

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СНЕГОМЕРНЫХ И ЛЕДОМЕРНЫХ РАБОТ.

И.И. Василевич

ФГБУ «АНИИ», Санкт-Петербург, Россия

APPLICATION OF GEORADIOLOCATION DURING SNOW AND ICE MEASUREMENTS.

I.I. Vasilevich

FSBI «AARI», St. Petersburg, Russia

Рассматриваются методические вопросы применения георадиолокационного метода измерения снежного и ледового покровов в условиях Арктики как современной альтернативы традиционным методам. Приведены результаты опытного использования радиолокации при измерениях, проводимых на архипелаге Северная Земля.

The article considers the methodical issues of the application of the georadiolocation method for measuring snow and ice cover in Arctic conditions as a modern alternative to traditional methods. Presented the results of the experimental use of georadiolocation in measurements carried out on the Northern Earth archipelago.

Одним из важнейших приоритетов политики Российской Федерации является развитие Арктического региона [1]. Основным локомотивом данного развития будет раскрытие ресурсного потенциала, заложенного в этих территориях. В связи с этим, будет расти количество территорий, подвергшихся антропогенной нагрузке, а, следовательно, и потребность в исследовательских работах, связанных с экологическим проектированием и мониторингом. Одним из видов данного обширного комплекса работ являются снегомерные и ледомерные работы. На данный момент преобладающими методами измерительных работ являются традиционные методы, основанные на проведении снегомерных съемок при помощи реек и весовых снегомеров. Однако в условиях повышения объема работ возрастает потребность в оптимизации трудозатрат и совершенствования методов. В связи с этим, актуальным становится развитие и применение методов снегомерной съемки, основанных на принципе георадиолокации.

Специфика снегомерных работ такова, что они приходится на период максимального снегонакопления для данного региона в середине-конце весеннего сезона. В арктических широтах в этот период температура может опускаться до 30-40 градусов ниже нуля, а также нередки сильные ветра, туман и обильные осадки, что в целом характеризуют погодные условия как сложные. Таким образом, повышается необходимость рационального использования временных ресурсов при проведении работ. Высота снега в каньонах рек, оврагах, логах и у подножия холмов может превышать значения в 5 метров даже на небольших высотах и плоских по рельефу участках. Проводить измерения в таких условиях руководствуясь традиционными методами может быть чрезвычайно трудоемко. Одним из решений обозначенных выше сложностей при измерении снежного покрова может быть использование радиолокационных методов. Особенности применения радиолокационного метода измерения высоты снежного покрова рассмотрен на примере использования георадара «Пикор-Лед» в период снегомерных работ на арх. Северная Земля в 2015 - 2017 годах.

Георадар «Пикор-Лед» является геофизическим прибором, предназначенным для подповерхностного зондирования и мониторинга непрозрачных сред: пресного и морского льда, снега, дорожного покрытия, грунтов и т.д. На основании полученных данных прибор позволяет вычислять толщины слоев зондируемых сред, обнаруживать и вычислять расстояния до неоднородностей в средах. Подробные характеристики прибора приведены в таблице 1. Георадар мобилен, минимальный комплект для его запуска состоит из антенного модуля, провода USB - mini USB с защитным фиксатором на обоих концах и ноутбука\планшета (рис. 1). Рекомендуются использовать защищенные полевые ноутбуки или планшеты для работы в полевых условиях.

Таблица 1. Технические характеристики георадара «Пикор-Лед» [2].

Центральная частота	1600 МГц
Глубина зондирования - для снега/льда	до 3 м
Разрешающая способность	1-2 см
Высота подвеса	20-100 см
Потребляемая мощность	1,35 Вт
Питание от USB	+5 В
Габаритные размеры	410 x 270 x 68 мм
Масса	1,8 кг
Степень защиты	IP66



Рис. 1. Георадар «Пикор-Лед».

Чтобы начать измерение необходимо подключить антенный модуль к компьютеру (планшету или ноутбуку), в запустить сопутствующее программное обеспечение георадара и в настройках выбрать материал среды, алгоритм обработки и начальную дальность. Следующим шагом выбираются настройки радиомодуля на основании ожидаемой толщины снега или льда. Далее прибор располагается в вертикальном положении излучателем вниз, после оператор начинает измерение через команду интерфейса программного обеспечения. Прибор следует располагать на высоте от 20 см до 100 см от поверхности снега. Программное обеспечение прибора позволяет вести измерение и записывать результаты в двух режимах – измерение в точке либо непрерывное измерение на профиле в движении. При измерении в точке георадар позволяет измерить высоту снега или толщину льда в радиусе 2 метров. В режиме измерения в движении прибор крепится к технике либо переносится оператором. Максимальная скорость передвижения в таком режиме составляет 40 км\ч, но для качественной записи рекомендуется средняя скорость 20 км\ч. В зависимости от настроек георадара меняется скорость измерения в диапазоне от 5 до 30 кадров в секунду, что при движении со скоростью 40 км\ч соответствует

измерению с шагом от 40 см при 30 кадрах в секунду до 2 м при 5 кадрах в секунду. Результатом измерения на начальном этапе является радарограмма, которая отображается на дисплее компьютера как в процессе измерения, так и после при чтении записанного файла. Изображение на радарограмме отображает результат обработки зарегистрированных георадаром радиоволн, отраженных от границ сред с разной диэлектрической проницаемостью. Участкам с наибольшей интенсивностью сигнала соответствует переход между средами. На примере отображена радарограмма, полученная при измерении пресного озерного льда на острове Большевик арх. Северная Земля (рис. 2).

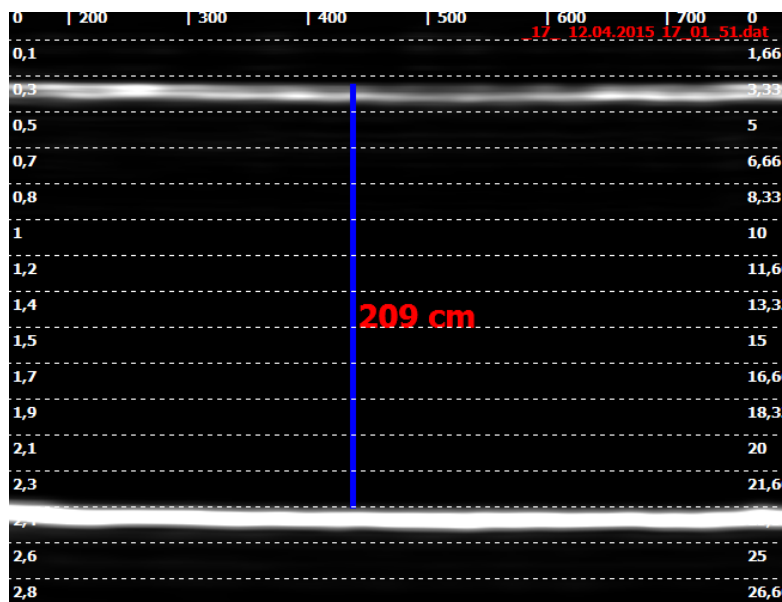


Рис. 2. Радарограмма измерений толщины пресного озерного льда на о. Большевик в 2015 году.

Как видно из изображения, достаточно просто определить расположение верхней и нижней границ ледового покрова. Контрольное бурение подтвердило полученное значение толщины льда. В случае с измерением толщины снежного покрова, радарограмма может не быть такой однозначной, как в предыдущем примере, но даже в этом случае она поддается качественной интерпретации при условии грамотной настройки визуализации в программе.

В георадаре «Пикор-Лед» реализована возможность привязки результатов измерений в пространстве посредством встроенного в компьютер или выносного GPS-ГЛОНАСС приемника. Данная функция существенно расширяет возможности анализа полученной информации при измерении на профилях. Конечный вид результатов измерений после ручной обработки является таблица, содержащая данные о времени промера, положении границ сред (результат обработки вручную), толщину сред и координаты места измерения.

При проведении снегомерных работ во время сезонных экспедиций «Север-2015-2017» измерения георадаром проводились параллельно с плановыми работами, производимыми традиционными методами, однако основной уклон в работе с георадаром делался на измерение трудоемких объектов, таких как многолетние снежники в руслах рек и в прочих аккумуляционных участках рельефа острова. Также в режиме непрерывной профильной съемки были совершены промеры на плоских участках рельефа (плато), выводных языках ледника, пресных озерах. Получены уникальные данные о характере залегания снежного покрова в верховьях русел рек. В результате этих работ на основании сравнения полученных данных с результатами применения традиционных методов можно заключить, что результаты измерения георадаром «Пикор-Лед» являются репрезентативными и достоверными.

По нашим оценкам время на снегомерную съемку на маршруте длиной 4,2 км проложенного верховьях рек Мушкетова и Амба по преимущественно холмистому рельефу при применении радара сократилось с 3 часов до 30 минут. При этом объем информации вырос с 22

измерений (согласно [3]) до 23000 измерений высоты снежного покрова, что означает измерение примерно каждые 20 см. Более частые наблюдения радаром не пропускают характерные особенности рельефа, как впадины, где собирается снег, или выпуклые формы рельефа, где снег сдувается. Поэтому применение радара позволило более точно выявить статистические характеристики распределения высоты снежного покрова, по сравнению с менее частыми традиционными данными (рис. 3).

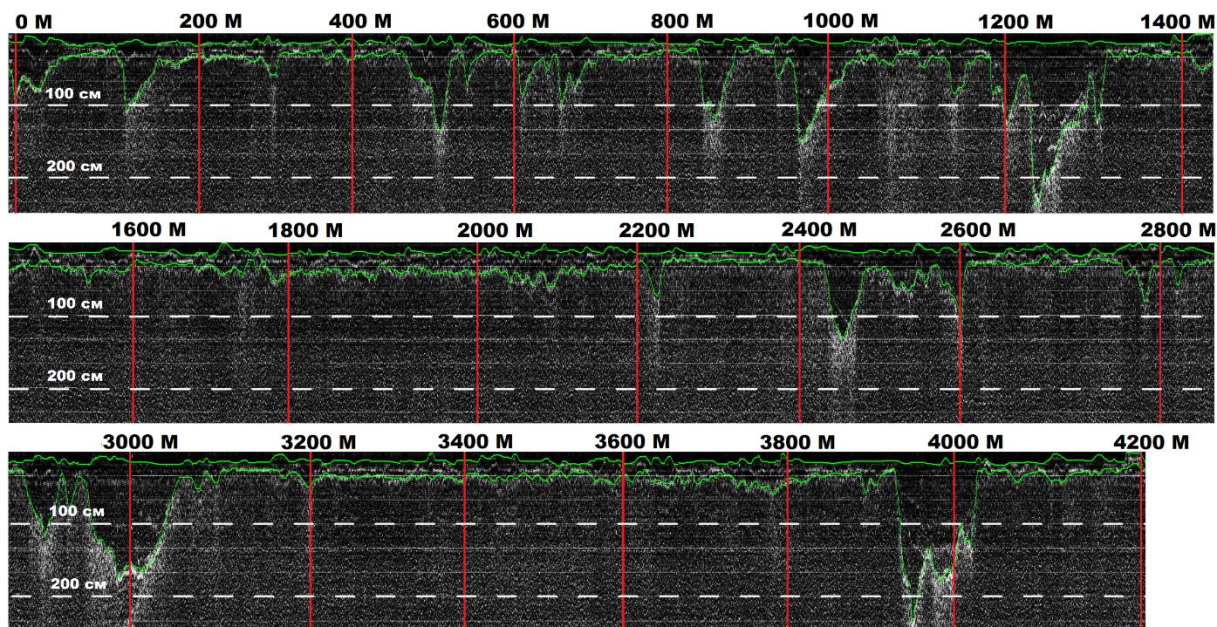


Рис. 3. Радарограмма измерения высоты снежного покрова в верховье рек Амба и Мушкетова. Вертикальные линии – измерения традиционным методом через каждые 200 метров. Сплошные горизонтальные линии – верхняя и нижняя граница снежного покрова. Белые пунктирные линии – линии толщины снежного покрова.

Так диапазон изменчивости высоты снежного покрова при измерении рейкой 140 см, радаром 230 см. Коэффициент вариации при измерении рейкой равен 0,83, радаром – 0,99. Более точные статистические характеристики влияют на оценки запасов воды в снежном покрове и обеспечиваю более качественное моделирование процесса снеготаяния и водоотдачи.

Литература

1. Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года : постановление Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2014 г. N 366 г. // Рос. газ. – 2014. – 24 апр.
2. Многофункциональный контрольно-индикационный прибор «Пикор-Лёд». Руководство по эксплуатации. – М.: ООО ФПК «Эстра», 2016
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.3, ч.1. Метеорологические наблюдения на станциях. – Л.: Гидрометеоздат, 1985