

2. Late Pleistocene and Holocene vegetation and climate records from Lake Kotokel, central Baikal region / K. Shichi, H. Takahara, S. K. Krivonogov et al. // Quaternary International. 2009. Vol. 205. P. 98–110.

3. Науки о Земле. URL: <http://www-sbras.nsc.ru/win/sbras/rep/rep2004/tom2/geo.pdf/>.

4. Зимин Ю. В. Радиолокационный метод исследований отложений торфа и сапропеля : дис. / МГУ им. Ломоносова. 1987.

5. Методические рекомендации по обследованию водоемов и болот с использованием георадара «Око-2» / ООО «Логические системы». 2007.

6. Тулохонов А. К. Колебания уровня озер как индикатор активности современных тектонических движений Забайкалья // Геоморфология. 1990. Вып. 1. С. 91–96.

References

1. Bezrukova E. V. et al. Ozero Kotokel-oporniy razrez pozdnelednikovaya i golotsena yuga Vostochnoy Sibiri.

Doklady Akademii nauk (Proceedings of the Academy of Sciences). 2008. Vol. 420, no. 2, pp. 248–253.

2. Shichi K., Takahara H., Krivonogov S. K. et al. Late Pleistocene and Holocene vegetation and climate records from Lake Kotokel, central Baikal region. Quaternary International. 205. 2009. p. 98–110. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/quaint.

3. Available at: <http://www-sbras.nsc.ru/win/sbras/rep/rep2004/tom2/geo.pdf/>.

4. Zimin Yu.V. Radiolokatsionnyy metod isledovaniya otlojeniy torfa i sapropelya. Dissertation work. Moscow State University. 1987. 100 p.

5. Metodicheskie rekomendatsii po obsledovaniyu vodoemov i bolot s ispolzovaniem georadara Oко-2. (Handbook GPR survey of ponds and marshes). Ltd. “Logical Systems”. 2007.

6. Tulohonov A. K. Kolebaniya urovnya ozer kak indikator aktivnosti sovremennykh tektonicheskikh dvizheniy Zabaykal'ya (Fluctuations of lakes' levels as an indicator of the recent tectonic movements).

© Хаптанов В. Б., Башкуев Ю. Б., Дембелов М. Г., 2013

УДК 621.371

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ РЕКИ СЕЛЕНГИ, ЕЕ ПРИТОКОВ И АКВАТОРИИ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Ю. Б. Башкуев, В. Б. Хаптанов, М. Г. Дембелов, Д. Г. Буянова, Л. Х. Ангархаева

Институт физического материаловедения СО РАН
Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6. E-mail: buddich@mail.ru

Рассмотрены данные электрометрических исследований водной среды р. Селенга и акватории оз. Байкал. Установлена существенная изменчивость удельного электрического сопротивления (УЭС) в различных пунктах взятия проб воды из-за ее различной минерализации. Отмечено низкое УЭС грунтовых вод, взятых из колодцев, расположенных в районе дельты р. Селенга.

Ключевые слова: электрометрия, удельное электрическое сопротивление.

RESULTS OF ELECTROMETRIC ANALYSIS OF WATER SAMPLES OF THE RIVER SELENGA WITH ITS TRIBUTARIES AND THE LAKE BAIKAL WATER AREA

Yu. B. Bashkuev, V. B. Khaptanov, M. G. Dembelov, D. G. Buyanova, L. Kh. Angarkhaeva

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

The authors consider the data of electrometric analysis of water samples of the r. Selenga and Lake Baikal. Essential variability of specific electric resistance (SER) of different water sampling points due to its different mineralization was revealed, along with the observed low SER of ground waters from wells, located in the area of delta of the river Selenga.

Keywords: electrometric analysis, specific electric resistance.

Данных об электропроводности воды реки Селенги и оз. Байкал в литературе немного [1–5]. Знание этих характеристик необходимо при решении ряда практических задач геофизической электродинамики и физической экологии. В работах [6–8] показана

целесообразность широкого использования удельного электрического сопротивления УЭС (УЭС – величина, обратная удельной электропроводности воды, измеряется в Ом · м.) природных вод ρ при геофизических, геологических и гидрологических исследованиях. Цель

*Работа подготовлена при финансовой поддержке Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН №11 и грантов РФФИ № 12-02-98002, №12-02-98007, №12-05-98051, № 12-01-98010.

проведенного исследования – определение радиофизических индикаторов состояния экосистемы дельты р. Селенга. Экспериментальные исследования проводились методами электрометрии и лабораторного анализа проб воды и льда с использованием кондуктометра ММЗЧ-04 с датчиком УК-0.2/1, кондуктометра DIST WP3 фирмы Hanna Instruments и измерителя температуры и минерализации Primo-3.

УЭС проб воды, взятых в дельте р. Селенга, заливе Сор-Запорная губа и других местах Байкальского региона, приведены в табл. 1. Данные таблицы указывают на существенную изменчивость УЭС проб воды в различных точках их взятия как на р. Селенга, так и в других водоемах и грунтовых водах из-за различной минерализации воды. Установлено низкое УЭС грунтовых вод, взятых из колодцев, лежащих в районе дельты р. Селенга. Горные реки Хаим, Горная и некоторые другие имеют более высокие УЭС воды, чем байкальская вода. Сезонные вариации УЭС воды р. Селенга в районе г. Улан-Удэ представлены на рис. 1. Пробы брались ежемесячно, начиная с августа 1998 г. Максимальные значения УЭС наблюдаются в зимние месяцы, когда сток воды минимален. Минимальное УЭС имеет место в весенний период (конец марта – апрель – начало мая), когда происходит интенсивное таяние снега и сток загрязненных поверхностных вод в реку. Сезонный ход УЭС имеет устойчивый характер с годичным ритмом. Летние значения УЭС также достаточно стабильны от года к году. Изменение УЭС воды от лета к зиме находится в интервале от 80 до 170 Ом · м, т. е. более двух раз в сторону увеличения. Следует отметить нелинейность зависимости $\rho(t)$. Для всех проб воды проведена аппроксимация измеренных зависимостей $\rho(t)$ полиномом 2-й степени: $\rho(t) = \rho_{15}[1 + \alpha(t - t_{15}) + \beta(t - t_{15})^2]$ и определены коэффициенты α и β , характеризующие температурный коэффициент УЭС (табл. 1). Для девяти проб воды, взятых в заливе Сор-Запорная губа оз. Байкал, линейный член α изменяется в пределах $-(2,3-2,8) \cdot 10^{-2} \text{ град}^{-1}$, а квадратичный член β в пределах $(4,8-8,6) \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$. Некоторые температурные зависимости УЭС проб воды для р. Селенга и других водоемов, а также грунтовых вод, представлены на рис. 2. По данным изме-

рений р. Селенга имеет более низкое УЭС, чем байкальская вода в глубоководных частях акватории. Так, по данным работ [3; 5], приведенное к 18 °С УЭС в верхнем 100-метровом слое воды оз. Байкал изменяется от 83 до 105 Ом · м и в среднем составляет 91 Ом · м. Температура байкальской воды в слое 0–200 м изменяется в течение года от 0,1 до 15–23 °С. На больших глубинах она постоянна в течение года и равна 3,2–3,8 °С. Сезонные изменения температуры воды, достигающие 15–18 °С, приводят к образованию градиентной геоэлектрической среды, обусловленной хорошо выраженной температурной слоистостью водной массы. При этом разница сопротивлений между слоями воды может достигать 35–40 Ом · м. Изучена миграция солевых включений в ледовом покрове оз. Байкал. Концентрация солей изменяется от 18 до 2,5 мг/л (при минерализации воды 120 мг/л). При невысоком снежном покрове лед озера сильно опресняется и в середине зимы при толщине льда около 1 м распределение концентрации солей по высоте имеет минимум 2,5 мг/л в центральной и нижней части керна. Верхний слой 0–4 см имеет концентрацию 18 мг/л (для сравнения дистиллированная вода имеет 10 мг/л). УЭС воды из керна льда при температуре 2 °С изменяется от 1 670 до 8 640 Ом · м в слое 40–50 см (верхний предел значительно выше УЭС бидистиллированной воды).

Данные кондуктометрических исследований водной среды р. Селенга и акватории оз. Байкал показывают существенную изменчивость УЭС в различных пунктах взятия проб воды из-за различной ее минерализации. Установлено низкое УЭС грунтовых вод, взятых из колодцев, расположенных в районе дельты р. Селенга.

В результате ежемесячных измерений УЭС проб воды в р. Селенга в районе г. Улан-Удэ получен сезонный ход УЭС воды с годичным ритмом. Изменение УЭС воды, приведенное к одной температуре (4 °С), от лета к зиме составляет 20–25 % в сторону увеличения. Абсолютные значения естественного хода УЭС воды от лета к зиме составляют 80–170 Ом · м, т. е. увеличиваются более чем в 2 раза.

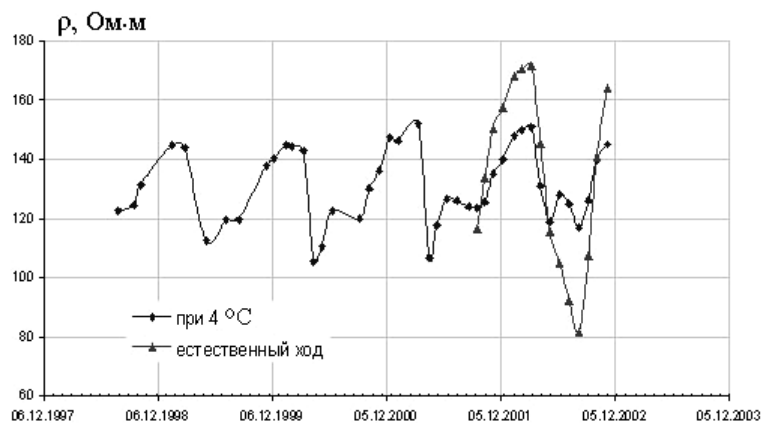


Рис. 1. Сезонные вариации УЭС воды р. Селенга в районе г. Улан-Удэ (дебаркадер Речного порта)

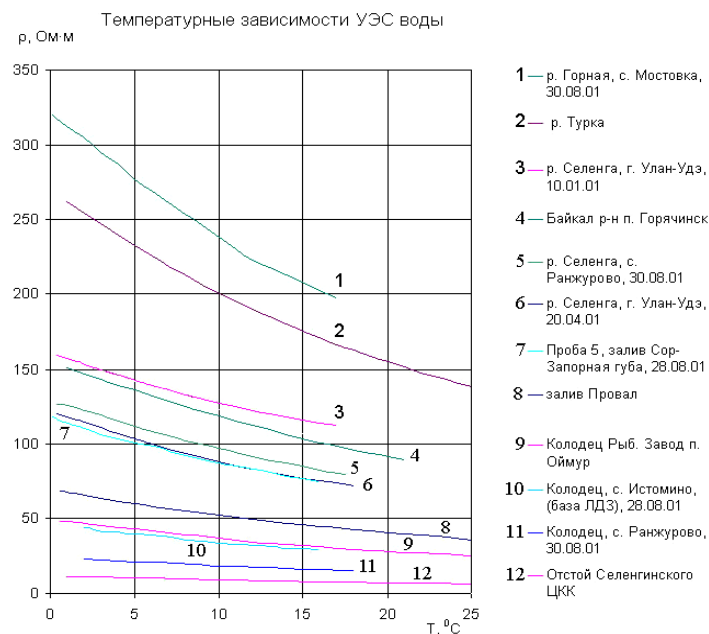


Рис. 2. Температурные зависимости УЭС проб воды, взятых в дельте р. Селенга и других водоемах Байкальского региона

УЭС проб воды

№ пробы	Место взятия пробы воды	ρ_{15} , Ом·м	$\alpha \cdot 10^{-2}$, град $^{-1}$	$\beta \cdot 10^{-4}$, град $^{-1}$
1	Байкал, р-он с. Истомино, залив Сор-Запорная губа, проба 1, 52°08'33"N, 106 17'28"E, 29.08.01	81	−2,8	5,1
2	Байкал, р-он с. Истомино, залив Сор-Запорная губа, проба 2, 52°08'55"N, 106 17'08"E, 29.08.01	82,3	−2,6	5,5
3	Байкал, р-он с. Истомино, залив Сор-Запорная губа, проба 3, 52°09'12"N, 106 16'50"E, 29.08.01	78,5	−2,7	5,1
4	Байкал, р-он с. Истомино, залив Сор-Запорная губа, проба 4, 52°09'43"N, 106 16'01"E, 29.08.01	84,2	−2,7	4,8
5	Байкал, р-он с. Истомино, залив Сор-Запорная губа, проба 5, 52°10'15"N, 106 15'34"E, 29.08.01	74,4	−2,4	8,3
6	Байкал, р-он с. Истомино, залив Сор-Запорная губа, проба 6, 52°10'30"N, 106 15'07"E, 29.08.01	84,4	−2,6	6,3
7	Байкал, р-он с. Истомино, залив Сор-Запорная губа, проба 8, 52°09'16"N, 106 17'41"E, 29.08.01	82,6	−2,4	8,6
8	Байкал, р-он с. Истомино, залив Сор-Запорная губа, проба 9, 52°09'34"N, 106 18'33"E, 29.08.01	84,1	−2,3	8,3
9	Байкал, р-он с. Истомино, залив Сор-Запорная губа, проба 10, 52°07'57"N, 106 17'19"E, 29.08.01	73,6	−2,4	8,2
10	р. Селенга, г. Улан-Удэ, 25.08.01	90,3	−2,6	6,9
11	р. Селенга, р-он с. М.Колесово, 30.08.01	82,1	−2,6	5,9
12	р. Селенга, р-он с. Ранжурово, 29.08.01	84,9	−2,2	9,4
13	р. Селенга, с. Фофаново	70,8	−2,1	10,2
14	р. Селенга, с. Красный Яр	67,9	−1,4	18,3
15	р. Селенга, протока Лобаниха	77,2	−2,8	2,6
16	р. Горная, р-он с. Мостовка, 30.08.01	207,7	−2,6	7,3
17	р. Турка, 25.08.02	175	−2,1	14,5
18	р. Хаим, 25.08.02	256	−1,7	6,8
19	Байкал, пирс в с. Истомино, 52°09'12"N, 106°19'25"E	67,9	−2,3	9,4
20	Байкал, р-он п. Горячинск, 25.08.02	106,7	−3,9	7,0
21	Колодец в с. Истомино, $h = 6$ м (база ЛДЗ), 28.08.01	29,9	−2,5	8,2
22	Колодец в с. Истомино, $h = 6$ м, 28.08.01	19,1	−2,4	9,4
23	Колодец в с. Ранжурово, 52°10'41"N, 106°25'30"E, 30.08.01	16,4	−2,2	6,5
24	Колодец с. Оймур, 52°19'14"N, 106°48'41"E, 17.03.02	49	2,4	3,8
25	Озеро у радиостанции РВ-63 вблизи п. Селенгинск, 27.08.01	98,2	−2,1	13,6

Библиографические ссылки

1. Гортиков В. М. Применение электропроводности к исследованию воды р. Ангара и оз. Байкал // Труды зап.-сиб. гос. гидрологич. ин-та. 1936. Т. 15. С. 154–168.
2. Настоящее и будущее Байкальского региона. Ч. 1 // Новосибирск : Студия Дизайн ИНФОЛИО, 1996. С. 33.
3. Электромагнитные характеристики акватории оз. Байкал / Ю. Б. Башкуев, В. Р. Адвокатов, В. Б. Хаптанов и др. // Геология и геофизика. 1993. № 9. С. 118–126.
4. Информационная основа прогноза природных процессов. Новосибирск : Наука, 1980. 183 с.
5. Башкуев Ю. Б. Электрические свойства природных слоистых сред. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1996.
6. Шауб Ю. Б. Кондуктометрия. Владивосток : Дальнаука. 1996.
7. Ершова М. Г., Кисин И. М., Эдельштейн К. К. Электропроводность и плотность пресных вод // Гидрология озер и водохранилищ. Ч. 2. М., 1975. С. 82–89.
8. Рудаков Е. С. Кондуктометрия. Новосибирск : НГУ. 1992.

References

1. Gortikov V. M. Trudy Zap. Sib. Gos. Hidrologicheskogo Inst. 1936, Vol. 15, pp. 154–168.
2. Nastoyashchee i budushchee Baikalskogo regiona (The present and future of the Baikal region). Ch. 1, Novosibirsk, Studiya Dizain INFOLIO, 1996, pp. 33.
3. Bashkuev Yu. B., Khaptanov V. B., Angarkhaeva L. Kh., Buyanova D. G. Geologiya i geophyzyka. 1993, № 9, pp. 118–126.
4. Informatsionnaya osnova prognoza prirodnikh protsessov (Information basis for forecasting natural processes). Novosibirsk, Nauka, 1980, 183 p.
5. Bashkuev Yu. B. Elektricheskiye svoystva prirodnikh sloistyk sred (Electrical properties of natural layered media). Novosibirsk. Izd-vo SO RAN, 1996. 207 s.
6. Shaub Yu. B. Konduktometriya (Conductometry). Vladivostok, Dal'nauka, 1996, 488 p.
7. Ershova M. G., Kisin I. M., Edelshtein K. K. Hidrologia ozer i vodokhranilishch, Ch. 2. Moscow, 1975, pp. 82–89.
8. Rudakov E. S. Konduktometriya (Conductometry). Novosibirsk, NGU, 1992, 45 p.

© Башкуев Ю. Б., Хаптанов В. Б., Дембелов М. Г.,
Буянова Д. Г., Ангархаева Л. Х., 2013

УДК 621.391.81+550.83

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОИМПЕДАНСНОГО И ГЕОРАДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО БАЙКАЛА*

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

Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук
Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6. E-mail: valery433210@rambler.ru

Рассмотрены результаты радиофизической томографии разломов сейсмоактивной Байкальской рифтовой системы в районе среднего Байкала. Определены электрофизические свойства и строение слоисто-неоднородных горных пород по данным наземных радиоволновых измерений в ОНЧ–НЧ и ОБЧ–УВЧ-диапазонах. Георадарным методом выявлено тектоническое нарушение типа сброс под байкальскими дюнами в районе пляжа на курорте Горячинск.

Ключевые слова: радиофизическая томография, георадар, Байкальские дюны, тектоническое нарушение.

RESULTS OF RADIOIMPEDANCE AND GEO-RADAR SOUNDINGS OF THE COASTAL ZONE OF THE MIDDLE BAYKAL

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

Institute of Physical Materials Science of the Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
6 Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047, Russia. E-mail: valery433210@rambler.ru

The results of radio-physical tomography of faults of active tectonic Baikal rift system in the zone of the middle Baikal are considered. Electro-physical properties and structure of the stratified-inhomogeneous rocks by surface-wave measurements in VLF–LF and VHF–UHF bands are identified. By the geo-radar method it was revealed the tectonic hade fault under the Baikal dunes, in the area of the resort Goryachinsk beach.

Keywords: radio-physical tomography, geo-radar, Baikal dunes, tectonic fault.

* Доклад подготовлен при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 12-02-98002, № 12-02-98007 и Интеграционного проекта СО РАН № 11.