

## ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЛЬТРАБАЗИТОВ МАССИВОВ КОНДЕР И ЧАД

*А.С. Каретников, В.Г. Гурович*

*Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, г. Хабаровск*

Приводятся результаты петрофизического исследования ультрабазитов двух щелочно-ультраосновных массивов центрального типа – Кондер и Чад, расположенных на юго-востоке Алданского щита. Изучены 2000 образцов из центральных частей массивов. Подробно исследовались три петрофизические характеристики: плотность -  $\sigma$ , магнитная восприимчивость -  $\chi$  и естественная остаточная намагниченность –  $I_n$ . На основании выявленных особенностей этих петрофизических характеристик, а также некоторых отличий в строении центральных частей массивов Кондер и Чад высказывается предположение о том, что в постройке ядерной части массива Чад участвуют ультрабазиты только одного – мезозойского – чадского комплекса.

**Ключевые слова:** Алданская провинция, щелочно-ультраосновные массивы центрального типа, ультраосновные породы, петрофизические характеристики.

В пределах Алданского щита известно шесть ультраосновных - щелочных массивов центрального типа. Авторами изучены два - Кондер и Чад. Эти интрузии в плане имеют в той или иной степени выраженное зонально-концентрическое строение, обусловленное закономерной сменой слагающих их горных пород от центра к периферии и усложненное тектоническими нарушениями. Морфологически рассматриваемые интрузии представляют собой трубообразные и цилиндрические, почти вертикально поставленные тела, приуроченные к участкам пересечения крупных глубинных разломов древнего заложения: субширотного Кондеро-Нетского и субмеридионального Бераинского - для Кондера; широтного Улкачанского и субмеридионального Маймаканского - для Чада [5]. В строении интрузий принимают участие породы различного состава - от ультраосновных повышенной щелочности до щелочно-салических, причем доля первых составляет для обеих структур порядка 85%. Поэтому главное внимание в данной работе уделено изучению петрофизических (плотность -  $\sigma$ , магнитная восприимчивость -  $\chi$  и естественная остаточная намагниченность -  $I_n$ ) параметров именно ультраосновных пород. Петрографическое описание этих пород, занимающих ключевое положение в составе и строении массивов, в данной работе не приводится, поскольку имеется во многих, в т.ч. авторских, публикациях [2,3].

Измерения  $\sigma$ ,  $\chi$ ,  $I_n$  образцов ультраосновных пород проводились по стандартным методикам [9]. Для получения обобщенных характеристик отдельных петрофизических разновидностей первичная информация обрабатывалась до уровня средних величин. Среди ультрабазитов исследованных массивов по составу и, главным образом, по величине магнитной восприимчивости выделены следующие петрофизические группы:

- 1 - слабомангнитных пород с  $\chi$  до  $100 \times 10^{-5}$  ед. СИ;
- 2 - среднемагнитных (А) с  $\chi = 100 \div 300 \times 10^{-5}$  ед. СИ;
- 3 - среднемагнитных(Б) с  $\chi = 300 \div 1000 \times 10^{-5}$  ед. СИ;
- 4 - магнитных с  $\chi = 1000 \div 10000 \times 10^{-5}$  ед. СИ;
- 5 - сильномагнитных с  $\chi > 10000 \times 10^{-5}$  ед. СИ.

Среднемагнитные породы специально разбиты на две группы (А - с  $\chi$  до  $300 \times 10^{-5}$  ед. СИ; Б - с  $\chi$  до  $1000 \times 10^{-5}$  ед. СИ) в связи с тем, что, во-первых, как правило, у большей части коллекций ультраосновных пород величина  $\chi$  изменяется именно в этих пределах и, во-вторых, для получения более устойчивой корреляционной зависимости  $\sigma$  -  $\chi$ . В отдельные группы объединены клинопироксениты с аномально высокими значениями  $I_n$  (например, группа 5а, см. табл. 1). Так как магнитность породы зависит от входящих в нее ферромагнетиков, то разделение ультраосновных пород на несколько петрофизических групп определяется особенностями фазового состава ферромагнитных минералов, которые

сформировались либо при образовании, либо при последующих изменениях (серпентинизация). В отдельные петрофизические группы всех петрографических разновидностей - измененные породы - выделялись образцы с аномально низкими значениями плотности ( $\sigma < 2,8 \text{ г/см}^3$ ).

Центральная (ядерная) часть Кондерского массива сложена дунитами, которые постепенно сменяются оливинитами, оливиновыми клинопироксенитами и клинопироксенитами, объединенными в одну группу (табл. 1). Среди дунитов в связи с крайне неоднородными текстурными характеристиками выделяются несколько разновидностей (от края к центру):

- мелко-, среднезернистые равномерно-зернистые;
- мелко-, среднезернистые порфирированные;
- крупнозернистые (пегматоидные).

Все они связаны между собой постепенными переходами и относятся к раннепротерозойскому кондерскому комплексу. Среди ультраосновных пород Кондера достаточно широко представлены косьвиты, относящиеся к мезозойскому алданскому комплексу. Они развиты как на периферии клинопироксенитового кольца в виде дуговых тел, так и в пределах дунитового штока в виде многочисленных даек. И с дунитами, и с клинопироксенитами косьвиты имеют резкие интрузивные контакты.

Сводные данные о физических параметрах ультраосновных пород кондерского и алданского комплексов, участвующих в постройке ядерной части интрузии Кондер, приведены в табл. 1. Кроме того, поскольку главным критерием разделения на петрофизические группы выступает величина  $\chi$ , были построены корреляционные зависимости  $\sigma$ - $\chi$  для всех петрографических разновидностей ультрабазитов Кондера (рис. 1а).

Как отмечалось выше, среди дунитов выделены три основные структурные разновидности. Из них равномерно-зернистая разбивается на пять петрофизических групп: от слабомагнитных пород ( $\sigma_{\text{ср.}} = 3,04 \text{ г/см}^3$ ,  $\chi = 62 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $I_{\text{ср.}} = 1120 \times 10^{-3} \text{ А/м}$  - группа 1) до сильномагнитных с усредненными параметрами -  $\sigma_{\text{ср.}} = 3,06 \text{ г/см}^3$ ,  $\chi = 11300 \times 10^{-5}$  ед. СИ - группа 5. Порфирированные дуниты, в свою очередь, разбиваются на четыре группы: от слабомагнитных ( $\sigma_{\text{ср.}} = 3,08 \text{ г/см}^3$ ,  $\chi = 90 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $I_{\text{ср.}} = 1200 \times 10^{-3} \text{ А/м}$  - группа 1) до магнитных разновидностей со средними значениями -  $\sigma_{\text{ср.}} = 3,00 \text{ г/см}^3$ ,  $\chi = 1100 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $I_{\text{ср.}} = 13400 \times 10^{-3} \text{ А/м}$  - группа 4. Детальный анализ петрофизических групп равномерно-зернистых и порфирированных разновидностей дунитов, а именно - выяснение взаимосвязи плотности, магнитной восприимчивости и остаточного намагничивания, показывает, что наблюдается увеличение магнитных характерис-

тик для менее плотных разновидностей в случае второй дунитовой разновидности (рис. 1а). Подобная тенденция может быть обусловлена в первую очередь степенью серпентинизации и повышенным содержанием рудных минералов, поскольку известно, что увеличение степени серпентинизации в ультрабазитах вызывает уменьшение плотности с одновременным увеличением магнитных параметров [1, 6]. В то же время, для равномерно-зернистых дунитов рост магнитных параметров происходит при относительно постоянном значении плотности (табл. 1 и рис. 1а). Такая взаимосвязь  $\sigma$ - $\chi$ ,  $I_{\text{ср.}}$  свидетельствует о незначительности развития процесса серпентинизации в этих дунитах, что, в свою очередь, не вызывает заметного изменения плотности. Кроме того, необходимо отметить, что интервалы изменения средних значений исследуемых параметров равномерно-зернистых и порфирированных дунитов, занимая определенное место на корреляционной диаграмме  $\sigma$ - $\chi$ , перекрываются (рис. 1а).

Все дунит-пегматиты по значению магнитной восприимчивости  $\chi$  разделены на три петрофизические группы. В коллекции дунитов этой разновидности слабомагнитных пород не выявлено. Среднемагнитные разбиваются на две группы, из которых одна - группа 2 (табл. 1) - отличается довольно высокой плотностью, равной  $3,14 \text{ г/см}^3$  при  $\chi_{\text{ср.}} = 210 \times 10^{-5}$  ед. СИ и  $I_{\text{ср.}} = 2200 \times 10^{-3} \text{ А/м}$ ; другая - группа 3 - имеет более высокие магнитные характеристики и несколько меньшее среднее значение плотности. И наконец, в последнюю, группу 4, входят магнитные породы с  $\chi_{\text{ср.}} = 2800 \times 10^{-5}$  ед. СИ, пониженной по сравнению с предыдущей группой величиной  $I_{\text{ср.}} = 4300 \times 10^{-3} \text{ А/м}$  и самым низким среди крупнозернистых дунитов значением  $\sigma_{\text{ср.}} = 3,01 \text{ г/см}^3$ . Как видно из табл. 1 и рис. 1а среди дунит-пегматитов также прослеживается тенденция к увеличению  $\chi$  и  $I_{\text{ср.}}$  (за исключением третьей группы) в менее плотных разновидностях.

Клинопироксениты по магнитным характеристикам разделены на шесть петрофизических групп (табл. 1). В этих породах величина  $I_{\text{ср.}}$  зачастую превышает  $\chi$  в 10 раз и более. Средняя плотность по группам варьирует от  $3,13 \text{ г/см}^3$  в слабомагнитных ( $\chi_{\text{ср.}} = 50 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $I_{\text{ср.}} = 670 \times 10^{-3} \text{ А/м}$  - группа 1) до  $3,36 \text{ г/см}^3$  в сильномагнитных ( $\chi_{\text{ср.}} = 20800 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $I_{\text{ср.}} = 35500 \times 10^{-3} \text{ А/м}$  - группа 5). Аномальными свойствами обладает группа клинопироксенитов (5а) с  $\sigma_{\text{ср.}} = 3,46 \text{ г/см}^3$ ,  $\chi_{\text{ср.}} = 41000 \times 10^{-5}$  ед. СИ и очень высоким остаточным намагничиванием, равным  $407000 \times 10^{-3} \text{ А/м}$ . Дисперсия плотности для этой группы разительно отличается от первых пяти. Судя по всему, группа 5а образована рудными клинопироксенитами. В этих породах, в отличие от дунитов, наблюдается тенденция к увеличению  $\chi$  и  $I_{\text{ср.}}$  в более плотных разновидностях (рис. 1а). На корреляционной ди-

Таблица 1. Петрофизические характеристики ультраосновных пород ядерной части массива Кондер.

Название комплекса	Вещественный состав	№ п/г	Физические характеристики											
			$\sigma, \text{г/см}^3$				$\chi \cdot 10^{-5}, \text{ед. СИ}$				$\text{In} \cdot 10^{-3}, \text{А/м}$			
			N	min / max	$\sigma$ ср.	D	N	min / max	$\chi$ ср.	D	N	min / max	In ср.	D
Кондерский комплекс	Дуниты мелко-, среднезернистые равномерно-зернистые	1	32	2,81/3,20	3,04	0,0135	32	1/99	62	-	24	0/4152	1120	-
		2	180	2,82/3,49	3,06	0,0127	180	103/296	210	-	131	30/61500	2800	-
		3	372	2,81/3,64	3,04	0,0100	372	30/997	575	-	238	143/65771	4700	-
		4	225	2,81/3,54	3,05	0,0156	225	1011/9834	3000	-	98	404/83562	8200	-
		5	10	2,96/3,28	3,06	0,0106	10	10397/12333	11300	-	-	-	-	-
	Измененные дуниты равномерно-зернистые	1	35	1,78/2,91	2,55	0,0450	35	3/82	30	-	23	0,5/7992	360	-
		2	17	1,96/2,80	2,52	0,0892	17	102/293	190	-	9	12/5238	1100	-
		3	9	2,03/2,80	2,57	0,0805	9	310/929	510	-	2	1295/1670	1500	-
		4	32	1,84/2,83	2,66	0,0357	32	1011/13188	3600	-	10	133/9600	3700	-
	Дуниты мелко-, среднезернистые порфировидные	1	7	2,96/3,22	3,08	0,0113	7	77/93	90	-	7	334/1929	1200	-
		2	36	2,82/3,22	3,04	0,0083	36	104/289	200	-	32	529/11524	3000	-
		3	41	2,81/3,24	3,01	0,0096	41	301/966	500	-	41	1041/23437	5800	-
		4	4	2,98/3,26	3,00	0,0176	4	1086/1168	1100	-	4	3670/30554	13400	-
		2	4	2,71/2,80	2,75	0,0015	4	166/264	230	-	2	901/7115	4000	-
		3	3	2,65/2,77	2,73	0,0048	3	333/565	440	-	3	807/6504	3200	-
2		29	2,93/3,91	3,14	0,0306	29	126/295	210	-	29	25/10507	2200	-	
Дунит-пегматиты	3	32	2,92/3,24	3,09	0,0120	32	301/975	500	-	32	325/24144	5800	-	
	4	24	2,81/3,22	3,01	0,0107	24	1009/7850	2800	-	17	1819/12290	4300	-	
	1	36	2,9/3,33	3,13	0,0092	36	13/96	50	-	36	0/3590	670	-	
	2	12	2,95/3,32	3,15	0,0110	12	102/260	180	-	12	0/28800	3500	-	
Клинопироксениты	3	27	2,90/3,30	3,18	0,0109	27	301/999	640	-	27	143/50120	11600	-	
	4	96	2,88/3,38	3,23	0,0118	96	1042/9960	3550	-	96	1/52787	9600	-	
	5	60	2,98/3,58	3,36	0,0153	60	10048/44432	20800	-	60	2062/99413	35500	-	
Измененные клинопироксениты	5а	29	3,37/3,56	3,46	0,0031	29	22260/54652	41000	-	29	114700/609770	407000	-	
	1	4	2,36/2,73	2,52	0,0292	4	18/72	35	-	3	156/728	350	-	
Альпский комплекс	Косьвиты	2	2	2,53/2,74	2,64	0,0221	2	245/301	275	-	-	-	-	-
		1	12	2,83/3,20	3,02	0,0685	12	30/100	70	-	-	-	-	-
		3	13	3,09/3,13	3,11	0,0004	13	352/859	600	-	-	-	-	-
		4	39	2,89/3,41	3,24	0,0122	39	1168/9206	4600	-	15	854/16969	4200	-
		5	78	2,83/3,75	3,39	0,0319	78	10282/68281	27000	-	65	801/87899	22700	-
Измененные косьвиты	1	7	2,09/2,80	2,55	0,0645	7	11/72	30	-	5	0/177	80	-	

Примечание: пг - петрофизическая группа, N - количество образцов,  $\sigma$  - плотность,  $\chi$  - магнитная восприимчивость, In - естественная остаточная намагниченность, D - дисперсия.

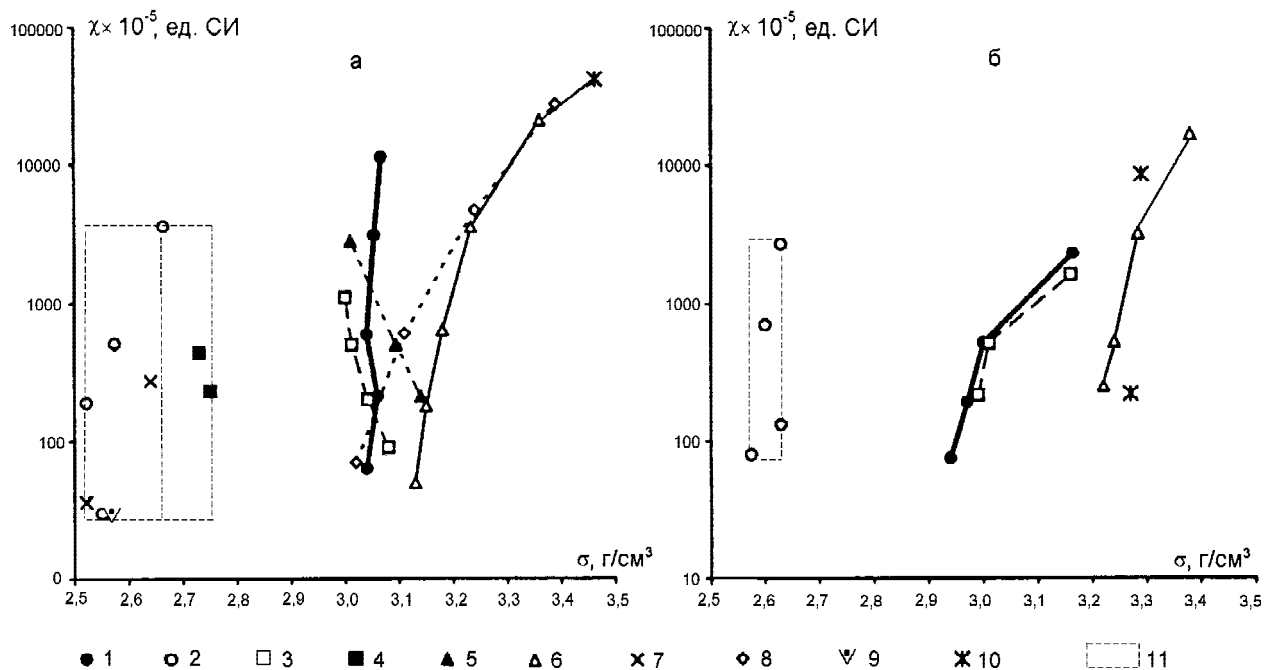


Рис. 1. Корреляционные диаграммы  $\sigma$ - $\chi$  ультраосновных пород массивов Кондер (а) и Чад (б).

1 - дуниты мелко-,среднезернистые равномерно-зернистые, 2 - измененная разновидность равномерно-зернистых дунитов, 3 - дуниты мелко-,среднезернистые порфириформные, 4 - измененная разновидность порфириформных дунитов, 5 - дунит-пегматиты, 6 - клинопироксениты, 7 - измененные клинопироксениты, 8 - козьвиты, 9 - измененные козьвиты, 10 - рудные клинопироксениты; 11 - поле средних значений  $\sigma$  и  $\chi$  измененных пород.

аграмме  $\sigma$  -  $\chi$  все выделенные петрофизические группы клинопироксенитов характеризуются высокими средними значениями  $\sigma$ , причем интервал изменения их величин не перекрывается с интервалами изменения характеристик равномерно-зернистых и порфириформных дунитов (рис. 1а). Дунит-пегматиты занимают на диаграмме зависимости  $\sigma$ - $\chi$  промежуточное положение - поле изменения средних величин исследуемых параметров их петрофизических групп перекрывается с полями изменения этих характеристик двух других дунитовых разновидностей и клинопироксенитов.

Косьвиты, широко представленные в ядерной части массива, по магнитной восприимчивости подразделяются на четыре группы. Плотность козьвитов варьирует от 2,83 г/см<sup>3</sup> до 3,75 г/см<sup>3</sup>. Менее представительную часть коллекции составляют слабомагнитные козьвиты (группа 1) со средними значениями -  $\sigma_{\text{ср.}} = 3,02$  г/см<sup>3</sup>,  $\chi_{\text{ср.}} = 70 \times 10^{-5}$  ед. СИ и среднемагнитные породы с повышенными усредненными величинами (группа 3). К группе 4 относятся магнитные козьвиты с еще более высокими усредненными параметрами. И, наконец, последнюю петрофизическую группу 5 составляют породы с самыми высокими средними значениями:  $\sigma_{\text{ср.}} = 3,39$  г/см<sup>3</sup>,  $\chi_{\text{ср.}} = 27000 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $I_n = 22700 \times 10^{-3}$  А/м. Как и для клинопироксенитов, в этих

породах наблюдается явная тенденция к увеличению  $\chi$  и  $I_n$  в более плотных разностях. Диапазон изменения  $\sigma_{\text{ср.}}$  и  $\chi_{\text{ср.}}$  петрофизических групп козьвитов перекрывает подобные диапазоны для всех дунитовых разновидностей и клинопироксенитов - настолько широк интервал изменения их физических характеристик (рис. 1а).

Особое место на корреляционной диаграмме занимают поля средних значений  $\sigma$  и  $\chi$  измененных пород всех петрографических разновидностей, отличные от подобных полей для неизмененных дунитов, клинопироксенитов и козьвитов (рис. 1а). По  $\sigma$  такой диапазон изменения равен 0,25 г/см<sup>3</sup> (для измененной разновидности равномерно-зернистых дунитов, выделенной для сравнения с однопородными породами Чада, он составляет 0,14 г/см<sup>3</sup>), по  $\chi$  -  $3570 \times 10^{-5}$  ед. СИ. Обращают на себя внимание низкие значения магнитных параметров аномально малоплотной измененной разновидности козьвитов (табл. 1). По мнению Ю.М. Коллеганова [6], это связано с реализацией механизма "промывания" серпентинизирующими растворами этих пород на завершающих стадиях серпентинизации, что зачастую приводит к уменьшению количества рудных минералов вплоть до их полного исчезновения, при этом значения магнитных параметров соответственно стремятся к нулю.

Переходя к рассмотрению петрофизических характеристик Ча́дского массива, необходимо отметить, что в целом он по геолого-структурным особенностям локализации и вещественному составу сходен с Кондерским, но имеются и некоторые отличия, на которых следует остановиться. Так, в ядерной части массива Ча́д, имеющего также концентрически-зональное строение, принимают участие из ультраосновных пород - дуниты и клинопироксениты. Причем среди дунитов выделяются только две разновидности: мелко-,среднезернистые равномерно-зернистые; мелко-,среднезернистые порфирировидные. Они связаны между собой постепенными переходами. Краевая зона центральной части интрузии сложена оливинитами, оливиновыми клинопироксенитами и клинопироксенитами, объединенными, как и в случае Кондера, в одну группу (табл. 2). Косы́ты на Ча́де практически отсутствуют. Данные о физических параметрах ультрабазитов, принимавших участие в строении ядерной части интрузии Ча́д, сведены в табл. 2 и представлены на рис. 1б.

Выделенная среди ча́дских дунитов мелко-, среднезернистая равномерно-зернистая разновидность разбита по магнитной восприимчивости  $\chi$  на четыре петрофизические группы: от слабомагнитных пород ( $\sigma_{cp} = 2,94$ ,  $\chi_{cp} = 75 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $In_{cp} = 450 \times 10^{-3}$  А/м - группа 1) до магнитных из группы 4 со средними значениями -  $\sigma_{cp} = 3,16$ ,  $\chi = 2300 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $In_{cp} = 17300 \times 10^{-3}$  А/м. Порфирировидные дуниты разбиваются на три группы, для которых  $\sigma_{cp}$  меняется от 2,99 до 3,16 г/см<sup>3</sup>, интервал изменения  $\chi_{cp}$  -  $216 \div 1600 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $In_{cp}$  изменяется в пределах  $1300 \div 4400 \times 10^{-3}$  А/м. Проведенный анализ петрофизических групп равномерно-зернистых и порфирировидных разновидностей дунитов показывает, что наблюдается четкая тенденция к увеличению магнитных характеристик в более плотных породах (рис. 1б), что говорит о незначительности развития процессов серпентинизации на обоих разновидностях ча́дских дунитов. Следует отметить, что так же, как и в случае Кондера, интервалы изменения средних значений исследуемых параметров петрофизических групп этих двух дунитовых разновидностей - мелко-,среднезернистых равномерно-зернистых и порфирировидных - занимают на диаграмме  $\sigma$ - $\chi$  свое определенное место и перекрываются.

Ча́дские клинопироксениты, как и кондерские, разделяются на шесть петрофизических групп (табл. 2). И так же в этих породах величина  $In$  зачастую превышает  $\chi$  в 10 раз и более. Среднее значение плотности по группам варьирует от 3,22 г/см<sup>3</sup> в немагнитных породах ( $\chi_{cp} = 250 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $In_{cp} = 700 \times 10^{-3}$  А/м - группа 2) до 3,38 г/см<sup>3</sup> в сильномагнитных ( $\chi_{cp} = 16800 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $In_{cp} = 25800 \times 10^{-3}$  А/м - группа 5). Выделяются две небольшие группы с аномально

высокими значениями остаточного намагничивания: группа 2а, среди среднемагнитных пород, с  $\sigma_{cp} = 3,27$  г/см<sup>3</sup>,  $\chi_{cp} = 220 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $In_{cp} = 24600 \times 10^{-3}$  А/м и группа 4а, среди магнитных пород, с  $\sigma_{cp} = 3,29$  г/см<sup>3</sup>,  $\chi_{cp} = 8540 \times 10^{-5}$  ед. СИ,  $In_{cp} = 135000 \times 10^{-3}$  А/м. Они отличаются заметно пониженной дисперсией плотности. По-видимому, эти две группы образованы рудными разностями. В ча́дских клинопироксенитах, как и в дунитах, наблюдается тенденция к увеличению  $\chi$  и  $In$  в более плотных породах (рис. 1б.). Кроме того, на корреляционной диаграмме  $\sigma$ - $\chi$  все выделенные петрофизические группы клинопироксенитов характеризуются своими определенными средними значениями  $\sigma$ , причем интервал их изменения не перекрывается с интервалами изменения подобных характеристик равномерно-зернистых и порфирировидных дунитов.

Совершенно особое место на корреляционной диаграмме, как и в случае Кондера, занимает поле средних значений  $\sigma$  и  $\chi$  измененных равномерно-зернистых дунитов. Отметим, что диапазон изменения этой разновидности пород и по  $\sigma_{cp}$  (0,06 г/см<sup>3</sup>), и по  $\chi_{cp}$  ( $2620 \times 10^{-3}$  А/м) заметно меньше, чем на Кондере.

Обобщая результаты петрофизического исследования, полученные для ультраосновных пород массивов Кондер и Ча́д, следует отметить, что каждому из массивов присущи свои особенности. Так, для кондерских дунитов, кроме мелко-,среднезернистых равномерно-зернистых, характерна обратная зависимость между плотностью и магнитностью в отличие от ча́дских, для которых наблюдается только прямая (рис. 1а и 1б). Это свидетельствует о том, что особенно сильно процессами серпентинизации были переработаны кондерские дуниты. Причем возраст серпентинизации дунитового ядра Кондерского массива оценивается как мезозойский [2,8].

И для кондерских, и для ча́дских клинопироксенитов, занимающих на корреляционной диаграмме  $\sigma$ - $\chi$  строго определенное место, присуща прямая зависимость между плотностью и магнитностью. Следует отметить лишь, что диапазон изменения средних величин  $\sigma$ ,  $\chi$  и  $In$  кондерских клинопироксенитов значительно больше, чем у ча́дских. Например, по  $\sigma$  он составляет 0,33 г/см<sup>3</sup> против 0,16 г/см<sup>3</sup>, по  $\chi$  -  $40950 \times 10^{-5}$  ед. СИ против  $16550 \times 10^{-5}$  ед. СИ (табл. 1 и 2). Это, как и в случае с дунитами, свидетельствует о более значительной переработке кондерских клинопироксенитов по сравнению с ча́дскими. О более значительной проработке кондерских ультрабазитов говорит, по-видимому, еще и результат сравнения интервалов средних значений петрофизических характеристик измененных пород двух массивов. Обращает на себя внимание тот факт, что среди ультрабазитов, участвующих в строении ядерной части массива Ча́д, отсутствуют пегматитовая

Таблица 2. Петрофизические характеристики ультраосновных пород ядерной части массива Чад.

Название комплекса	№ п.г.	Вещественный состав	Физические характеристики													
			$\sigma, \text{г/см}^3$						$\chi \cdot 10^{-5}, \text{ед. СИ}$						$\text{In} \cdot 10^{-3}, \text{А/м}$	
			N	min / max	$\sigma$ ср.	D	N	min / max	$\chi$ ср.	D	N	min / max	In ср.	D		
Чадский комплекс	1	Дуниты мелко-, среднезернистые равномерно-зернистые	4	2,84 / 3,06	2,94	0,0126	4	36 / 98	75	-	4	7 / 1194	450	-		
	2		111	2,80 / 3,16	2,97	0,0066	111	104 / 295	190	-	111	16 / 4838	1100	-		
	3		37	2,84 / 3,15	3,00	0,0088	37	387 / 889	520	-	37	885 / 13980	3900	-		
	4		12	3,00 / 3,36	3,16	0,0127	12	1241 / 5287	2300	-	12	2098 / 50796	17300	-		
	1	Измененные дуниты равномерно-зернистые	3	2,46 / 2,67	2,57	0,0110	3	53 / 99	80	-	3	111 / 1137	760	-		
	2		11	2,51 / 2,78	2,63	0,0080	11	82 / 203	132	-	11	76 / 2677	840	-		
	3		7	2,46 / 2,72	2,60	0,0102	7	338 / 967	700	-	7	126 / 10166	4900	-		
	4		5	2,57 / 2,69	2,63	0,0027	5	1976 / 4846	2700	-	5	4768 / 9415	7500	-		
	2	Порфиридные дуниты	20	2,89 / 3,10	2,99	0,0041	20	144 / 290	216	-	20	81 / 4638	1300	-		
	3		8	2,85 / 3,13	3,01	0,0081	8	319 / 844	510	-	8	1080 / 9554	4400	-		
	4		6	3,12 / 3,20	3,16	0,0014	6	1117 / 1889	1600	-	6	272 / 11806	2500	-		
	2		Клинопироксениты	32	3,02 / 3,40	3,22	0,0027	32	152 / 296	250	-	32	50 / 2611	700	-	
2a	5	3,24 / 3,29		3,27	0,0005	5	165 / 284	220	-	5	5360 / 49546	24600	-			
3	27	2,91 / 3,39		3,24	0,0072	27	308 / 952	530	-	27	329 / 44067	9600	-			
4	40	3,19 / 3,45		3,28	0,0023	40	1042 / 9024	3160	-	40	3027 / 95450	28000	-			
4a	5	7	3,26 / 3,36	3,29	0,0012	7	3911 / 13384	8540	-	7	104583 / 181766	135000	-			
5		14	3,27 / 3,46	3,38	0,0028	14	10128 / 29354	16800	-	14	12878 / 63281	25800	-			

разновидность дунитов и косьвиты. Отсутствие дунит-пегматитов, по мнению авторов, может быть обусловлено различными условиями кристаллизации дунитовых тел на двух исследуемых массивах. Рассматривая этот момент, необходимо отметить следующее: диаметр Кондерской интрузии составляет 5-7 км, Чадской - до 2,5 км [3]. Разнятся также глубины эрозионного среза данных массивов, по оценкам А.А. Ельянова и В.М. Моралева, не менее чем в 3 раза [4]. Формирование дунит-пегматитов в период становления ядерной части массива Кондер авторами объясняется с позиции термической усадки. Термоусадочные процессы, способствующие возникновению внутри интрузива различного рода трещин, что, в свою очередь, вызывает развитие некоторых процессов внутрикамерной дифференциации, массоперенос вещества и накопление его в возникающих полостях [7], в конечном итоге и приводят к появлению таких жильных тел, как дунит-пегматиты. Вероятность реализации такого механизма на Чаде ввиду вышеперечисленных различий условий формирования ядерных частей этих двух массивов мала. Хотя нельзя полностью исключить и другую точку зрения, что существование крупнозернистой разновидности среди кондерских дунитов, вероятно, является результатом мезозойской переработки этого массива. В то же время, участие косьвитов в строении ядерной части Кондера - это прямой результат мезозойской тектономагматической активизации на Алдане [2].

По мнению авторов статьи, все вышеперечисленные особенности петрофизических характеристик ультрабазитов и некоторые особенности строения центральных частей массивов Кондер и Чад легко объяснимы, если допустить, что в строении ядерной части массива Чад участвуют ультрабазиты только мезозойского чадского интрузивного комплекса, в то время как в строении ядерной части Кондера принимают участие ультраосновные породы двух интрузивных комплексов: раннепротерозойского кондерского и мезозойского алданского [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ваноян М.В. Влияние серпентинизации на физические свойства гипербазитов // Тихоокеан. геология. 1988. № 3. С. 104-110.
2. Геология, петрология и рудоносность Кондерского массива / Гурович В.Г., Землянухин В.Н. и др. М.: Наука, 1994. 176 с.
3. Ельянов А.А. О формационной принадлежности центральных интрузивных массивов с дунитовыми ядрами // Геологические формации. Л.: Недра, 1968. С. 78-82.
4. Ельянов А.А., Моралев В.М. Глубины формирования и эрозионного среза массивов ультраосновных и щелочных пород Алданского щита // Геология руд. месторождений. 1972. №5. С. 32-40.
5. Ельянов А.А., Моралев В.М. Скрытые разломы и раз-

- мещение массивов ультраосновных - щелочных пород Алданской и Южноверхооянской провинций // Геология и геофизика. 1973. № 1. С. 32-41.
6. Коллеганов Ю.М. О магнитных свойствах гипербазитов и их природе // Геология и геофизика. 1966. № 11. С. 106-111.
  7. Осипов М.А. Формирование раслоенных плутонов позитивной термоусадки. М.: Наука, 1983. 99 с.
  8. Павлов В.Э. Палеомагнетизм среднего и верхнего рифея Учуро-Майского района: Автореф. канд. дис....геол.-минер. наук. М. 1992. 24 с.
  9. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. М.: Недра, 1976. 527 с.

Поступила в редакцию 15 сентября 1999 г.

Рекомендована к печати Ю.Ф. Малышевым

*A. S. Karetnikov, V. G. Gurovich*

### **Petrophysical characteristics of ultrabasites at Konder and Chad Massives**

Results of petrophysical investigation of ultrabasites from two alkaline-ultrabasic massives of central type -Konder and Chad, located in the south-east of the Aldan Shield, are shown.

There have been studied two thousand samples selected from the central parts of these two massives. Three petrophysical characteristics were studied in detail: the density  $\rho$ , the magnetic susceptibility  $\kappa$  and the natural remanent magnetization - NRM. Based on the revealed peculiarities of these petrophysical characteristics, and also, on some distinctive features in the structure of the central parts of the Konder and Chad Massives, the assumption is stated that ultrabasites of only the Mesozoic Chad complex- are involved in formation of the core structure of the Chad Massif.