная группа (б); 4 – Палеошироты с доверительными интервалами, рассчитанные из палеомагнитных полюсов Северо-Китайского блока [16, 20]. Цифры на диаграммах соответствуют номерам в табл. 1. Все расчеты проведены для центра Тувы,  $51^{\circ}$  с.ш.,  $91^{\circ}$  в.д.

намагниченности пород гранитного массива Хан-Богдо и его обрамления с возрастом 290 млн лет (18 в табл. 1) не совпало с “ожидаемыми” направлениями из сибирских полюсов ни по склонению, ни по наклонению. Но палеоширота формирования этих пород близка к палеоширотам, рассчитанным по намагниченности толщ западной части Южной Монголии (16 и 17, табл. 1) с возрастом 316 и 330 млн лет (рис. 2, 3).

Палеомагнитные данные для западной части южной Монголии, свидетельствующие о завершении здесь аккреционных процессов к началу

карбона и вхождении герцинид в складчатое обрамление Сибири, неплохо увязываются с геологическими данными, а также с данными по перематниванию толщ южной Монголии [3]. Действительно, анализ вторичной намагниченности пород таких толщ показал, что во многих районах южной Монголии, вероятно, позднепермские вторичные компоненты намагниченности обратной полярности группируются вокруг “ожидаемых” направлений намагниченности, рассчитанных из позднекарбон-пермских палеомагнитных полюсов Сибири [3, 10] (рис. 4). Из этого следует,



**Рис. 3.** Положение фанерозойских толщ с доскладчатой первичной и пермской вторичной намагниченностью в структуре южной и северной Монголии. 1 – докембрийские микроконтиненты: I – Тувино-Монгольский, II – Дзабханский, III – Централно-Монгольский; 2 – зоны каледонид; 3 – наложенные палеозойские прогибы; 4 – зоны герцинид; 5 – зоны индосинид; 6 – метаморфические пояса; 7 – бимодальная базальт-пантеллерит-комендитовая ассоциация (С<sub>3</sub>-Р); 8 – субщелочные базальты (С<sub>3</sub>-Р); 9 – щелочные граниты (С<sub>3</sub>-Р); 10 – граниты Хангайского батолита (273–238 млн лет); 11 – вулканогенно-осадочные толщи континентальной окраины (АКО) (345–330 млн лет); 12 – рифтовые зоны; 13 – структуры Монголо-Охотской сuture; 14 – граниты Хентейского батолита (229–195 млн лет); 15 – Селенгинский вулканический пояс (Р<sub>1</sub>-J<sub>1</sub>); 16 – разломы; 17 – районы южнее Монголо-Охотской сuture, где в толщах выделена первичная намагниченность, а – западная часть, б – восточная часть; 18 – районы севернее Монголо-Охотской сuture, где в толщах выделена первичная намагниченность; 19 – “ожидаемые”\_склонения намагниченности, рассчитанные из палеомагнитных полюсов а) Сибири, б) Северного Китая; 20 – склонения первичной намагниченности толщ; 21 – номера палеомагнитных объектов из табл. 1. ГМЛ – главный монгольский линеамент. СС – солонкерский сдвиг. Геологическая основа взята из [18].

что после предполагаемого перемагничивания в поздней перми эти породы не испытали сильных деформаций, которые обязательно привели бы к отклонению направлений вторичной намагниченности от поля перемагничивания. Кроме того, из этого следует, что указанные блоки пород во время перемагничивания уже находились в структуре Сибирского кратона.

Геологическими показателями консолидации каледонских и герцинских структур Западной Монголии совместно с Сибирским кратоном в единый континентальный блок служат следующие данные. Так, граниты Хангайского батолита, которые запечатали Монголо-Охотскую сuture с обрамляющими ее с севера и юга каледонскими структурами (рис. 3), формировались в период от 273 до 238 млн лет (U–Pb-датировки), что указывает на закрытие Хангайского залива Монголо-Охотского океана к ранней перми. Герцинские структуры Южной Монголии были аккрегированы к каледонскому блоку Северной Монголии в конце девона, что привело к образованию метаморфического пояса с возрастом 365 млн лет на

границе каледонид с герцинидами. Завершение процессов аккреции зафиксировано формированием арфведсонитовых гранитов с возрастом  $358 \pm 1$  млн лет. Они внедрились в зону Главного монгольского линеамента в южной части Монгольского Алтая, прорывая как каледонские, так и герцинские структуры его обрамления и оставаясь не затронутыми деформациями. Протяженный пояс раннепермских гранитоидов А-типа, который прослеживается от Тарима через Южно-Монгольские герциниды и каледониды Северной Монголии до края Сибирской платформы, возник в интервале 300–280 млн лет. Он стал сшивающей структурой, определившей принадлежность всех указанных тектонических зон единому континентальному блоку. Таким образом, все эти геологические данные свидетельствуют, что, по крайней мере, в западной Монголии герцинские и каледонские структуры были совмещены с Сибирью с раннего карбона, и уж точно не позднее ранней перми.

Палеомагнитные данные для геологических структур восточной половины Монголии имеют



иные характеристики. Направления с наклонами, существенно отличающимися от “сибирских”, выделены в восточных районах страны в толщах с возрастом 283, 315, 331 млн лет (20–22 в табл. 1) [17, 19] (рис. 2, 3). Палеошироты всех этих толщ являются значительно более южными по сравнению с “сибирскими”. Палеошироты толщ с возрастом 315 и 331 (21, 22 в табл. 1) близки к палеоширотам Северо-Китайского блока [16, 17] при корректировке данных на занижение наклона намагниченности. Склонение намагниченности толщи с возрастом 315 млн лет (21 в табл. 1) близко к “ожидаемому” склонению, рассчитанному из позднекарбонатового палеомагнитного полюса для Северного Китая [16]. В отличие от палеоширот склонения намагниченности толщ с возрастом 283 и 331 млн лет (20 и 22 табл. 1) резко отличаются от “ожидаемых” склонений, рассчитанных из ранне-среднекарбонатового и пермского палеомагнитных полюсов Северо-Китайского блока или близких по возрасту полюсов Сибири. Отметим, что в восточной Монголии пока не выявлены признаки пермского перемагничивания пород [17, 19], что также отличает эти районы от западной части Монголии.

Широтные различия структур, расположенных южнее Монголо-Охотской сuture в западной и восточной частях Монголии, объяснить пока сложно без привлечения спекулятивных гипотез. В то же время различия в геологическом строении соответствующих районов Монголии достаточно очевидны, прежде всего, в отношении мезозойского этапа их формирования. Высокая тектоническая и магматическая активность этого этапа геологической истории региона проявлялась исключительно в восточной части страны и в той или иной степени была сопряжена с закрытием Монголо-Охотского бассейна. Однако и до мезозойские структуры к югу от сuture также значительно различаются. Так, проведенное нами районирование коры по модельному изотопному Nd-возрасту их формирования для территорий к югу от Монголо-Охотской сuture показало клавишное распределение здесь блоков с разным возрастом коры (наши неопубликованные данные). Наиболее выразительно выделяется Средне-Гобийский блок благодаря, прежде всего, полям развития карбонатных толщ позднего рифея (рис. 5). Распространенные в его пределах гранитоиды характеризуются значениями  $T_{Nd}(2st) > 1.5$  млрд лет, указывая на преобладание в фундаменте блока пород с палеопротерозойскими характеристиками. Этот блок запирает перемычку между Хангайским и Хэнтейским сегментами Монголо-Охотского бассейна и, скорее всего, был аккретирован в промежутке между временем закрытия этих сегментов.

Непосредственно к востоку и западу от Средне-Гобийского блока развиты структуры, харак-

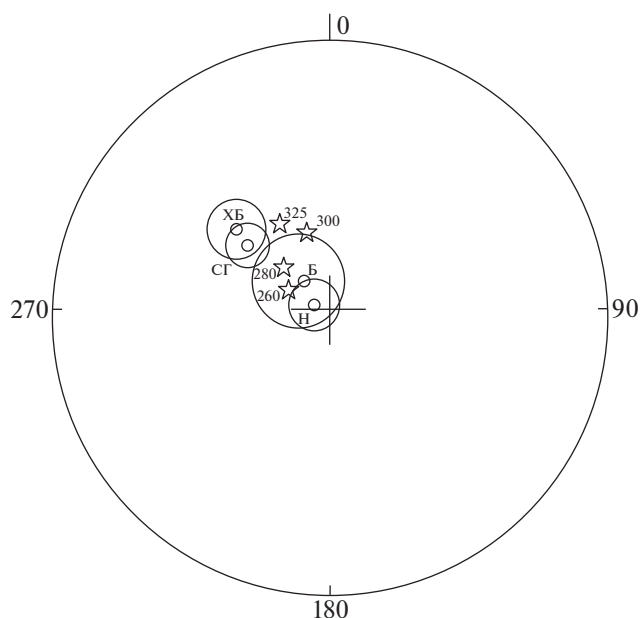
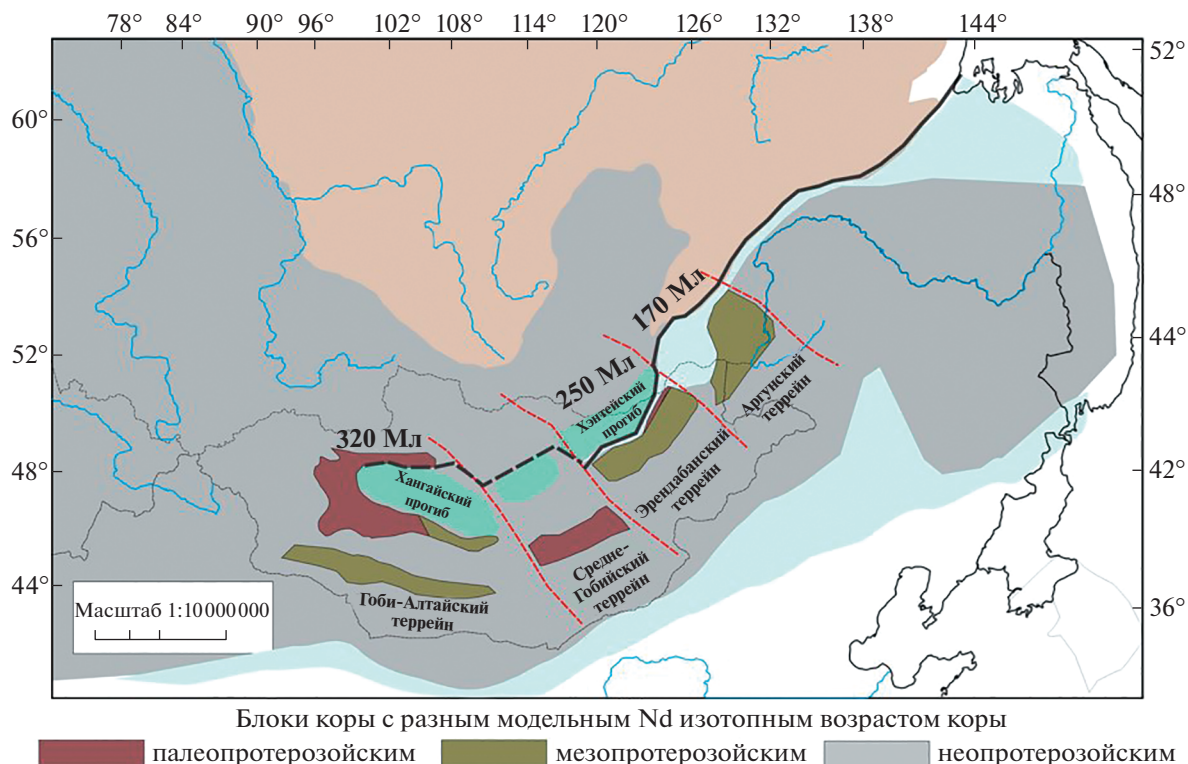


Рис. 4. А – Средние направления вторичной намагниченности обратной полярности пород южной Монголии. Направления вторичной намагниченности ХБ, СГ, Н, Б взяты из [5, 14] и приведены в ССК. Для сравнения в ДСК нанесены “ожидаемые” направления, рассчитанные из пермских палеомагнитных полюсов Сибири [10] – звездочки. Цифры около звездочек соответствуют времени, для которого рассчитан палеомагнитный полюс. Все направления намагниченности пересчитаны для центра Монголии. Использована равнопромежуточная экваториальная стереопроекция.

теризующиеся неопротерозойскими значениями модельных Nd-изотопных возрастов. Территорию Восточной Монголии к востоку от Северо-Гобийского блока в значительной степени характеризуют структуры, кора которых выделяется мезопротерозойскими значениями модельного Nd-изотопного возраста ( $T_{Nd}(2st) = 1.5–1.0$  млрд лет). Они образуют блок, сопоставляемый с террейном Эрендабан. В его пределах отмечается присутствие и более древней коры с палеопротерозойскими значениями модельного Nd-изотопного возраста, но ее выходы ограничены незначительным участком. Этот террейн ограничивает Монголо-Охотскую сuture с юга на ее Хэнтейском участке, в пределах которого закрытие океана завершилось в раннем мезозое, определив тем самым время аккреции террейна к Сибирскому континенту.

Торцевые границы рассмотренных блоков определяют разломы СЗ-простираения, которые хорошо выделяются в структурах центрального сегмента ЦАСП (рис. 5). С учетом различий в строении блоков, а также с учетом времени их сочленения с Сибирским континентом, можно предположить, что закрытие Монголо-Охотского



**Рис. 5.** Схема строения южного обрамления структур Монголо-Охотского пояса, положение в структуре блоков коры с разным модельным возрастом. Цифры – возраст аккреции блоков к Сибирскому континенту.

океана происходило последовательно по мере аккреции к Сибирскому континенту различных террейнов, представлявших в первую очередь фрагменты структур палеоокеана, располагавшихся между Сибирским и Северо-Китайским континентами, что и определило их особое палеогеографическое положение. Подобная модель позволяет объяснить различия в широтном положении отдельных блоков, расположенных к югу от Монголо-Охотской сuture, на интервалах времени, предшествовавших их причленению к Сибирскому континенту.

Дополнительно отметим, что совпадение палеоширот позднекарбонных-раннепермских толщ восточной части южной Монголии с “ожидаемыми” палеоширотами, рассчитанными из палеомагнитных полюсов Северного Китая, требует сложной интерпретации материалов о Солонкерском океане, который существовал до 250 млн лет и разделял герциниды южной Монголии и Северо-Китайский блок. Если использовать палеомагнитные данные по восточной части южной Монголии [17, 19], то ширина океана в позднем карбоне-ранней перми была в пределах погрешности палеомагнитных определений – первые сотни километров, в то время как существует достаточно много реконструкций, где обосновывается значительно большая ширина океана.

Широкие вариации склонений намагниченности толщ южнее Монголо-Охотской сuture могли быть связаны с активными сдвиговыми перемещениями, которые приводили к вращениям вокруг вертикальной оси геологических блоков южной Монголии. Толщи как западной, так и восточной частей южной Монголии за редким исключением (20 в табл. 1) в разной степени развернуты относительно Сибири против часовой стрелки (рис. 3). Такие вращения, например, могли быть связаны с левосторонним относительным перемещением каледонид к северу от Монголо-Охотской сuture [11] и Северо-Китайского блока в позднем палеозое-мезозое. В частности, возраст метаморфизма, связанного с левым сдвигом вдоль Дзунбаинского разлома, совместившим герциниды и солонкерский блок на юге Монголии, составляет 230 млн лет. Вероятно, возможны и другие интерпретации, объясняющие вращения блоков.

## ВЫВОДЫ

1. Районы Тувы и Монголии резко различаются по набору компонент естественной остаточной намагниченности палеозойских пород. В западной Монголии широко распространено пермское перемагничивание пород магнитным полем обратной полярности, которое, по-видимому, было



связано со становлением Хангайского батолита. В восточной Монголии признаков пермского перемагничивания пока не обнаружено. В Туве пермское перемагничивание не выявлено, но установлено широкое распространение вторичной намагниченности, единичные направления которой в геологических разрезах направлены хаотически.

2. Большинство направлений первичных компонент намагниченности пород, расположенных в районах севернее Монголо-Охотской сутуры (Тува, северная часть Монголии), близки по наклону и склонению к “ожидаемым” сибирским направлениям намагниченности. В целом кривые широтного перемещения Сибири и перечисленных районов ЦАСП отличаются незначительно и, скорее всего, Сибирь, Тува и Монголия к северу от Монголо-Охотской сутуры, начиная с ордовика, перемещались как единое геологическое тело. Отдельные толщи сильно развернуты вокруг вертикальной оси, вероятно, при сдвиговых перемещениях.

3. Южнее Монголо-Охотской сутуры к западу от меридиана  $107^\circ$  палеошироты формирования позднекарбон-пермских толщ близки к “сибирским”, а к востоку от меридиана — к “северокитайским”. По-видимому, это связано с разной геологической историей террейнов, слагающих Центрально-Монгольский и Восточно-Монгольский сегменты Южной Монголии и разным возрастом их аккреции к Сибирскому континенту.

4. Широкие вариации склонений намагниченности толщ, расположенных южнее Монголо-Охотской сутуры, возможно, были связаны со сдвиговыми перемещениями, которые были активны в южной Монголии в различные периоды позднего фанерозоя.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках Госзадания ИГЕМ РАН, тема №121041500224-8.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берзин Н.А., Кунгурцев Л.В. Геодинамическая интерпретация геологических комплексов Алтае-Саянской области // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 1. С. 63–81.
2. Геологическая карта Тувинской АССР. М 1 : 500 000. 1983. Гл. редакторы: Подкаменный А.А., Шегман М.Л.
3. Коваленко Д.В. Палеомагнетизм раннепалеозойских геологических комплексов Монголии // Физика Земли. 2017. № 3. С. 88–106.
4. Коваленко Д.В., Чернов Е.Е. Палеомагнетизм карбон-пермских магматических комплексов южной части Монголии // Физика Земли. 2008. № 5. С. 81–96.
5. Коваленко Д.В. Палеомагнетизм позднепалеозойских, мезозойских и кайнозойских геологических комплексов Монголии. Геология и геофизика. 2010. № 4. С. 495–515.
6. Коваленко Д.В., Лобанов К.В. Палеомагнетизм среднедевонских геологических комплексов центральной Тувы // ДАН. 2018. Т. 479. С. 298–301.
7. Коваленко Д.В., Лобанов К.В. Новый палеомагнитный полюс для силурийских геологических толщ Тувы // ДАН. 2018. Т. 483. № 4. С. 246–251.
8. Коваленко Д.В., Бузина М.В., Лобанов К.В. Палеомагнетизм ордовикских и раннекарбонных геологических комплексов Тувы // ДАН. 2021. Т. 498. № 2. С. 124–130.
9. Коваленко Д.В., Бузина М.В., Лобанов К.В. Новые палеомагнитные данные для девон-раннекарбонных геологических толщ Тувы // ДАН. 2020. Т. 491. № 1. С. 121–126.
10. Павлов В.Э. Палеомагнетизм Сибирской платформы. Автореф. доктора физ.-мат. наук. Москва. 2016. 48 с.
11. Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18. № 5. С. 24–44.
12. Сенников Н.В., Изох Н.Г., Казанский А.Ю., Петрунина З.Е., Кунгурцев Л.В., Хлебникова Т.В., Михальцов Н.В., Савицкий В.Р. Новые биостратиграфические и палеомагнитные данные по малиновской серии (нижний-средний ордовик, Тува) // Новости палеонтологии и стратиграфии. 2006. В. 8. С. 27–43.
13. Bachtadse V., Pavlov V.E., Kazansky A.Y., et al. Siluro-Devonian Paleomagnetic Results from the Tuva Terrane (Southern Siberia, Russia): Implications for the Paleogeography of Siberia // J. of Geophys. Res. 2000. V.105. № B6. P. 13.509–13.518.
14. Bazhenov M.L., Kozlovsky A.M., Yarmolyuk V.V., Fedorova N.M., Meert J.G. Late Paleozoic Paleomagnetism of South Mongolia: Exploring Relationships between Siberia, Mongolia and North China // Gondwana Research. 2016. V. 40. P. 124–141.
15. Beck M.E., Jr. Paleomagnetic Record of Plate-margin Tectonic Processes along the Western Edge of North America // J. Geophys. Res. 1980. V. 85. P. 7115–7131.
16. Huang B., Yan Y., Piper J.A., Zhang D., Yi Z., Yu S., Zhou T. Paleomagnetic Constraints on the Paleogeography of the East Asian Blocks during Late Paleozoic and Early Mesozoic Times // Earth-Science Reviews. 2018. V. 186. P. 8–36.
17. Ren Q., Zhang S., Sukhbaatar T., Zhao H., Wu H., Yang T., Li H., Gao Y., Jin X. Did the Boreal Realm Extend into the Equatorial Region? New Paleomagnetic Evidence from the Tuva–Mongol and Amuria blocks // Earth and Planetary Science Letters. 2021. V. 576. P. 117246.
18. Tectonic, Magmatism, and Metallogeny of Mongolia. Routledge, Taylor&Fransis Group, London and New York, 2001. 288 p.

19. Zhao P., Appel E., Xu B., Sukhbaatar T. First Paleomagnetic Result from the Early Permian Volcanic Rocks in Northeastern Mongolia: Evolutional Implication for the Paleo-Asian Ocean and the Mongol-Okhotsk Ocean // Journal of Geophysical Research Solid Earth. 2020.
20. Wu L., Kravchinsky V.A., Potter D.K. Apparent Polar Wander Paths of the Major Chinese Blocks since the Late Paleozoic: Toward Restoring the Amalgamation History of East Eurasia // Earth-Science Reviews. 2017. V. 171. P. 492–519.

## PALEOMAGNETISM OF THE CENTRAL PART OF THE CENTRAL ASIAN FOLDING BELT (TUVA, MONGOLIA)

**D. V. Kovalenko<sup>a, #</sup>, Academician of the RAS V. V. Yarmolyuk<sup>a</sup>, and A. M. Kozlovskiy<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Institute of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

<sup>#</sup>*E-mail: Dmitry@igem.ru*

Generalization of paleomagnetic data for Tuva and Mongolia showed that the curves of latitudinal displacement of Siberia, Tuva, and northern Mongolia differ insignificantly and, possibly, these geological blocks, starting from the Ordovician, moved as a single geological body. South of the Mongol-Okhotsk suture to the west of the 107° meridian, the paleolatitudes of the formation of the Late Carboniferous-Permian strata are close to the “Siberian” ones, and to the east of the meridian – to the “North Chinese” ones. The wide variations in the declination of the magnetization of sequences located south of the Mongol-Okhotsk suture could possibly be associated with strike-slip displacements that were active in southern Mongolia during different periods of the Late Phanerozoic. The regions of Tuva and Mongolia differ sharply in the set of components of the natural remanent magnetization of Phanerozoic rocks. Permian remagnetization of rocks by a magnetic field of reverse polarity is widespread in Mongolia. In Tuva, the Permian remagnetization is practically not detected, but a wide distribution of randomly directed secondary magnetization has been established.

*Keywords:* magnetization, paleolatitude, tectonic emplacement, declination, inclination