

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ДИАГНОСТИКА ГОРНЫХ ПОРОД
ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ И БУРЕЙНСКОГО МАССИВА
В СНЧ–ОНЧ-ДИАПАЗОНАХ РАДИОВОЛН**

Д. Г. Буянова, Ю. Б. Башкуев, В. Б. Хаптанов, В. Р. Адвокатов

Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук
Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6. E-mail: buddich@mail.ru

Рассмотрены статистические характеристики эффективного сопротивления $\rho_{\sim}$ различных комплексов горных пород Витимского плоскогорья и Буреинского массива в СНЧ–ОНЧ-диапазонах радиоволн, полученные методом радиоимпедансного зондирования.

Ключевые слова: эффективное сопротивление, радиоимпедансное зондирование.

**ELECTROMAGNETIC DIAGNOSTICS OF VITIM PLATEAU
AND BUREYA MASSIF ROCKS IN ELF-VLF RADIO SPECTRUM BANDS**

D. G. Buyanova, Yu. B. Bashkuev, V. B. Khaptanov, V. R. Advokatov

Institute of Physical Materials Science of the Russian Academy of Sciences Siberian branch
6 Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047, Russia. E-mail: buddich@mail.ru

Statistical characteristics of the effective resistance of the various rock complexes of Vitim plateau and Bureya massif in ELF–VLF radio spectrum bands, obtained by radioimpedance sounding, is examined.

Keywords: effective resistance, radioimpedance sounding.

В связи с освоением Озернинского рудного узла [1] и началом проектирования рокадной железной дороги от Транссибирской магистрали до Байкало-Амурской железной дороги в районе Озернинского горно-промышленного узла актуальной на востоке России стала задача изучения электрических свойств горных пород Витимского плоскогорья, а также Буреинского массива. Цель исследований – геоэлектрическое картирование двух участков на востоке России со сложным геологическим строением. В докладе дано обобщенное статистическое описание электрических свойств горных пород Витимского плоскогорья и Буреинского массива в СНЧ–ОНЧ-диапазонах радиоволн по данным радиоимпедансного зондирования (РИЗ). Техника эксперимента и методика обработки результатов подробно рассмотрены в работах [2; 3]. На Витимском плоскогорье работы выполнены на участках «Сосновоозерский», «Багдаринский», а также на профиле «оз. Баунт – Багдарин». Результаты статистической обработки эффективного сопротивления $\rho_{\sim}$ горных пород на участках «Сосновоозерский» и «Багдаринский» представлены в табл. 1. На профиле «оз. Баунт – Багдарин» протяженностью 90 км эффективное сопротивление $\rho_{\sim}$ изменяется в широких пределах от 350 до 7 200 Ом · м, в среднем $\rho_{\sim} = 2\,000\text{--}2\,400$ Ом · м, 85 % $\rho_{\sim}$ выше 1 000 Ом · м. Гистограммы распределения гранитоидов и метаморфических пород приведены на рис. 1. На Витимском плоскогорье распространены многолетнемерзлые горные породы.

Интерпретация частотной зависимости модуля и фазы поверхностного импеданса для мерзлоты Витимского плоскогорья приведена на рис. 2. Карта эффективного сопротивления участка «Багдаринский» на частоте 17,4 кГц приведена на рис. 3.

Измерения в СНЧ-диапазоне выполнены в 5 пунктах на частотах 44 и 82 Гц с использованием радиополя установки «Зевс» [4]. Схема расположения пунктов наблюдений приведена на рис. 4. Результаты измерений модуля поверхностного импеданса $|\delta|$, фазы ϕ_{δ} и эффективного сопротивления $\rho_{\sim}$ представлены в табл. 2.

Аэроработы на Буреинском кристаллическом массиве выполнены на 9 маршрутах участка «Ниманский». Общая длина маршрутов – 587 км, при расстоянии между маршрутами 5 км исследованный участок имеет площадь 2 600 км. Схема маршрутов участка «Ниманский» приведена на рис. 5. Гистограммы распределения $\rho_{\sim}$ трех комплексов горных пород, а также всего участка «Ниманский» приведены на рис. 6. Результаты статистической обработки $\rho_{\sim}$ на частоте 17,4 кГц для каждого маршрута и трех основных комплексов горных пород приведены в табл. 3. Как видно из табл. 3, наиболее низкие значения $\rho_{\sim}$ имеют юрские и меловые осадочные отложения, а метаморфические породы протерозоя и синийские образования по величине $\rho_{\sim}$ сходны с разновозрастными гранитоидами.

* Работа выполнена при поддержке Интеграционного проекта СО РАН №11, гранта РФФИ №12-02-98002.

Таблица 1

Статистическая обработка эффективного сопротивления ρ_{Σ} горных пород

Горные породы	f , кГц	N	$\rho_{\Sigma}/\rho_{\Sigma.г.}$, Ом · м	σ_p/σ_{igr}	$\rho_{\max}/\rho_{\min}$	Участок
<i>Кристаллические породы</i>						
Гранитоиды палеозойские	17,4	619	2 900 2 200	2 300 0,33	15 500 300	Багдаринский
Метаморфические породы	17,4	392	3 200 2 700	1 900 0,25	1 300 400	Багдаринский
Гранитоиды палеозойские	22,3	983	1 700 1 400	1 200 0,31	7 200 140	Сосново-озерский
Фельзитпорфиры, ортофи-ры, их туфы	22,3	220	1 300 900	1 000 0,38	100 000 40	Сосново-озерский
Трахибазальты, их туфы, туфобрекчии	22,3	53	770 520	740 0,42	3 300 50	Багдаринский
<i>Осадочные породы</i>						
Конгломераты с прослоями гравелитов юрского возраста	22,3	113	340 270	210 0,35	1 350 16	Еравнинская впадина
Мезокайнозойские песчано-глинистые отложения	22,3	122	280 220	240 0,32	840 25	Еравнинская впадина
Осадочные коры выветривания на гранитоидах	22,3	199	480 380	290 0,33	1 600 20	Еравнинский останец

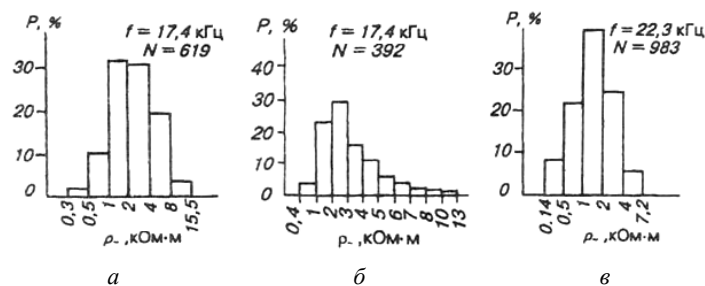


Рис. 1. Гистограммы распределения эффективного сопротивления гранитоидов (а) и метаморфических пород (б) на участке «Багдаринский»; гранитоидов (в) на участке «Сосновоозерский»

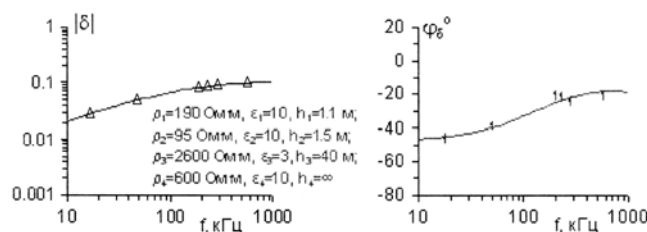


Рис. 2. Результаты интерпретации частотной зависимости модуля и фазы импеданса для мерзлоты Витимского плоскогорья

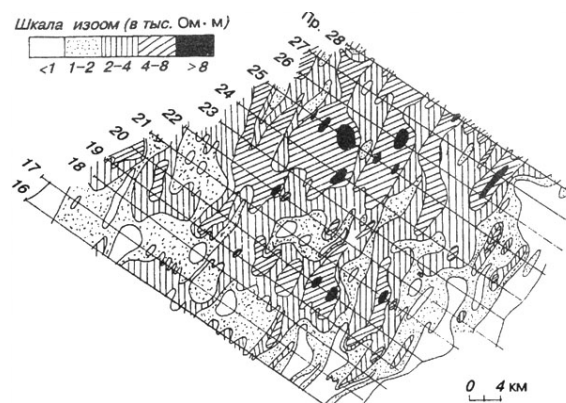


Рис. 3. Карта эффективного сопротивления участка «Багдаринский» на частоте 17,4 кГц

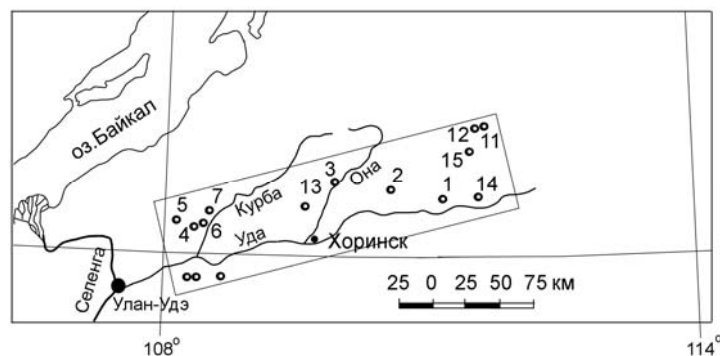


Рис. 4. Схема расположения пунктов наблюдений в СНЧ-диапазоне

Таблица 2

Измерения модуля поверхностного импеданса $|\delta|$, фазы φ_δ
и эффективного сопротивления $\rho_\sim$

Пункт наблюдения	44 Гц			82 Гц		
	$ \delta \cdot 10$	φ_δ , град	$\rho_\sim$, кОм · м	$ \delta \cdot 10$	φ_δ , град	$\rho_\sim$, кОм · м
1 Поповское	—	—	—	8,4	–38	15,9
11 т. 317	4,9	–22	14,2	5,4	–20	10,1
12 Колчеданный	6,2	–8	58	6,1	–11	22
14 Кыргында	1,6	–5	6	1,9	–7	3,4
15 Тулдун	0,42	–19	0,11	0,61	–34	0,09

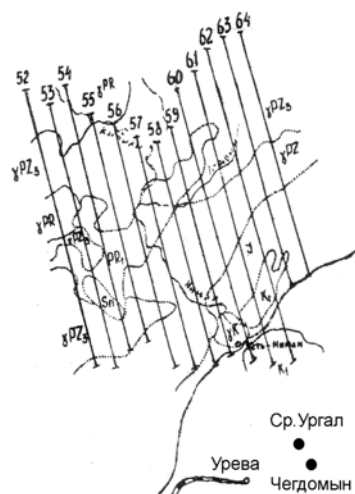


Рис. 5. Схема маршрутов участка «Ниманский»

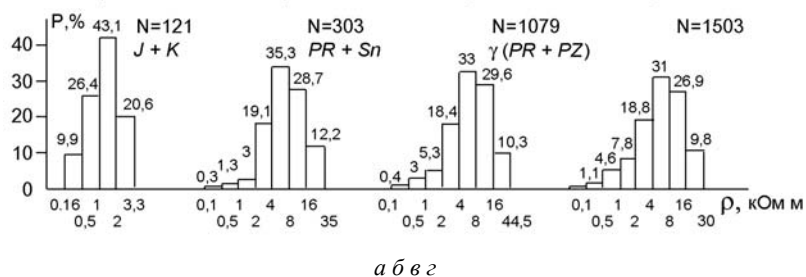


Рис. 6. Гистограммы распределения $\rho_\sim$ на частоте 17,4 кГц различных типов (а–в) и всех комплексов горных пород участка «Ниманский» на Бурейнском массиве (г)

Статистическая обработка ρ_{Σ} на частоте 17,4 кГц

Номер маршрута, комплекс	N	ρ_{Σ} , Ом · м					$\sigma_{lg\rho}$
		min	max	с. а.	σ_p	с. г.	
60	185	300	18 500	3 740	3 220	2 750	0,34
59	146	165	28 700	5 200	5 580	2 890	0,49
58	146	225	15 000	5 170	3 420	3 790	0,39
57	153	560	21 400	7 970	4 940	6 230	0,34
56	166	900	19 000	8 780	4 900	7 100	0,31
55	157	1280	32 100	11 000	6 840	8 900	0,3
54	179	115	25 500	5 880	4 220	4 670	0,31
53	182	1 250	44 500	11 800	8 150	9 740	0,27
52	189	115	33 500	8 000	5 940	5 970	0,34
J + K	121	165	3 300	1 400	720	1 180	0,29
PR + Sn	303	115	35 000	8 200	5 890	6 400	0,33
$\gamma(\text{PR}, \text{PZ})$	1 079	115	44 500	7 980	6 080	5 980	0,35

Проведена классификация и получены статистические характеристики эффективного сопротивления для различных комплексов горных пород в районах Витимского плоскогорья и Буреинского массива в СДВ-диапазоне радиоволн. Установлена значительная дифференциация эффективного сопротивления между осадочными и кристаллическими породами, выявлено хорошее совпадение электрических границ различных комплексов горных пород с геологическими границами. Для однотипных пород статистическое распределение ρ_{Σ} соответствует логнормальному закону.

Библиографические ссылки

1. Нефедьев М. А. Объемная модель и оценка перспектив Озернинского рудного узла по геофизическим данным (Западное Забайкалье). Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. 184 с.
2. Аэроэлектроразведочная аппаратура РЭМП и результаты ее полевых испытаний / А. В. Вешев и др. // Геофизическая аппаратура. 1981. Вып. 73. С. 77–87.
3. Башкуев Ю. Б., Буянова Д. Г. Электрические свойства горных пород Алдано-Станового нагорья

по данным сверхдлинноволнового радиоимпедансного зондирования с борта самолета // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011, № 1. С. 191–197.

4. Башкуев Ю. Б., Хаптанов В. Б. Глубинные радиоимпедансные зондирования земной коры с использованием электромагнитного поля СНЧ радиостановки // Физика Земли. 2001. № 2. С. 75–84.

References

1. Nefed'ev M. A. Obiemnaya model i otsenka perspektiv Ozerinskogo rudnogo uzla po geofizicheskim dannim (Zapadnoye zabaikal'e). Ulan-Ude. Buryat Scientific Center Publishing House. 2009. 184 p.
2. Veshev A. V., Ivochkin V. G., Yakovlev A. V. et al. Geophysic equipment, vol. 73, 1981, pp. 77–87.
3. Bashkuev Yu. B., Buyanova D. G. Mining informational and analytical bulletin, 1, 2011, pp. 191–197.
4. Bashkuev Yu. B. and Khaptanov V. B. Deep Radio Impedance Sounding of the Crust Using the Electromagnetic Field of a VLF Radio Installation. Izvestiya, Physics of the Solid Earth (Fizika zemli), 2001, no. 2, vol. 37, p. 157.

© Буянова Д. Г., Башкуев Ю. Б.,
Хаптанов В. Б., Адвокатов В. Р., 2013