

Анализ радиоимпедансных и георадарных зондирований в Торской и Кыренской палеосейсмодислокациях

БАШКУЕВ Ю. Б.¹, ХАПТАНОВ В. Б.¹, ДЕМБЕЛОВ М. Г.¹, САНЬКОВ В. А.²,
ДОБРЫНИНА А. А.², ДРУЖИН Г. И.³

¹Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ, Россия

²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

³Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
с. Паратунка, Камчатский край, Россия
e-mail:buddich@mail.ru; drug@mail.ru;

Введение

Палеосейсмодислокации – своеобразные формы рельефа, образующиеся в эпицентрах сильных землетрясений, происходивших сотни и тысячи лет назад. Изучение их позволяет уверенно определять районы землетрясений, объективно оценивать их мощность и глубину, проводить сейсмическое районирование территории и решать ряд других актуальных проблем, связанных с прогнозом сейсмической опасности [1]. Применение радиоволновых методов диагностики среды, к которым можно отнести радиоимпедансное и георадарное зондирования, позволяет уточнить положение в плане этих тектонических нарушений, кинематику движений среды, определить размеры зоны измененных пород и их электрофизические свойства.

Цель работы

Разработка радиофизического метода обследования активных тектонических разломов в зонах палеосейсмодислокаций методами радиоимпедансного и георадарного зондирований.

Решаемые задачи

а) решение обратной задачи по частотной зависимости поверхностного импеданса, определение удельного электрического сопротивления (УЭС) и толщины слоев различных комплексов горных пород; б) поиск и выделение слоя многолетней мерзлоты в предгорной части профиля “Торы”; в) определение кинематики движений блоков земной коры при сильных землетрясениях в пределах северного и южного обрамлений Тункинской впадины Байкальской рифтовой системы.

Георадарное и радиоимпедансное зондирование

С целью определения кинематики движений блоков земной коры при сильных землетрясениях в пределах северного и южного обрамлений Тункинской впадины Байкальской рифтовой системы методами георадарного и радиоимпедансного зондирований исследованы зоны Торской и Кыренской палеосейсмодислокаций (рис.1). Георадарное зондирование выполнено георадаром “Око-2” с антенными блоками АБДЛ “Тритон” и АБ-400, имеющими центральные частоты спектра зондирующего импульса 50 и 400 МГц и глубину зондирования около 30 и 5 м соответственно [2]. Радиоимпедансное зондирование выполнено измерителем поверхностного импеданса ИПИ-300 на частотах радиостанций ОНЧ-НЧ диапазонов, принимаемых в районе исследования. При обработке использована программа “Импеданс” [3].

Интерпретация результатов

На радарограммах зона тектонического разлома в крест простирания Торской палеосейсмодислокации (ПСС, рис. 2а) представлена слоистой толщой с коленообразным изгибом слоев горных пород в вертикальном направлении (рис. 2б). На глубине более 10 м разрывы имеют субвертикальное падение или образуют “пальмовые” структуры. Сочетание складчатых и разрывных деформаций, наблюдаемое в разрезах, и геоморфологические данные указывают на поднятие южного блока с левосторонним сдвигом.

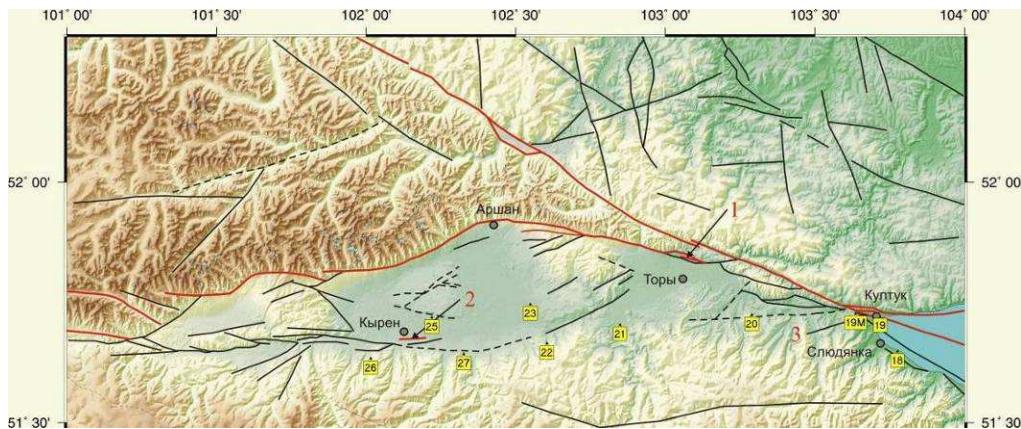


Рис. 1. Карта зон тектонических нарушений (сейсмодислокаций) Тункинской впадины с пунктами измерений: 1) Торы, 2) Кырен, 3) Култук. Цифры в квадратах – номера пунктов радиоимпедансных зондирований.

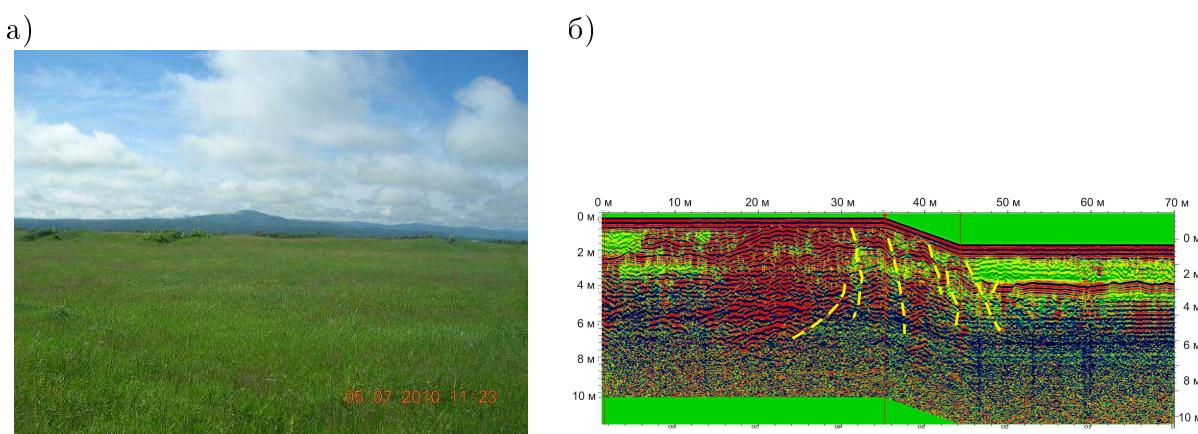


Рис. 2. Торская палеосейсмодислокация (а) и радарограмма зоны тектонического разлома в крест ее простирания (б). Вверху - положение уступа ПСС, выраженного в рельефе. Пунктирные линии – предполагаемые разломы в осадочных отложениях..

Радиоимпедансные зондирования на этом же профиле на частотах 22.2, 50 и 279 кГц (рис.3) показали резкую смену типа геоэлектрического разреза, проявившуюся в слабо-слабо-индуктивном поверхностном импедансе на частоте 279 кГц (фаза импеданса достигает -16 градусов). При интерпретации частотных зависимостей импеданса установлено наличие слоя многолетней мерзлоты в предгорной части профиля.

Комплексная интерпретация георадарного и радиоимпедансного зондирований позволила определить ширину и глубину зоны деформации и установить, что исследованный участок Торской палеосейсмодислокации возник в результате левосторонних сдвигово-взбросовых движений по одноименному сегменту Тункинского разлома.

Второй объект исследования располагается на южном склоне Тункинской впадины, в районе п. Кырен, в междуречье рр. Кырен, Харбяты вдоль субширотного уступа высотой

от 1 до 2.5 м (рис. 4а). Верхняя часть уступа осложнена складками, которые в рельефе выражены буграми длиной 10-20 м и высотой около 2 м.

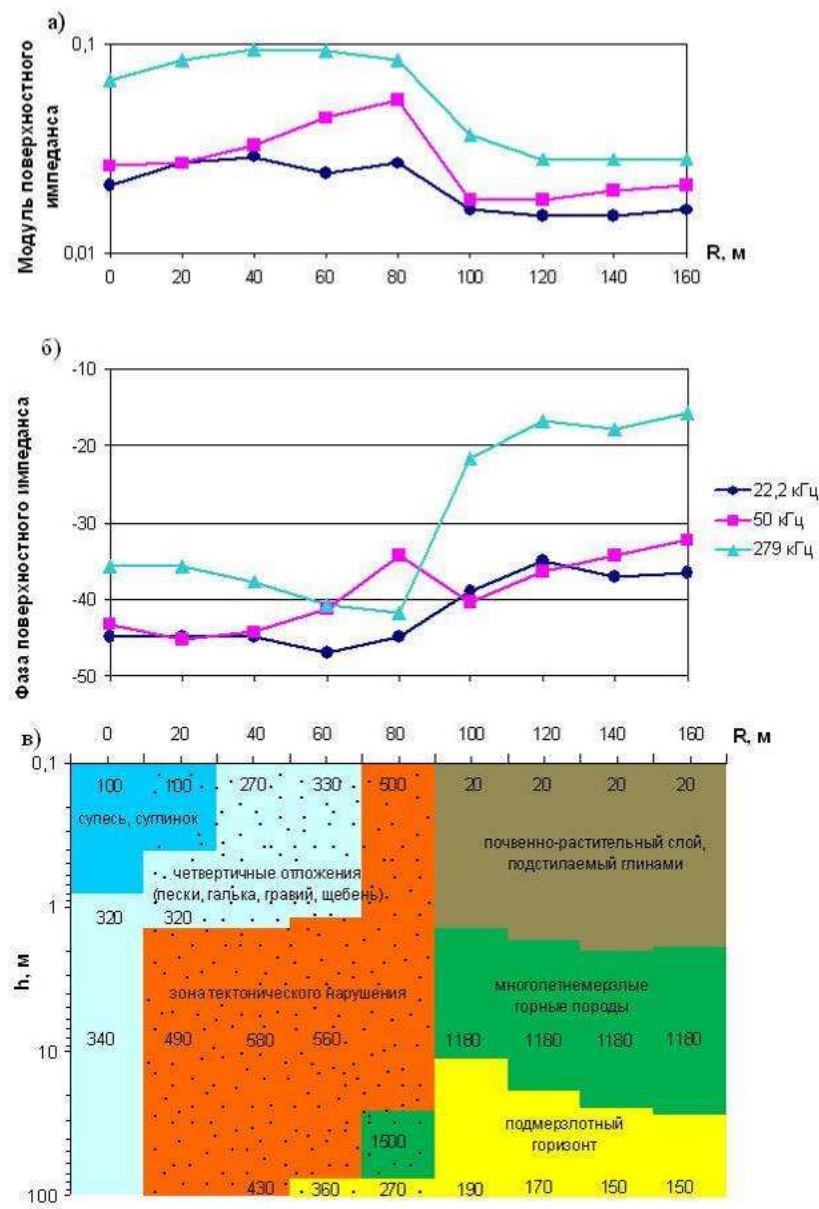


Рис. 3. Результаты радиоимпедансного зондирования зоны тектонического разлома в крест простирания Торской палеосеймодислокации (ПСС): а) и б) модуль и фаза поверхности импеданса на частотах 22.2, 50 и 279 кГц; в) геоэлектрический разрез. Зона тектонического нарушения выделена крапом.

На радарограммах (рис. 4) структура разреза представлена зоной разрывных и складчатых деформаций, прослеживающихся, как минимум, до глубины 25 м. Разрывы имеют как взбросовую, так и сбросовую кинематику, падение, по большей части, в сторону оси зоны. В верхней части разреза отчетливо выделяется асимметричный выпуклый изгиб (антиклиналь) с пологим южным и крутым северным крылом и ограниченный с севера зоной крутопадающих разрывов взбросовой и сбросовой кинематики. Такое сочетание складчатых и разрывных деформаций с типичной “пальмовой” структурой характерно для сдвиговых зон. Таким образом, ПСС “Кырен” возникла в результате левосторонних сдвигово-взбросовых движений по Южно-Тункинскому разлому.

По данным радиоимпедансного зондирования зона тектонического нарушения в геоэлектрическом разрезе отчетливо не выделяется. Она имеет лишь немного большие удель-

ные сопротивления.

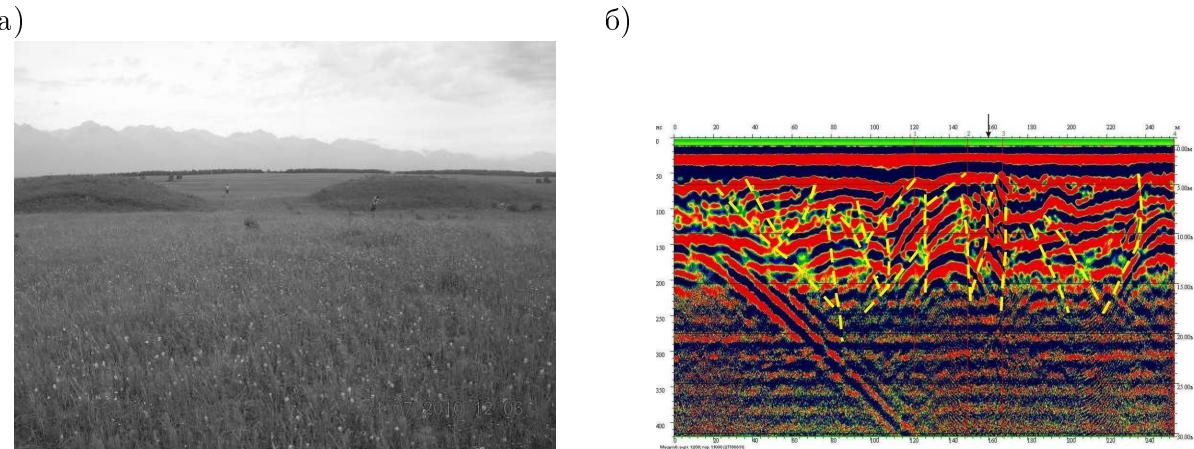


Рис. 4. Субширотные валы сжатия палеосеймодислокации “Кырен” в зоне Южно-Тункинского разлома (а). Радарограмма субмеридиональной зоны тектонического разлома вкрест простирания палеосеймодислокации (б). Положение выраженного в рельефе вала показано стрелкой. Пунктирные линии – предполагаемые разломы в осадочных отложениях

Выводы

Предложен радиофизический метод обследования зон активных тектонических разломов комплексом радиоимпедансного и георадарного зондирований. На расположеннном в Тункинской долине полигоне с заранее известными зонами разломов проведена количественная интерпретация слоисто-неоднородной среды в ОНЧ-НЧ и ОВЧ-УВЧ диапазонах на глубину до 100 м. Радиоимпедансные зондирования на частотах 22.2, 50 и 279 кГц на профиле длиной 180 метров в крест простирания Торской палеосеймодислокации показали резкую смену типа геоэлектрического разреза, проявившуюся в слабо-слабо-индуктивном характере поверхностного импеданса (фаза импеданса достигает -16 градусов) на частоте 279 кГц. В результате решения обратной задачи для поверхностного импеданса установлено наличие слоя многолетней мерзлоты в предгорной части профиля. Определены удельные электрические сопротивления (УЭС) и толщины слоев различных комплексов горных пород. Радарограмма зоны разлома на частоте 50 МГц, подтверждает наличие слоя многолетней мерзлоты и разломы в осадочных отложениях. Метод комплексирования георадарного и радиоимпедансного зондирований может быть использована в сейсмоактивных районах России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сmekalin O.P. Изучение палеосеймогенных деформаций Южного Прибайкалья. М.: ИФЗ РАН, 2008. 101 с.
2. Радиотехнический прибор подповерхностного зондирования (георадар) ОКО-2. Техническое описание. Инструкция по эксплуатации. Версия 2.6. 2009 г. / <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, 06.06.2002.

На расположеннем в Тункинской долине полигоне с заранее известными зонами разломов проведена количественная радиофизическая интерпретация слоисто-неоднородной

среды в ОНЧ-НЧ и ОВЧ-УВЧ диапазонах на глубину до 100 м. Предложена методика обследования зон активных тектонических разломов радиоимпедансного зондирования может быть использована в сейсмоактивных районах России.

Yu. B. Bashkuev¹, V. B. Khaptanov¹, M. G. Dembelov¹, L.Kh.Angarkhaeva, V.A.San'kov²,
A.A.Dobrinina²

TECTONIC FAULTS DIAGNOSTICS BY THE GEORADAR AND RADIOIMPEDANCE METHODS

¹*Department of Physical Problems, Buryat Scientific Center, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 670047 Ulan-Ude, Russia, E-mail: buddich@mail.ru*

²*Institute of the Earth's Crust, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Irkutsk*

In Tunka Valley landfill with known fracture zones radiophysical quantitative interpretation of the layered-inhomogeneous media in the VLF-LF and VHF-UHF bands to a depth of 100 m was held. The technique of the survey of active tectonic faults areas by the methods of radioimpedance and GPR soundings were offered. Integration of radioimpedance and GPR soundings methods can be used in seismically active regions of Russia.