

**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 geofizika. 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 sloistyykh 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. Hidrologiya 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.

В последнее время вновь возрос интерес к радиофизическим методам дистанционной диагностики окружающей среды и проблемам электромагнитного окружения Земли, а также использованию данных по электромагнитному полю для изучения процессов в литосфере и выявления неоднородностей ее строения. Последний аспект имеет особое значение в плане разработки новых подходов как к поиску и разведке полезных ископаемых, так и задачам сейсмоэлектромагнетизма [1]. Возникающие при этом некорректные обратные задачи представляют собой обширное поле современного научного поиска. Необходимы и актуальны комплексные экспериментальные и теоретические работы, основанные на современных методах геофизической электродинамики. Применение радиоволновых методов диагностики среды, к которым можно отнести георадарное и радиоимпедансное зондирование позволяет уточнить положение зон тектонических нарушений, определить размеры зоны измененных пород и их электрофизические свойства.

Цель проведенного исследования – разработка радиофизического метода обследования тектонических разломов, перекрытых слоем эоловых песков, основанного на комплексировании радиоимпедансного и георадарного зондирования. Решались следующие задачи: а) определение удельного электрического сопротивления ( $УЭС$ ) и толщины слоев сухих и увлажненных эоловых песков по частотной зависимости поверхностного импеданса; б) поиск и выделение зоны тектонического нарушения в области перехода «суша–вода» георадарным методом.

Проведено комплексирование методов ОНЧ–НЧ радиоимпедансного и СВЧ георадарного зондирования при изучении зоны перехода «суша–вода» в районе широкого распространения байкальских дюн. Георадарное зондирование выполнено георадаром «Око-2» с антенными блоками АБДЛ «Тритон», АБ-250, АБ-400 и АБ-700, имеющими центральные частоты спектра зондирующего импульса 50, 250, 400 и 700 МГц и глубины зондирования около 30, 7, 5 и 4 м соответственно [2]. Радиоимпедансное зондирование выполнено измерителем поверхностного импеданса ИПИ-300 на частотах радиостанций ОНЧ–НЧ

диапазона, принимаемых в районе исследования. При интерпретации радиоимпедансных зондирований использована программа «Импеданс» [3].

Георадарным методом выявлено тектоническое нарушение типа сброс под байкальскими дюнами в районе пляжа курорта Горячинск (рис. 1). На рис. 2 прерывистой линией обозначена линия сброса. Она определяется на радарограммах сменой характера слоистости разреза. Сброс проходит под острым углом к берегу на расстоянии от 190 (профиль 3) до 250 м (профиль 1). На радарограммах эоловые отложения представлены слоистыми, на отдельных участках с прослоями погребенной почвы, структурами (холмы и гряды) на глубинах от 1 до 5 м. Зона тектонического разлома, почти параллельная береговой линии, представлена слоистой толщей с коленообразным изгибом слоев горных пород в вертикальном направлении. Радарограммы также показывают динамику ветрового переноса эоловых песков и заполнения пониженных мест рельефа (рис. 3).

Определен геоэлектрический разрез байкальских дюн в районе курорта Горячинск. По результатам ОНЧ–НЧ радиоимпедансных зондирований эолово-прибрежно-озерных дюн с использованием полей радиостанций на частотах 22,2, 50, 180, 279 кГц выявлена 2-слойная структура песков: сухих – толщиной 5–7 м с удельным электрическим сопротивлением ( $УЭС$ ) 3 000–4 300 Ом · м и влажных – толщиной 20–25 м с  $УЭС$  300–600 Ом · м, которые залегают на кристаллических породах с  $УЭС$  от 1000 до 1300 Ом · м (рис. 4). Радиоимпедансные зондирования показали трехслойную структуру геоэлектрического разреза типа  $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ , проявившуюся в сильно-индуктивном поверхностном импедансе на частоте 279 кГц (фаза импеданса достигает 56 град). Наличие верхнего слоя сухих эоловых песков с очень высоким  $УЭС$  (от 3 000 до 4 300 Ом · м) очень благоприятно для проведения георадарного зондирования на частотах 50–1700 МГц. Низкая электропроводность сухих эоловых песков в байкальских дюнах (хороший природный сыпучий диэлектрик) может быть использована в бальнеологических целях при лечении пациентов на курорте Горячинск.

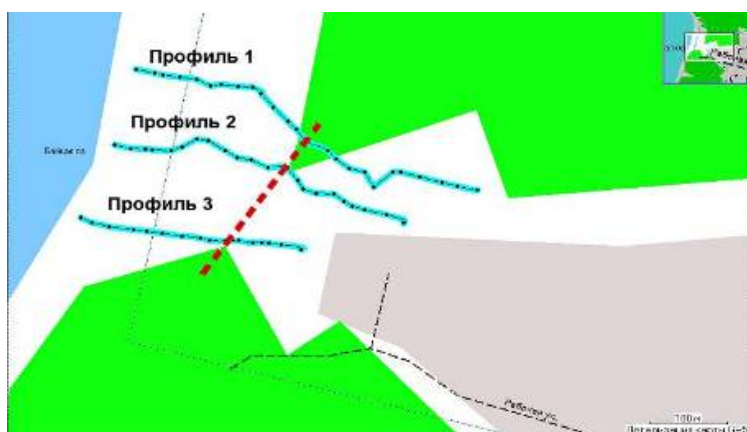


Рис. 1. Георадарные профили 1, 2, 3 на байкальских дюнах. п. Горячинск. Красным пунктиром показано положение выявленного тектонического нарушения

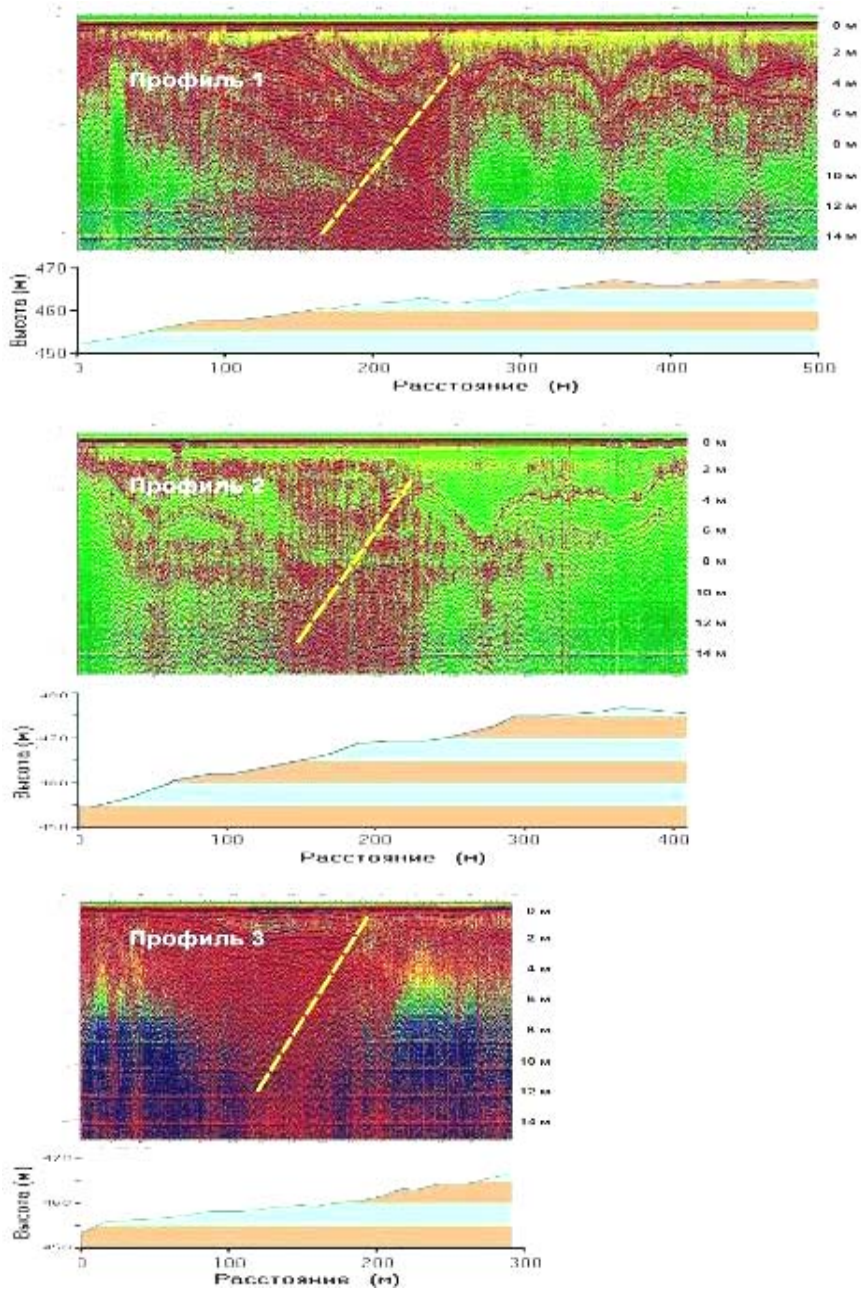


Рис. 2. Радарограммы трех смежных профилей от берега Байкала с рельефом. Георадар «Око-2». Антенный блок АБ-250

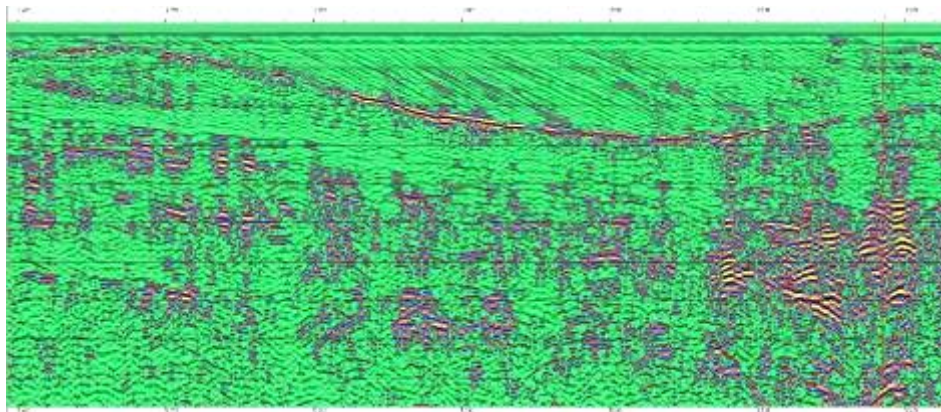


Рис. 3. Фрагмент радарограммы, показывающий динамику изменения рельефа дюн

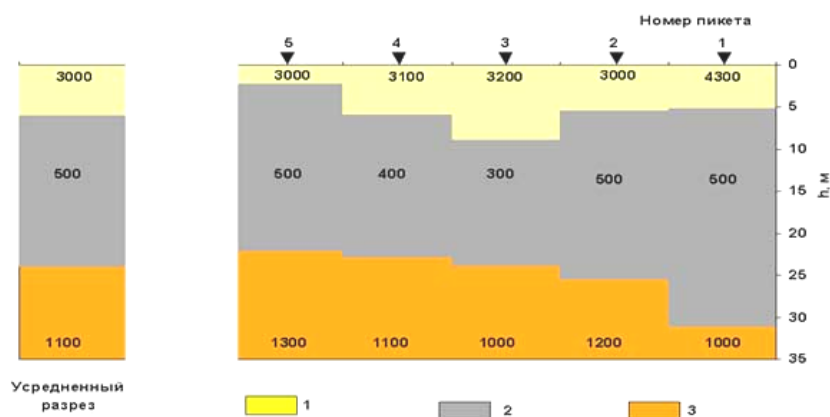


Рис. 4. Результаты радиоимпедансного зондирования байкальских дюн: геоэлектрический разрез, обозначения: 1 – сухой песок; 2 – влажный песок; 3 – кристаллические породы. Слева – усредненный разрез дюн

Предложен радиофизический метод обследования тектонических разломов, перекрытых слоем эоловых песков, основанный на комплексировании радиоимпедансного и георадарного зондирования. На широко распространенных на берегах Среднего Байкала дюнах проведена количественная интерпретация слоисто-неоднородной среды в ОНЧ-НЧ и ОВЧ-УВЧ диапазонах на глубину до 100 м. Определены УЭС и толщины слоев эоловых песков. Комплексная интерпретация георадарного и радиоимпедансного зондирования позволила определить геометрию зоны разлома.

#### Библиографические ссылки

1. Сейсмоионосферные и сейсмoeлектромагнитные процессы в Байкальской рифтовой зоне / Э. Л. Афраймович и др. ; отв. ред. Г. А. Жеребцов. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012.
2. Радиотехнический прибор подповерхностного зондирования (георадар) «Око-2» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.logsys.ru/>.
3. Ангархаева Л. Х. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2002620893.

Пакет программ «Импеданс» для решения задач радиоимпедансного зондирования. М. : Роспатент, 2002.

#### References

1. Afraimovich E. L. et al. Seismoionospheric and seismoelectromagnetic processes in the Baikal rift zone (Seismoionospheric seismoelectromagnetic and processes in the Baikal rift zone). Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2012, 304 p.
2. Radiotekhnicheskii pribor podpoverkhnostnogo zondirovaniya (georadar) OKO-2 (Radio Engineering of subsurface sensing device (GPR) OKO-2). Available at: <http://www.logsys.ru/>.
3. Angarkhaeva L. Kh. Svidetelstvo ob ofitsialnoy registratsii programmy dlya EVM № 2002620893. Paket programm "Impedans" dlya reshenia zadach radioimpedansnogo zondirovaniya (The certificate of official registration of the computer number 2002620893. The software package "Impedance" to solve problems Radioimpedance sensing). Moscow, Rospatent, 06.06.2002.

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

УДК 551.507:550.34

### ОБНАРУЖЕНИЕ ИОНОСФЕРНЫХ И ТРОПОСФЕРНЫХ ОТКЛИКОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

А. С. Григорьев, В. Б. Кашкин

Сибирский федеральный университет  
Россия, 660041, Красноярск, просп. Свободный, 79. E-mail: [rtcvbk@rambler.ru](mailto:rtcvbk@rambler.ru)

*Обнаружено проявление акустических и внутренних гравитационных волн в тропосфере в период повышенной сейсмической активности. Проведено сравнение влияния сейсмического события на тропосферу и ионосферу. Результаты могут быть использованы для кратковременных прогнозов землетрясений.*

*Ключевые слова: тропосфера, волны в тропосфере, профили атмосферы, пассивная локация, зондирование атмосферы, прогноз землетрясений.*