

О ВЛИЯНИИ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СРЕДЫ ПОД ВИБРАТОРОМ ЦВ-40 НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ (ПРИ ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ АЛТАЕ-САЯНСКОГО РЕГИОНА)

Виктор Михайлович Соловьев

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба СО РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора, тел. (383)330-75-68, e-mail: solov@gs.nsc.ru

Владимир Николаевич Кашун

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба СО РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, главный инженер, тел. (383)333-38-01, e-mail: kashun@gs.nsc.ru

Семен Александрович Елагин

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба СО РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, старший научный сотрудник, тел. (383)333-25-35, e-mail: maelstrom@gs.nsc.ru

Николай Александрович Серезжников

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба СО РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, инженер-исследователь, тел. (383)333-25-35, e-mail: bestyah21@gs.nsc.ru

Наталья Александровна Галёва

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба СО РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, инженер-исследователь, тел. (383)330-75-68, e-mail: tatapelya@gmail.com

Илья Александрович Антонов

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба СО РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, инженер-исследователь, тел. (383)330-75-68, e-mail: antonovilyha@gmail.com

Проведены исследования в ближней зоне вибратора ЦВ-40 по влиянию промерзания и оттаивания грунта на характеристики излучения. Установлена линейная зависимость уменьшения максимальной амплитуды излучения вибратора от мощности промерзшего слоя до глубин 1.5 м. При оттаивании грунта сильное изменение амплитуд излучения происходит сразу после оттайки первых 10–20 см. Кроме амплитуд, в зимний период значительно, до 0.5–1 Гц, уменьшается эффективный частотный диапазон излучения. Полученные результаты представляются важными и будут использованы при активном вибросейсмическом мониторинге в Сибири и работах ГСЗ с вибраторами в восточной части России в зонах вечной мерзлоты.

Ключевые слова: вибратор ЦВ-40, коррелограммы, вибросейсмический мониторинг, амплитудные спектры, ближняя зона, промерзание и оттаивание грунта, характеристики излучения ЦВ-40.

SEASONAL GROUND CHANGES AT UPPER LAYER UNDER CV-40 VIBRATOR AND ITS EFFECT ON EMISSION CHARACTERISTICS (DURING VIBRO SEISMIC MONITORING AT ALTAY-SAYAN REGION)

Victor M. Solovyev

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Ph. D., Deputy director, tel. (383)330-75-68, e-mail: solov@gs.nsc.ru

Vladimir N. Kashun

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Chief Engineer, tel. (383)333-38-01, e-mail: kashun@gs.nsc.ru

Semen A. Elagin

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Researcher, tel. (383)333-25-35, e-mail: maelstrom@gs.nsc.ru

Nikolai A. Serezhnikov

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Junior Engineer, tel. (383)333-25-35, e-mail: bestyah21@gs.nsc.ru

Natalya A. Galyova

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Junior Researcher, tel. (383)330-75-68, e-mail: tatapelya@gmail.com

Ilya A. Antonov

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Junior Engineer, tel. (383)330-75-68, e-mail: antonovilyha@gmail.com

The paper studies CV-40 vibrator near field affected by freezing and thawing of the soil on the emission characteristics. A linear dependence between low amplitude emission and thickness of frozen layer up to 1.5 m have been obtained. When thawing a strong change in the amplitude take place even defrost of first upper 10–20 cm. Besides the amplitude changes at winter time there is a 0.5–1 Hz decreased effective frequency range. This results will be used during active seismic monitoring at Siberia region and deep sounding field works at the eastern part is Russian Federation on permafrost grounds.

Key words: vibrator CV40, correlograms, vibro seismic monitoring, amplitude spectrum, near zone, frozen layer, permafrost, ground thaw, emission characteristics.

Работами ГСЗ на опорных профилях в восточной части России накоплен значительный материал по излучению мощных вибраторов на более чем 10-и тысячах километров профилей [1, 4]. Наряду с высокой стабильностью и повторяемостью вибрационных воздействий установлена сильная изменчивость волновых полей мощных вибраторов в ближней и дальней зонах при излучении на неоднородных грунтах (осадочных, горных, мерзлотных). Установлено, что для излучения широкополосного спектра от вибратора необходимо наличие мощной (5–10 м) низкоскоростной ($V_p \approx 300$ м/с) толщи. В этом случае в спектрах излучения преобладает основная гармоника, а кратные существенно меньше. Когда мощность низкоскоростного слоя меньше 2 м либо скорости

в верхней части разреза достаточно высоки (2000–5000 м/с), основная гармоника в два и более раз уступает кратным гармоникам [1, 2, 4]. Хорошей экспериментальной моделью площадки под вибратор с изменением физических свойств грунтов является Быстровский полигон с мощной (до 10 м) низкоскоростной песчаной толщей, которая в зимнее время промерзает до 2 м. Сезонные изменения грунта под вибраторами приводят к сильному изменению их характеристик излучения и регистрируемых волновых полей (рис. 1). Как видно из рис. 1, широкополосные частотные характеристики излучения 100-тонного вибратора и 40-тонного вибратора в летнее время одинаково сдвигаются в высокочастотную область и становятся узкополосными в зимнее время [1–4].

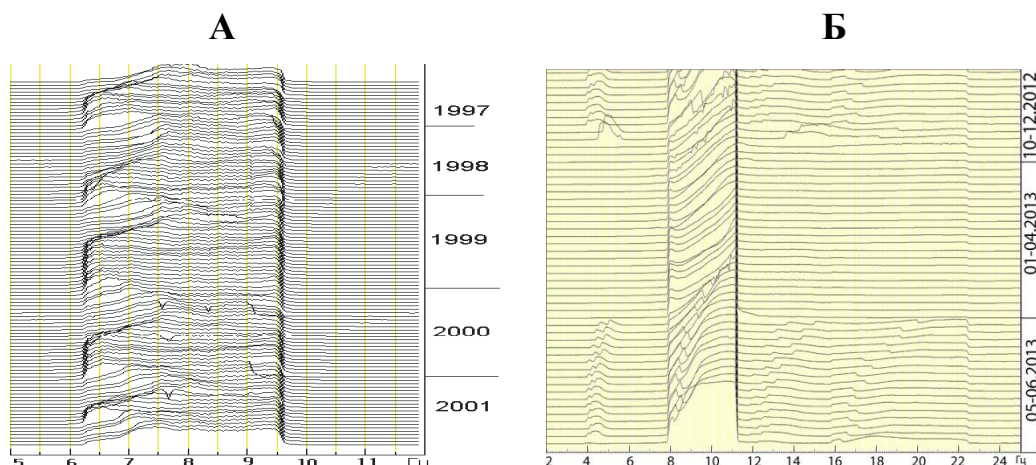


Рис. 1. Примеры амплитудно-частотных характеристик вибраторов ЦВ-100 (А) и ЦВ-40 (Б) в ближней зоне

Резкий спад амплитуд излучения начинается с первых чисел ноября, минимум наблюдается в середине марта, а максимум излучения – с середины мая по конец октября. В январских и особенно в февральских сеансах отмечается близко к линейному увеличение амплитуд излучения вибратора в диапазоне 7.91–11.23 Гц (рис. 1, Б); фактически эффективное излучение начинается лишь в самом конце (в диапазоне ~10.5–11 Гц). При этом резко падают амплитуды излучения в ближней зоне [4] и амплитуды регистрируемых сигналов в дальней зоне. В волновых полях в зимнее время сильно уменьшаются амплитуды опорных волн и соотношение сигнал/шум. В особенности это отражается на записях S-волн, которые практически «пропадают».

Начиная с 2010 года в ближней зоне вибросисточника эпизодически, а с 2015 года постоянно, с температурным датчиком проводятся измерения температуры на разных глубинах [5]. Наряду с установлением исследователями [5] сейсмотермического эффекта от работающего вибратора, данные по температуре грунта на разных глубинах под вибратором позволяют выполнить оценку влияния мощности промерзшего (или оттаявшего) грунта (рис. 2) на характеристики излучения вибратора. В целом, по сравнению с оттаиванием, про-

мерзание грунта происходит более медленно, особенно после 0.8 м, и очень медленно на глубинах от 1.5 до 2 м (рис. 2, А). Оттаивание грунта происходит практически за полтора месяца, начиная со второй декады апреля. На рис. 2, Б приведены зависимости амплитуд излучения вибратора от глубины промерзания и мощности оттаявшего грунта, построенные с использованием данных температурного датчика и амплитуд с глубинного датчика (на глубине 5 м под вибратором). Практически линейно происходит уменьшение амплитуд излучения вибратора в зависимости от мощности промерзшего слоя до глубины 1.5 м; далее спад амплитуд излучения практически останавливается. При оттаивании увеличение мощности излучения начинается сразу с процессом оттайки первых 10 см и резко увеличивается при мощности оттаявшего слоя в 20 см; дальнейшее увеличение амплитуд излучения до максимума достигается при мощности оттаявшего грунта в 1 м.

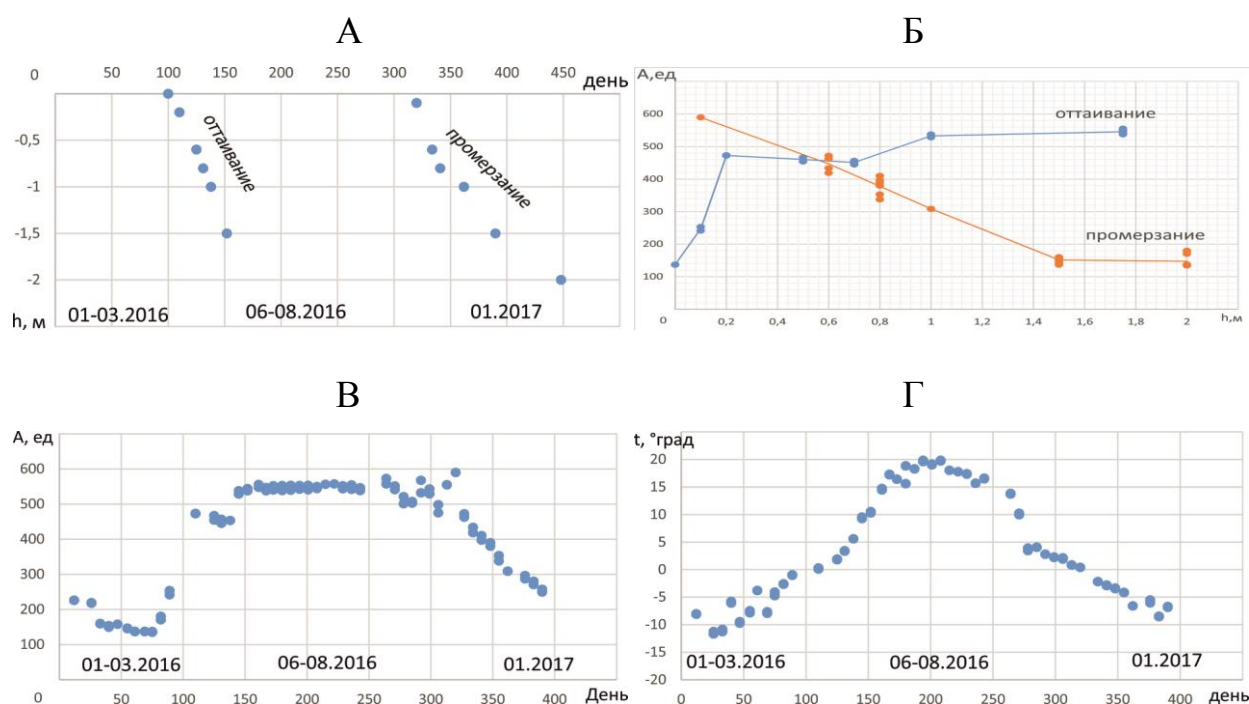


Рис. 2. К изучению характеристик излучения вибратора ЦВ-40 при промерзании и оттаивании грунта под вибратором:

А – графики промерзания и оттаивания грунта под ЦВ-40 в 2016–2017 гг.;
 Б – зависимость амплитуды излучения вибратора от глубины промерзания грунта и мощности оттаявшего слоя; В – график максимальных амплитуд излучения ЦВ-40 на глубинном датчике в 2016–2017 гг.; Г – распределение температуры в грунте под вибратором на глубине 0.2 м

В целом неравномерный по времени процесс промерзания и оттаивания грунта наглядно иллюстрирует рис. 2, В. Из рисунка видно, что стабильное (по амплитуде) излучение сохраняется в течении четырех летне-осенних месяцев и короткий период зимой в феврале-марте. В конце марта и апреле и в пе-

реходный осенне-зимний период отмечается сильный разброс амплитуд. Из графиков (на рис. 2, А, В) видно также, что период оттайки более быстрый по сравнению с временем промерзания грунта. Несовпадение значений амплитуд в январе 2016 и 2017 годов объясняется более сильным промерзанием грунта под вибратором в январе-феврале 2016 года (рис. 2, Г).

Таким образом, стабильное и максимальное по амплитуде излучение отмечается летом и в начале осени. При работах с виброисточником в данный период были получены коррелограммы с высоким отношением сигнал/шум на предельно больших расстояниях в 360–455 км (рис. 3).

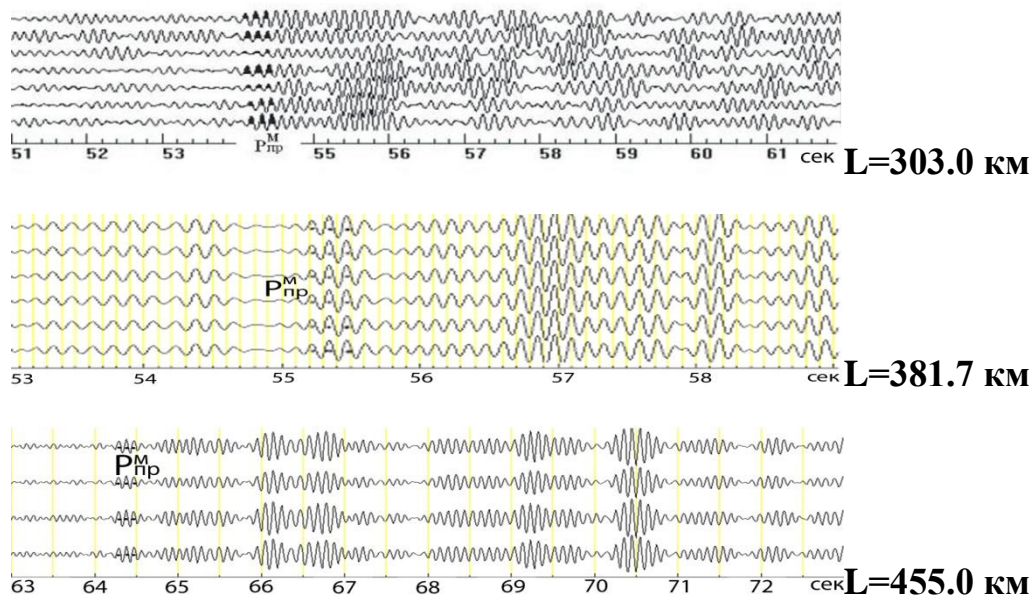


Рис. 3. Примеры коррелограмм от виброисточника ЦВ-40, зарегистрированные в Алтае-Саянском регионе в летне-осенний период в 2002–2009 гг.

Проведенные исследования чрезвычайно важны при выполнении работ по мониторингу сейсмоактивных зон Алтае-Саянского региона и работах ГСЗ с вибраторами в восточной части России в зонах вечной мерзлоты.

При работах ГСЗ, проводя малозатратные инженерно-сейсморазведочные исследования в местах установки виброисточника, можно до установки реально оценивать максимальную мощность излучения вибратора на исследованной площадке, необходимое количество повторных сеансов и перспективы получения коррелограмм на больших удалениях. Выполнение мониторинговых экспериментов в Алтае-Саянском регионе с большими охватами зондируемой площади, с высокой точностью и повторяемостью сеансов целесообразно осуществлять с мая по октябрь. Для исключения промерзания грунта целесообразно также установка легкого отапливаемого ангара над вибратором ЦВ-40 с площадью $\sim(50-60)$ м².

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Активная сейсмология с мощными вибрационными источниками / А.С. Алексеев, Б.М. Глинский, Н.И. Геза и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН «Гео», 2004. – 350 с.
2. Активный вибросейсмический мониторинг в северо-западной части Алтае-Саянской складчатой области / В.М. Соловьев, В.С. Селезнев, А.Ф. Еманов и др. // Активный геофизический мониторинг литосферы Земли: матер. 2-го Междунар. симпозиума. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2005. – С. 64–70.
3. Исследование динамических особенностей сезонных изменений волновых полей при вибросейсмическом мониторинге среды / А.Ф. Еманов, В.С. Селезнев, В.М. Соловьев и др. // Геология и геофизика. – 1999. – № 3. – С. 474–486.
4. Особенности излучения мощных вибраторов на неоднородных грунтах и некоторые технологические приемы повышения эффективности излучения при глубинных сейсмических исследованиях и активном мониторинге среды / В.М. Соловьев, В.Н. Кашун, И.Е. Романенко и др. // Проблемы информатики. – 2016. – № 1. – С. 58–72.
5. Юшин В. И., Аюнов Д. Е., Дучков А. Д. Мониторинг изменения температуры под плитой действующего сейсмического вибратора // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 2, ч. 2. – С. 32–36.

© В. М. Соловьев, В. Н. Кашун, С. А. Елагин, Н. А. Серезников,
Н. А. Галёва, И. А. Антонов, 2017