

УДК 550.837.76

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С КОРОВЫМИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ В РАЙОНЕ РЕКИ ПОПЕРЕЧНАЯ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

© 2007 А. В. Тарабанько

*Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский, 683006;
e-mail: tarabanko_nastya@mail.ru*

В 2006 г. при исследовании сейсморазлома в районе реки Поперечная (юг Камчатки), в комплексе с палеосейсмологическими методами было применено георадиолокационное зондирование. Георадиолокация позволила определить амплитуду подвижки, которая совпала со значениями, полученными при палеосейсмологических исследованиях. С помощью георадара была прослежена кровля водноледниковых отложений по разные стороны от разлома и получены сведения о наклоне плоскости сместителя на глубинах до 24 м, что дает представление о механизме подвижки по разлому.

ВВЕДЕНИЕ

Камчатка – один из наиболее сейсмически активных регионов в мире. Наиболее сильные землетрясения приурочены здесь к зоне субдукции. Однако на Камчатке происходят также и сильные коровые землетрясения, не связанные с зоной субдукции. Часто о таких землетрясениях можно судить по палеосейсмологическим деформациям, в том числе по выраженным в рельефе сейсмоактивным разломам, изучение которых иногда позволяет определить не только пространственное положение, но и магнитуду, а в некоторых случаях – и повторяемость коровых землетрясений.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика выявления и картирования активных разломов основана на применении комплекса аэрокосмических и наземных полевых методов. При дешифрировании крупномасштабных космических и аэрофотографических снимков высокого разрешения, возможно, выделить линеаменты, вдоль которых произошли малоамплитудные (десятки сантиметров – первые метры) вертикальные или горизонтальные смещения молодых отложений или форм рельефа, сравнимые с величиной одной подвижки по разлому. А.И. Кожурин (Kozhurin et al., 2006)

по результатам дешифрирования аэрофото- и космических снимков выделил на территории Камчатки сеть крупнейших активных разломов. Одним из них является разлом на реке Поперечная в южной части Камчатки, приблизительно в десяти километрах к северо-востоку от поселка Малки (рис. 1). На аэрофотоснимке этого района хорошо видно, что линия разлома проходит через водноледниковые террасы в долине реки и сечет склоны соседних гор.

В августе 2006 г. автором под руководством А.И. Кожурина и В.В. Пономаревой были проведены палеосейсмологические исследования на разломе в районе реки Поперечная. Специальным методом изучения активных разломов, направленным на определение характера подвижки по разлому, соотношения горизонтов по разные стороны от разрыва, является «трэнчинг» – вскрытие зон разломов поперечными траншеями. Наиболее удобные места для заложения канав – речные и водноледниковые террасы. Это связано с тем что, во-первых, можно быть уверенными, что первичная поверхность террасы была почти горизонтальна и уступ на ней является серьезным основанием предполагать наличие разлома. Во-вторых, по обе стороны от разлома залегают одни и те же аккумулятивные отложения, слагающие террасы, что значительно облегчает палеосейсмологическую интерпретацию.

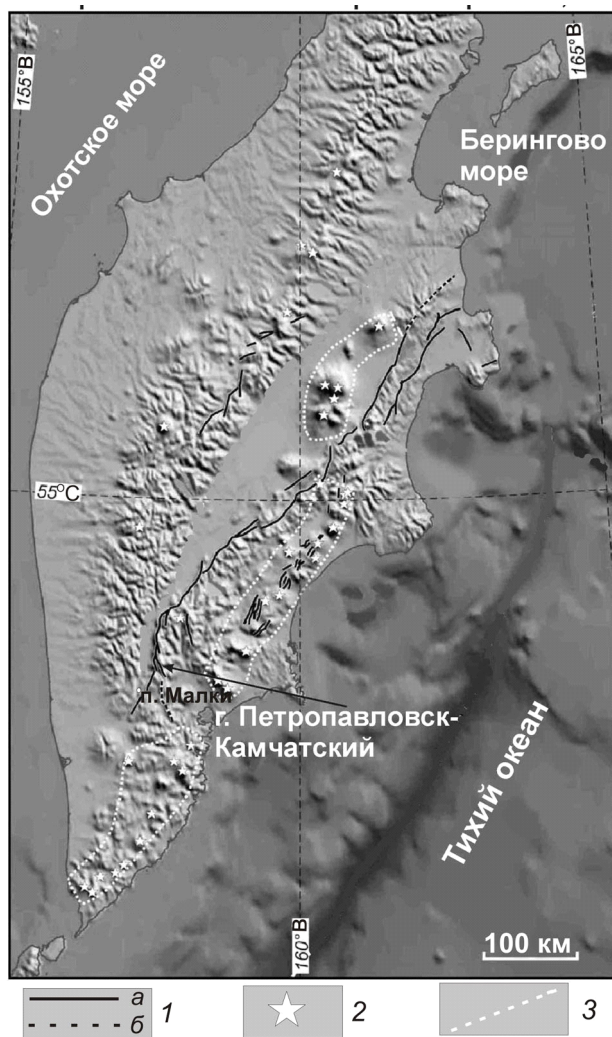


Рис. 1. Главные тектонические элементы полуострова Камчатка по (Kozhurin et al., 2006) с дополнением. Черной стрелкой показан район работ, описанных в данной статье. 1 - активные разломы: а – установленные, б – предполагаемые; 2 - голоценовые вулканы; 3 - вулканические зоны.

При изучении разлома в районе реки Поперечная, на водноледниковой террасе была заложена канава вкрест простирания разлома. Глубина канавы составила в среднем 1.5 м, длина - 9 м (рис. 2). При детальном документировании канавы, ее стенки размечались сетью горизонтальных и вертикальных линий (1x1 м) с помощью нивелира и мерной ленты. Для определения возраста отложений, слагающих разрез, были отобраны образцы пеплов и органики на химический состав и радиоуглеродное датирование.

В дополнении к палеосейсмологическим исследованиям, в сентябре 2006 г. автором совместно с Е.А. Кравчуновской под руководством Т.К. Пинегиной, на изучаемом разломе было проведено георадиолокационное зондирование георадаром «ОКО», разработанный фирмой ООО



Рис. 2. Канава, заложённая через разлом в районе реки Поперечная (фото А.И. Кожурина).

«Логические Системы» (г. Жуковский). Принцип действия аппаратуры подповерхностного георадиолокационного зондирования основан на излучении сверхширокополосных (наносекундных) импульсов метрового и дециметрового диапазона электромагнитных волн и приеме сигналов, отраженных от границ раздела слоев зондируемой среды, имеющих различные электрофизические свойства (Владов, Старовойтов, 2004).

Для проведения георадиолокационных работ вдоль канавы, заложённой в августе 2006г., был разбит восемнадцатиметровый профиль, позволяющий проследить структуру разреза на удалении от разлома. Профиль, вдоль которого производилось георадарное профилирование, с антенными блоками центральной частотой 700, 250 и 50 МГц (рис. 3), предварительно был привязан с помощью нивелира к реальному рельефу. Применение трех антенных блоков, характеристики которых указаны в таблице, позволяет получить радарограммы с различной разрешающей способностью и глубиной зондирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По итогам палеосейсмологических исследований было определено, что изучаемый разлом сечет водноледниковые отложения, представленные валунами и крупной галькой. Водноледниковая поверхность перекрыта голоценовым почвенно-пирокластическим чехлом мощностью около 1 м. В ходе исследования было выявлено, что западное крыло опущено относительно восточного на 1.3 м (рис. 2). Так же было выяснено, что подвижкой по разлому разорваны только водноледниковые отложения (почвенно-пирокластический чехол не разорван), на основе чего мы предпола-



Рис. 3. Работа георадаром «ОКО» с применением антенных блоков (фото Е.А. Кравчуновской): а – АБ-250; б – АБ-700; в – АБД «Тритон».

гаем, что последняя подвижка по разлому произошла не менее десяти тысяч лет назад.

В ходе георадиолокационных исследований были измерены и обработаны в программе GeoScan32 три радарограммы (рис. 4) с глубиной зондирования 3, 8 и 24 м, на которых отражены геологические границы слоев с разной диэлектрической проницаемостью, позволяющие проследить кровлю водноледниковых отложений. Программа GeoScan32 позволяет визуализировать цифровой сигнал, производить его обработку, корректировать величину диэлектрической проницаемости на разных глубинах, отфильтровывать помехи и записывать сопроводительную информацию (Иллюстрированное..., 2004¹).

На всех радарограммах оказалась четко видна кровля водноледниковых отложений разорванных подвижкой по разлому. Судя по разнице высот крыльев, амплитуда этой подвижки составила в данном месте 1.2-1.3 метров. Судя по морфологии уступа, разрывающего водноледниковые отложения, и по выделяемому на радарограммах наклону плоскости сместителя можно предполо-

жить, что подвижка по разлому в районе реки Поперечная представляла собой крутой сброс.

Данные об амплитуде подвижки по разлому, полученные в результате георадиолокационного зондирования хорошо совпадают с результатами палеосейсмологических исследований. По нашему мнению это позволит в дальнейшем при палеосейсмологических исследованиях закладывать только реперные каналы.

Выполненные георадиолокационные исследования показали, что для рекогносцировочных исследований георадаром «ОКО», с имеющимся набором антенных блоков, для определения глубины заложения канав следует применять антенный блок АБД «Тритон». В дальнейшем, если глубина разлома не превышает 8 или 3 м, при необходимости для детализации следует применять, соответственно, антенные блоки АБ-250 и АБ-700.

ВЫВОДЫ

Проведенные нами работы наглядно показали, что:

1. Георадиолокационное зондирование может помочь в выборе наиболее подходящих мест для заложения канав через разлом и дать сведения об их необходимой глубине.

¹Иллюстрированное руководство пользователя программы GeoScan32. Жуковский: Логические системы, 2004 г. 86 с.

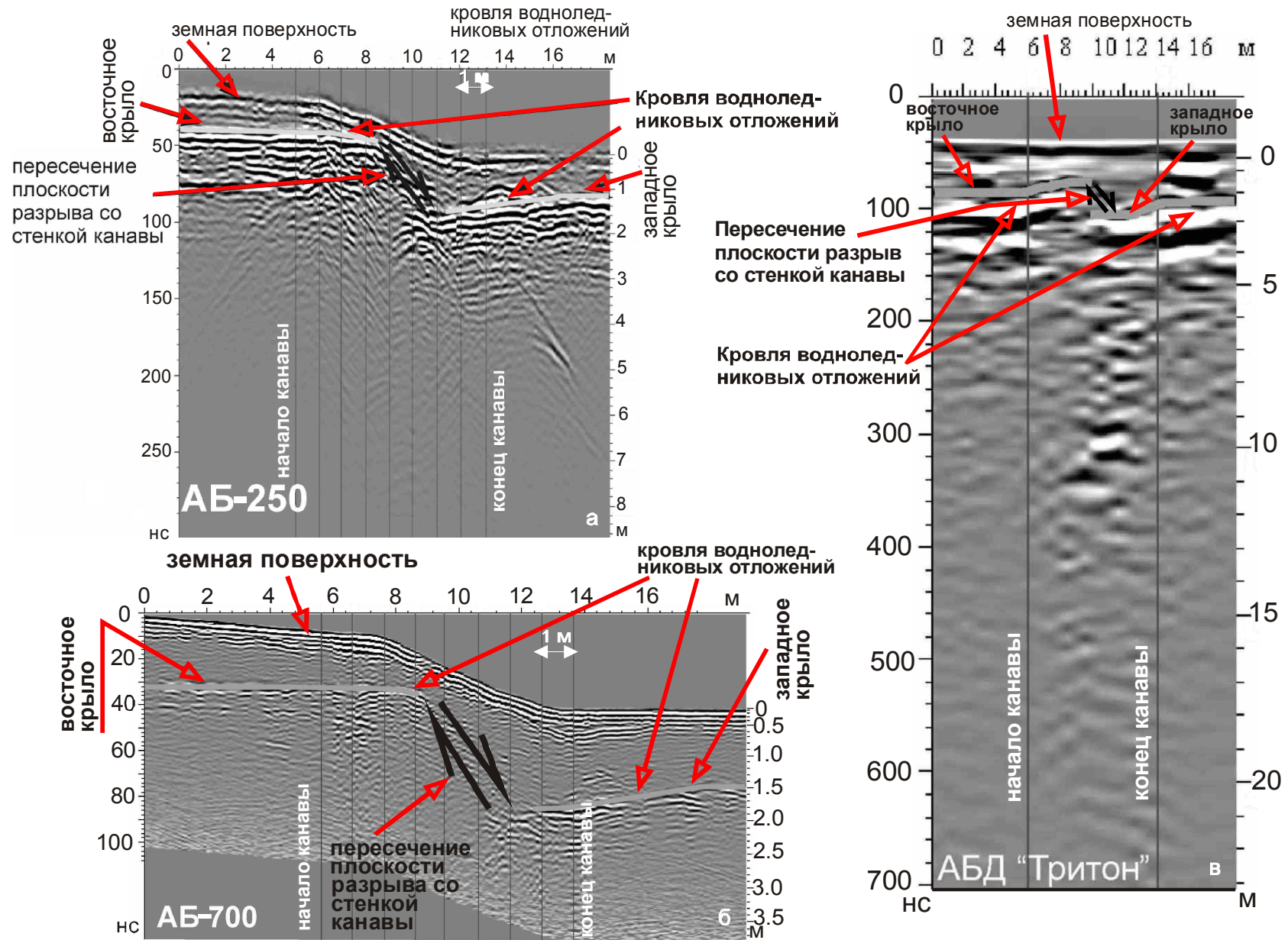


Рис. 4. Радарограммы, полученные с помощью антенных блоков: а – АБ-250; б – АБ-700; в - АБД «Тритон».

Таблица. Характеристики антенных блоков использовавшихся при георадарной съемке (Техническое..., 2004²).

Антенные блоки	АБ-250	АБ-700	АБД «Тритон»
Центральная частота, МГц	250	700	50
Глубина зондирования для среды с затуханием 1-2 Дб/м, м	8	3	24
Разрешающая способность (по глубине), м	0.25	0.1	1.5-2

2. С помощью георадиолокации можно оценивать амплитуду вертикальной подвижки по разлому на разных его участках, не закладывая при этом множество каналов.

3. Изучение радарограмм, отработанных через разлом антенными блоками АБ-250, АБ-700 и АБД «Тритон» позволяет судить о наклоне плоскости сместителя, соответственно, на глубинах до 3-х, 8-и и 24-х метров. Эта информация очень важна для определения характера смещения при подвижке по разлому.

Таким образом, георадиолокация является перспективным методом, который может использоваться при изучении сейсморазрывов, связанных с коровыми землетрясениями на Камчатке, и имеющих вертикальную компоненту смещений.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (№ 06-05-64960 и № 06-05-64025).

Автор выражает благодарность научным руководителям к. г.-м. н., А.И. Кожурину (ГИН РАН), к.г.н. В.В. Пономаревой (ИВиС ДВО РАН) и к.г.н. Т.К. Пинегиной (ИВиС ДВО РАН) за постановку задачи, обсуждение полученных результатов и помощь при написании статьи.

Список литературы

Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. М.: Изд-во МГУ, 2004. 153 с.
Kozhurin A.I., Melekestsev I.V., Ponomareva V.V. et al. Trenching studies of active faults in Kamchatka, eastern Russia: Palaeoseismic, tectonic and hazard implications // *Tectonophysics*. 2006. V. 417. № 3-4. P. 285-304.

APPLICATION OF THE GPR FOR THE STUDY OF SEISMIC RUPTURE GENERATED DURING SHALLOW INTRAPLATE EARTHQUAKES

A. V. Taraban'ko

*Kamchatskiy State University of Vitus Bering, Petropavlovsk-Kamchatskiy 683006,
 e-mail: tarabanko_nastya@mail.ru*

In 2006 during our study of the seismic paleo-rupture at the Poperechnaya river area, together with paleoseismological methods we use GPR (ground penetration radar). This technique helps us estimate the amplitude of displacement, which was the same with amplitude estimated from paleoseismological data. Also GPR give us possibility to trace the top of fluvial-glacial deposits and get information about fault-plane dip angle up to the 24 m depth, which is significant for the focal mechanism understanding.

² Техническое описание и инструкция по эксплуатации георадара «ОКО». Жуковский: Логические системы, 2004 г. 79 с.