

Г. А. ПОСПЕЛОВА, Г. Я. ЛАРИОНОВА

# ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ЗОНЫ ГОТЕРИВСКОГО ЯРУСА

(по отложениям Хатангской впадины)

В последние годы получены новые фактические материалы по палеомагнитной изученности юрского и мелового периодов. Большинство палеомагнитных исследований посвящено изверженным породам. Изучение осадочных пород в основном касается систем в целом без разделения на ярусы. Это объясняется, по-видимому, тем, что юрские и меловые породы, возраст которых хорошо датирован палеонтологически (морские отложения), являются или очень слабомагнитными, или метастабильными породами. Положения палеомагнитных полюсов, вычисленные по результатам палеомагнитных исследований Северной Америки, дают хорошую сходимость, располагаясь на северо-востоке Азиатского континента [7, 9, 10—13]. Часть евроазиатских, африканских, японских и другие данные дают довольно противоречивые результаты [3, 5, 6, 8, 14, 15, 16]. Характер геомагнитного поля в мезозойской эре остается до сих пор менее изученным, чем в другие периоды истории Земли.

В данной работе приведены результаты палеомагнитных исследований морских отложений по р. Боярке нижнего подъяруса готеривского яруса ( $\lambda=98^\circ$  в. д.,  $\varphi=70,5^\circ$  с. ш.)\*. Исследованы породы из опорного разреза верхнеюрских — нижнемеловых отложений севера Сибири (бассейн р. Хеты). Богатство и разнообразие встреченной здесь фауны обеспечивает зональное расчленение разреза.

Палеомагнитное изучение морских отложений р. Боярки интересно с трех точек зрения. Во-первых, независимо от палеоклиматических данных определение палеомагнитным методом палеошироты данного района; во-вторых, выяснение наличия палеомагнитных зон для составления опорного палеомагнитного разреза мезозоя севера Сибири; в третьих, местонахождение геомагнитного полюса в готериве. Решение этих задач пополнит наши данные об истории геомагнитного поля в меловой период и даст в руки стратиграфов объективный, независимый от других фактов критерий для корреляции разрезов в разных областях, особенно для сопоставления морских и континентальных толщ.

Отложения нижнего готерива сложены чередующимися между собой глинистым, песчаным или глинисто-песчаным алевритом, рыхлым или слабоцементированным мелкозернистым песком и алевритистой глиной. Породы окрашены в основном от зеленовато-серых до буровато-зеленых тонов, часты выцветы ярозита и охристо-желтые включения. Алеврит глинистый, глина алевритистая оскольчатая или с тонкой плитчатой отдельностью. В некоторых слоях песчанистого алев-

рита в значительном количестве присутствуют прослои алевритистой глины, которые хорошо прослеживаются иногда на 10—15 м. В сводном разрезе нижнего готерива выделяется 22 слоя (рис. 1). В слоях нижней части разреза наблюдается большое распространение конcretionных образований, обычно приуроченных к границам слоев, но иногда появляющихся внутри слоя на разных его уровнях. Это шаровые конкреции известковистого песчаника с обломками минерализованной и обугленной древесины и мелкими раковинами моллюсков. Размеры их от 0,3 до 4 м. Небольшие единичные конкреции округлой и линзовидной формы алевритового мелкозернистого известковистого песчаника присутствуют по всему разрезу. В некоторых слоях песчаника в большом количестве наблюдаются ходы пескожилов и илоедов диаметром до 1 см. Встречаются слои с большим количеством раковин моллюсков, иногда образующих ракушечные скопления хорошей сохранности.

Изучение минералогического состава отложений показало наличие в тяжелой фракции аутигенных минералов пирита и гидроокислов железа, в терригенных — присутствие черных рудных минералов. Выход тяжелой фракции 0,1—0,05 мм от очень небольшого до 5,9%.

В изученных отложениях выражена отчетливая ритмичность в осадконакоплении. Можно выделить четыре ритма, начинающихся глиной и кончающихся песком. Суммарная мощность вскрываемых пачек пород нижнего готерива 80 м. Породы залегают моноклинально. Пласты падают почти на север (аз. пад.  $=348^\circ$ ) под углом  $7-8^\circ$ .

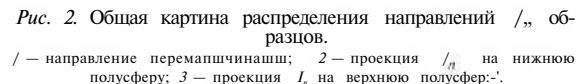
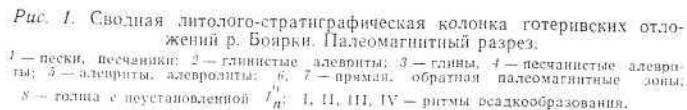
Возраст этих отложений установлен на основании многочисленных находок морской фауны: аммонитов рода *Homolomites*, белемнитов, двусторчатых моллюсков, брахиопод, фораминифер, в некоторых слоях изобилие следов жизни: трубки пескожилов, ходы детритоядов. По аммонитам эта часть разреза выделяется в одну биостратиграфическую зону *Homolomites bojarkensis*. В основании ее на границе с верхним валанжином наблюдается небольшой размыв, граница имеет волнистый характер, в базальном слое наблюдается тонкая прерывистая слоистость, линзы с галькой кварца, известковистого алеврита и песчаника, а также обломки обугленной и минерализованной древесины.

В качестве объекта палеомагнитных исследований были взяты два обнажения. Отбор ориентированных образцов был проведен по возможности из каждого слоя, независимо от типа пород (из 17 слоев)\*. Отбор штуфов велся в основном по слоистости пласта — в нескольких точках на одинаковом стратиграфическом уровне и, если позволяла мощность слоя, по вертикали через 0,5—1,0 м. Всего было взято 128 штуфов (см. рис. 1), из которых изготовлено 175 образцов-кубиков размером  $5 \times 5 \times 5$  см и  $2,4 \times 2,4 \times 2,4$  см.

Глины и глинистые алевриты в районах вечной мерзлоты большей частью сильно разрушены, причем размеры кусков не превышают 5—8 см, что не позволяло изготавливать ориентированные образцы необходимых размеров. До сплошных глин докопаться не представлялось возможным. В связи с этим была выработана специальная методика изготовления образцов. Маркированный штупф изометричной формы, ориентированный обычно на горизонтальной плоскости, помещался в разборный контейнер из оргстекла и заливался парафином. Преобладающая часть исследованных образцов представлена парафинированными кубиками с гранью 5 см. Методика отбора ориентированных образцов остальных штуфов была общепринятой. Отбор ориентированных образ-

\* Результаты палеомагнитных исследований верхнеюрских отложений этого района см. [4].

\* Отбор ориентированных образцов проведен А. В. Ануциным.



Исследования магнитных свойств пород проводились в основном на любезно предоставленных нам астатических магнитометрах и установках в палеомагнитной лаборатории ВНИГРИ и частично на приборах ИОН-1 и ИМВ-2. Измерения велись на трех астатических магнитометрах различной чувствительности в зависимости от величин  $H_0$  /,, образцов. Цена деления приборов была от 0,03 до 0,06 гамм/дел.

Магнитные свойства изученных пород колеблются в пределах:  $J$ , от  $27,5$  до  $1,6 \cdot 10^6$  СГМ,  $k$  от  $376$  до  $52,5 \cdot 10^6$  СГМ. Эти данные приведены без учета магнитных свойств парафинированных образцов, так как магнитные параметры их занижены за счет уменьшения объема.

Направление естественной остаточной намагниченности образцов еще более разнообразно. Первичные измерения всех исследованных векторов  $\vec{M}_0$  после выдержки образцов *in situ* по полю и против поля дали почти хаотический разброс проекций векторов  $\vec{M}_0$  на нижнюю полусферу и небольшое количество векторов  $\vec{M}_0$  с отрицательным наклонением (рис. 2). Однако при рассмотрении распределения векторов  $\vec{M}_0$  по разрезу уже по первичным измерениям можно заметить некоторую закономерность в разделении образцов на группы, чередующиеся в разрезе с характерными им направлениями  $\vec{M}_0$  (рис. 3. а),

Временная чистка /<sub>н</sub> образцов в земном поле с выдержкой з течение 3, а затем 18 недель несколько изменила распределение направ-

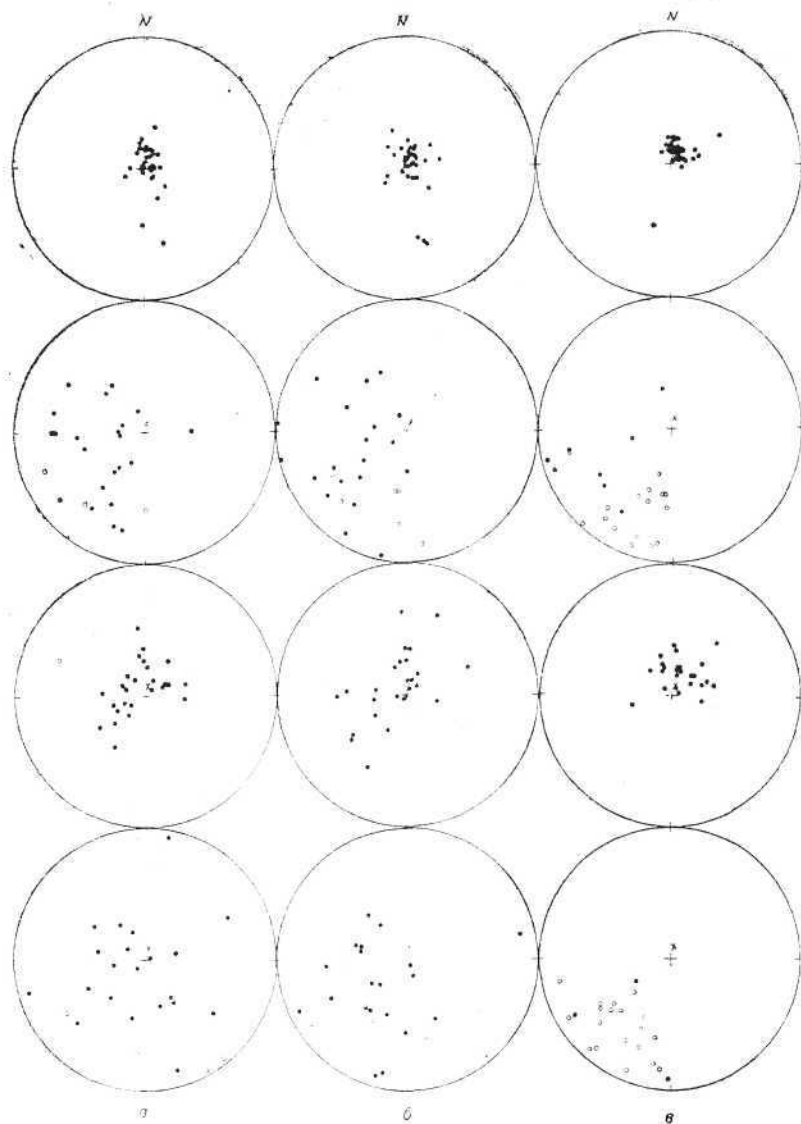


Рис. 3. Распределение направлений  $I_n$  в выделенных палеомагнитных зонах (сверху вниз по разрезу). а —  $I_n$  по первичным измерениям; б —  $I_n$  после временной чистки (т-126 сут.); в —  $I_n$  после чистки  $\tilde{H}$ .

лений  $I_n$ . После выдержки образцов против поля наблюдается общая закономерность в уменьшении величины  $I_n$ , повторная временная чистка уменьшает  $|I_n|$  на меньшую величину. По-видимому, происходит снятие вязкой намагниченности, возникшей в земном поле, и частичная компенсация намагниченности  $I_n$  за счет образования новой вязкой намагниченности противоположного направления. Изменение величины намагниченности  $I_n$  пород за 18 недель в земном поле составляет от 5 до 51%, достигая в среднем 25—30%.

Наличие большой магнитной вязкости пород подтверждают исследования в постоянном поле. Для восьми образцов из штурфов № 59 и № 68 были проведены измерения величины разрушающего поля ( $H_c$ ). Величина  $H_c$  составляет всего от 17,5 до 8 Э. После выдержки в земном поле в течение 12—40 суток перемангниченные постоянным полем образцы как с прямой, так и с обратной естественной остаточной намагниченностью восстанавливали направление, близкое к первоначальному.

В связи с тем, что исследованные породы обладали большой способностью приобретать вязкую намагниченность, образцы, у которых  $|I_n|$  была более  $5 \cdot 10^{-6}$  СГС, в дальнейшем измерялись на специальном аstaticком магнитометре с компенсированным магнитным полем, чтобы избежать влияния магнитного поля непосредственно при измерениях.

После временной чистки в течение 18 недель незначительно уменьшился разброс векторов  $I_n$ , увеличилось число образцов, намагниченных обратно. Однако полной чистки  $I_n$  пород от вторичных намагниченностей временная чистка не дала (рис. 3, б).

Для оценки стабильности пород  $I_n$  и выделения стабильной намагниченности из  $I_n$  все образцы после временной чистки подвергались размагничиванию переменным магнитным полем. Размагничивание велось на горизонтальной размагничивающей установке с вращением образца в двух взаимно перпендикулярных плоскостях со скоростью около 130 об/мин (в пределах 120—140 об/мин). Скорость вращения при каждом цикле размагничивания устанавливалась с помощью реостата и измерялась тахометром. Из группы образцов, взятых из одной траншеи или раскопки, выбирался один, для которого снималась полная кривая размагничивания до 600 Э включительно. Ход кривых размагничивания

$I_n(\tilde{H})$  высок (мин.  $\frac{I_{n0}}{I_n} = 0,58$ ). Сравнение кривых  $I_n(\tilde{H})$  и  $I_{ri}(\tilde{H})$ .

( $I_{ri}$  — идеальная намагниченность, полученная из нулевого магнитного состояния образца в лабораторном поле в присутствии переменного поля с постоянно убывающей амплитудой от  $\leq 600$  Э до 0) показало, что для образцов из разных стратиграфических уровней разреза все кривые  $I_{ri}(\tilde{H})$  идут заметно ниже, чем  $I_n(\tilde{H})$ . На рис. 4 приведены построенные по кривым десяти образцов сегменты, в пределах которых идут кривые  $I_n(\tilde{H})$  и  $I_{ri}(\tilde{H})$ . Ясно видно, что все кривые  $I_{ri}(\tilde{H})$  лежат существенно ниже. При сопоставлении кривых  $I_n(\tilde{H})$  и

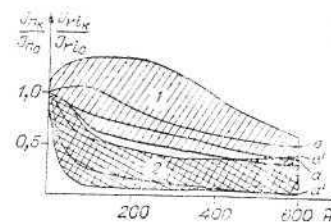


Рис. 4. Кривые размагничивания  $I_n$  и  $I_{ri}$  в  $\tilde{H}$ .

1 — область хода кривых  $I_n(\tilde{H})$ ; 2 — область хода кривых  $I_{ri}(\tilde{H})$ .

$I_n(\tilde{H})$  для образцов из самых низов разреза (№ 68, 51) выяснено, что они менее стабильны, чем породы вышележащих слоев. Кривые  $I_{ri}(\tilde{H})$  идут незначительно ниже кривых  $I_n(\tilde{H})$ . Таким образом, экспериментами в переменных полях установлено, что исследованные породы метастабильны.

Переменные магнитные поля использовались для чистки  $I_n$  пород. При первых же экспериментах выяснилось, что одинаковые по литологическому составу и близкие по возрасту образцы отличаются по поведению вектора  $I_n$  в переменном поле. Поэтому в качестве  $\tilde{H}$  чистки использовалась серия полей.  $\tilde{H}$  чистки для исследованных образцов менялась в пределах от 100 до 500 Э. В среднем же для большинства образцов  $\tilde{H}$  чистки составляло 250—300 Э. После чистки  $\tilde{H}$  величина  $I_n$  в основном значительно уменьшалась, иногда при 300 Э составляя 50% от  $I_n$ . У некоторых образцов с отрицательным наклоном или большим склонением значения  $|I_n|$  в процессе чистки до полей в 300 Э возрастали (см. рис. 4).

Чистка  $I_n$  образцов от менее стабильных компонентов намагниченности переменным полем существенно изменила распределение  $I_n$  образцов, особенно для образцов, дававших до чистки большие разбросы. Подтвердилось предположение о наличии палеомагнитных зон, чередующихся в разрезе, с несколько измененным расположением границ этих зон. Наглядно влияние чистки переменным магнитным полем видно из таблицы, в которой приведены средние значения векторов и кучность распределения  $I_n$  после временной чистки и после чистки  $\tilde{H}$  по каждой выделенной зоне. Мы видим, что изменились не только характеристики точности, но произошли изменения знака намагниченности.

На основании экспериментов по чистке в переменном магнитном поле в исследованном разрезе четко выделились четыре чередующиеся зоны (см. рис. 1, 3 в). Первая зона в верхней части разреза, мощностью 24 м, охватывающая четыре слоя, является прямой. Все образцы в этой зоне намагничены прямо. Векторы группируются достаточно кучно, в основном в 1-й четверти стереограммы, за исключением одного образца, обладающего склонением, противоположным основной группе. Среднее направление векторов  $I_n^0$  ( $D_{cp}^0 = 46^\circ$ ;  $I_{cp}^0 = 78^\circ$ ) отличается как по склонению, так и по наклону от направления перемангничивания ( $D_3 = 16^\circ 18'$ ,  $I_3 = 83.5^\circ$ ). Вторая зона ниже по разрезу — обратная. Эта зона (8 м) включает также четыре слоя. В середине зоны между слоями наблюдается разрыв. Распределение векторов  $I_n^0$  в этой зоне менее кучно, чем в предыдущей. Все векторы, кроме одного, группируются в третьей четверти стереограммы. Наклонения у большинства образцов отрицательные или значительно меньшие по величине, чем у образцов первой зоны ( $I_{cp}^0 = -12^\circ$ ). Склонения образцов отличаются в среднем на  $187^\circ$  от склонений 1-й зоны. Следующая прямая зона, охватывая 6—7 слоев, по мощности подобна первой. Направления  $I_n^0$  образцов имеют больший разброс, чем у первой прямой зоны. Векторы  $I_n^0$  группируются в основном в 1-й и 4-й четвертях стереограммы. Среднее направление  $I_n^0$  также отличается от направления перемангничивания (см. таблицу). В нижней части разреза находится четвертая — обратная зона. Она больше по мощности (14 м), чем вторая обратная зона, векторы  $I_n^0$  образцов располагаются, как и у второй зоны, в 3-й четверти.

Зона	$N(n)$	$D_n^0$	$I_n^0$	$K(n)$	$\alpha_{95(n)}$	$N_{\sim}$	$D_{(\sim)}^0$	$I_{(\sim)}^0$	$K_{(\sim)}$	$\alpha_{95(\sim)}$
I	34	$35^\circ 10'$	$84^\circ$	18,3	7,5	31	46	$77^\circ 50'$	77	3
II	25	$238^\circ$	$29^\circ 5'$	2,5	25	23	$232^\circ 54'$	$-12^\circ 06'$	5,0	15,0
III	26	$-52^\circ 5'$	$80^\circ$	7,0	12,5	24	$42^\circ 5'$	$72^\circ 0'$	29	5,5
IV	26	$209^\circ 5'$	$43^\circ 40'$	2,2	27,0	21	$233^\circ 30'$	$-20^\circ 30'$	7,0	13

Все образцы, кроме трех, обладают отрицательным наклоном. Среднее направление намагниченности близко среднему направлению верхней обратной зоны. Четвертая зона заканчивается небольшой по мощности толщей, контактирующей непосредственно со слоями верхнего валанжина, первичное направление намагниченности которой точно установить не удалось. Толща представлена образцами из песчаника, песка и конкреций алевроитового известковистого песчаника. Образцы этой толщи обладают как прямой, так и обратной намагниченностью, давая

большой разброс на сфере. Ни временная чистка, ни чистка  $\tilde{H}$  не дали существенного результата по выделению первичной намагниченности. Разброс остался прежним. Наибольший разброс векторов  $I_n$  дают образцы из конкреций. Так как часть образцов этой подзоны обладает обратным направлением  $I_n$ , можно предположить, что вся подзона является обратной. Образцы же с прямой намагниченностью или полностью потеряли свою первичную намагниченность, или сохранили ее ничтожную часть.

Таким образом, в результате лабораторных исследований установлено, что разрез морских отложений нижнего подъяруса готервиского яруса по направлению  $I_n$  делится на четыре зоны прямой и обратной полярности. Полученные результаты можно интерпретировать двояко. Во-первых, можно предположить, что весь изученный нами разрез является обратно намагниченным. В прямых зонах мы не выделили первичную намагниченность и наблюдаем вторичную, перемангненную современным полем, первичное же направление  $I_n^0$  обратно наблюдаемому. В пользу этого варианта говорят: метастабильность пород, большая магнитная вязкость пород, распределение направлений  $I_n$  — средние направления намагниченности в прямых зонах хотя и отличаются от современного магнитного поля, но близки к нему. При данной интерпретации результатов возможно сопоставление выделенных палеомагнитных зон с составом пород или с ритмами в осадкообразовании. На самом деле такой связи не наблюдается (см. рис. 1). Породы прямой и обратной зон должны отличаться по своим магнитным свойствам, в первую очередь, по величине вязкой намагниченности. Образцы из прямых зон должны быть более вязкими, чем из обратных. Лабораторные же исследования дают противоположные результаты. Если предположить, что прямо намагниченные породы перемангничены современным полем, то палеомагнитный полюс, вычисленный по  $I_n^0$  прямых зон, должен лежать близко к современному магнитному полюсу и отличаться от палеомагнитного полюса, определенного по обратно намагниченным породам. Ниже показано, что эти предположения не оправдываются.

Второй вариант интерпретации заключается в том, что  $I_n^0$  пород зафиксировали инверсии геомагнитного поля. Выделенные четыре зоны в разрезе отражают изменения, происходившие в геомагнитном поле. У образцов из прямых зон лабораторными методами выделена  $I_n^0$ , у об-



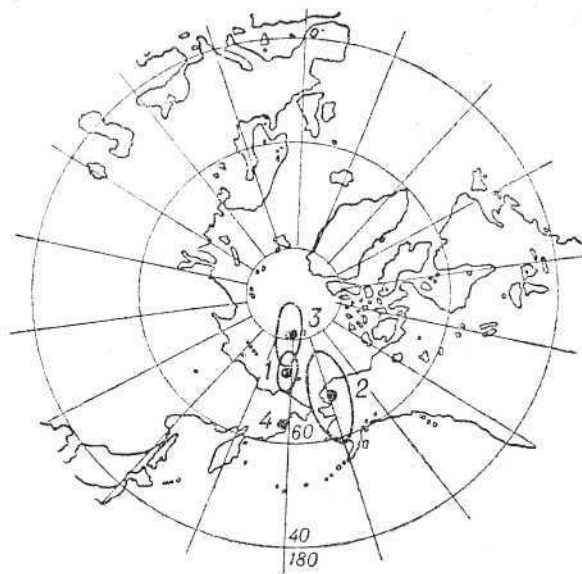


Рис. 5. Положения палеомагнитных полюсов.  
1, 2 — полюса по  $I_n^0$  I и III палеомагнитных зон, 3 — полюс по данным  
Х. А. Абдуллаева [1], 4 — полюс по  $I_n^0$  отложений нижнего валанжина [10].

разцов из обратных зон проведена частичная чистка  $I_n^0$ . Это подтверждается магнитными свойствами пород, большим разбросом  $I_n^0$  и заниженными значениями наклонений в обратных зонах. Координаты палеомагнитных полюсов могут быть вычислены только по средним значениям  $I_n^0$  прямых зон.

Координаты полюсов, вычисленные по  $I_n^0$  двух зон, отличаются по долготе и по широте.

Координаты места отбора		Палео- магн. зона	Число обр. (N)	$D^\circ$ ср.	$J^\circ$ ср.	K	$\alpha^\circ$	$\Phi^\circ$ ш.	$\lambda^\circ$ в. д.	$\theta^\circ$	$\theta_0^\circ$	$\theta_m^\circ$
$\varphi^\circ$ с. ш.	$\lambda^\circ$ в. д.											
70,5	98,0	1 3	31 24	46 42,5	78 72,5	77 29	3 5,5	73,5 68	178 202	5,1 9,8	4,3 9,0	67,5 57,5

Наиболее достоверными следует считать данные по первой зоне, где распределение векторов  $I_n$  более кучно.

Наличие палеомагнитных зон в готериве подтверждают литературные данные. Х. А. Абдуллаевым [1] по  $I_n$  готеривских красноцветных отложений юго-западных отрогов Гиссарского хребта установлена трехкратная смена знака намагниченности: прямая  $\rightarrow$  обратная  $\rightarrow$  прямая. Х. А. Абдуллаев связывает изменения направления намагниченности с инверсиями геомагнитного поля. Палеомагнитный полюс, вычисленный Х. А. Абдуллаевым для готеривского времени по  $I_n$  прямо и обратно намагниченных пород ( $\Phi=81^\circ$  с. ш.,  $\lambda=177^\circ$  в. д.), располагается в Северном Ледовитом океане севернее Восточно-Сибирского моря.

Он находится близко к положению полюса, полученному нами по данным первой зоны (рис. 5). Такое положение палеомагнитного полюса для нижнего готерива хорошо согласуется с палеоклиматическими данными. На основании данных о положении растительных зон на суше и зоогеографической зональности в морях можно считать, что географический полюс в раннем мелу находился в районе Крайнего Северо-Востока СССР, а затем сместился в Арктический бассейн [2].

Анализ данных и сопоставление возможных вариантов интерпретации результатов дают нам основание считать, что смена знака полярности  $I_n^0$  в разрезе связана с геофизической природой. Однако следует отметить, что вычисленные положения палеомагнитного полюса из-за малых значений ( $I_n^0$ ) и большого вязкого компонента намагниченности могут иметь некоторую ошибку.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить глубокую благодарность В. Н. Саксу за научные консультации и постоянную поддержку в работе и А. Н. Храмову за предоставленную возможность проведения исследований на установках палеомагнитной лаборатории ВНИГРИ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Абдуллаев Х. А. Палеомагнитные исследования нижнемеловых отложений юго-западных отрогов Гиссарского хребта. Автореф. дисс. Т.—Л., 1964.
- Гольберт А. В., Маркова Л. Г., Полякова И. Д., Сакс В. Н., Телесенко Ю. В. Палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене. «Наука», 1968.
- Назаров Х. Палеомагнитные данные изучения мезокайнозойских пород некоторых районов Туркменской ССР. Тез. докл. VII Всес. конф. по пост. геом. полю и палеомагнетизму. М.—Л., 1966.
- Поспелова Г. А., Анучин А. В., Ларионова Г. Я. Магнитные свойства пород. В кн. Опорный разрез верхнеюрских отложений бассейна р. Хеты (Хатангская впадина). «Наука», 1969.
- Поспелова Г. А., Ларионова Г. Я., Анучин А. В. Палеомагнитные исследования юрских и нижнемеловых осадочных пород Сибири. Геол. и геофиз., 1967, № 9.
- Русаков О. М. Магнитное поле Земли в мезозое. Киев, «Наукова думка», 1969.
- Boer J. Paleomagnetic-tectonic study of Mesozoic dice swarms in the Appalachians. J. Geophys. Res. 1967, v. 72, N 8.
- Briden J. C. A new paleomagnetic result from the Lower Cretaceous of east-central Africa. Geophys. J. Roy Astronom. Soc. 1967, v. 12, N 4, p. 375—380.
- Gromme C. S., Merrill R. T., Verhoogen J. Paleomagnetism of Jurassic and Cretaceous Plutonic rocks in the Sierra Nevada, California and its significance for polar wandering and continental drift. J. Geophys. Res. 1967, v. 72, N 22, p. 5661—5684.
- Hanna H. Paleomagnetism of Upper Cretaceous volcanic rocks of southwestern Montana. J. Geophys. Res. 1967, v. 72, N 2, p. 595—610.
- Helsley Ch. E. Paleomagnetism of Cretaceous rocks from North America. Trans. American Geophys. Union, 1967, v. 48, N 1, p. 83—84.
- Kilborne D. E. Paleomagnetic properties of Late Cretaceous sediments. Trans. American Geophys. Union, 1967, v. 48, N 1, p. 84.
- Larochelle A. Paleomagnetism of the Monteregian Hills. J. Geophys. Res. 1968, v. 73, N 10, p. 3239—3246.
- Nur A., Helsley Ch. E. The paleomagnetism of Cretaceous rocks from Israel. Trans. American Geophys. Union, 1967, v. 48, N 1, p. 83.
- Sasajima S., Shimada M. Палеомагнитные исследования меловых вулканических пород юго-западной Японии. Предполагаемый дрейф о-ва Хонсю. J. Geol. Soc. Japan, 1966, v. 72, 503—514.
- Spall H. Anomalous paleomagnetic poles from Late Mesozoic dolerites from Spitsbergen. Earth and Planet Sci. Letters, v. 4, N. 1, 1968.

ИГиГ СО АН СССР.  
Новосибирск

Статья поступила в редакцию  
7 апреля 1970 г.