

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ, ПРОЧНОСТИ
И ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГРУНТОВ ИСКУССТВЕННЫМ ХОЛОДОМ (ТМЗГ-2006)

*Материалы
X научно-технической
конференции*

Посвящается 75-летию
Санкт-Петербургского
государственного
университета
низкотемпературных
и пищевых технологий



Санкт-Петербург
2006

PETRO PRIMO
CATHARINA SECUNDA
MDCCCLXXII

в скважину или устанавливается на объекте. Кабель соединяется с пультом управления. Температура в точке измерения постоянно индицируется на пульте управления. Одноканальная аппаратура СИТ-1 обслуживается одним оператором.

Многоканальная аппаратура СИТ-1М монтируется на объекте перед проведением работ по замораживанию грунтов. Пульт управления и компьютер размещаются в рабочем помещении на участке работ. Зонды типа «гирлянда» с датчиками температуры опускаются в скважины. Соединение зондов с пультом управления производятся многожильными кабелями. Температуры в точках измерения индицируются на пульте управления и экране монитора компьютера. Архивация результатов измерения производится на жесткий диск компьютера. Многоканальная аппаратура СИТ-1М после монтажа обслуживается одним оператором.

Преимущества использования аппаратуры СИТ-1: высокая точность и оперативность измерения температуры; возможность непрерывности контроля, отказ от ручных измерений температуры по ртутным термометрам, возможность реализации схем аварийной защиты и регулирования работы оборудования.

На базе аппаратного комплекса импульсного акустического просвечивания и зондирования АПЗ-1 и аппаратуры экспресс измерения температуры СИТ-1 в настоящее время в строительство внедряется комплексная система сервисных услуг по контролю сплошности ледогрунтовых и грунтоцементных ограждений на основе акустических и температурных измерений.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СКВАЖИННОГО РАДИОВОЛНОВОГО МЕТОДА ДЛЯ ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЕРЗЛЫХ МАССИВОВ

В. А. Истратов, А. О. Кучмин

ООО «Радионда», Москва ■

А. Д. Фролов

Научный совет по криологии Земли РАН, Москва ■

Введение

Искусственные водоемы в условиях вечной мерзлоты создают предпосылки для ускорения процессов формирования и развития талых зон в береговом примыкании. Поэтому для своевременной разработки и осуществлению технических мероприятий по предотвращению катастрофических последствий необходим комплексный, долговременный мониторинг соответствующих техногенных воздействий на криогеосистемы. Задачей является обнаружение, изучение развития и мониторинг динамики зон протайки-замерзания в областях искусственных водоемов в зоне вечной мерзлоты [1].

Радиоволновое просвечивание позволяет получать данные не только о наличии талых зон, но и о динамике (прогресс и регресс) их развития. При межскважинных радиоволновых исследованиях специальная обработка данных позволяет получать достоверные 3D распределения электрических свойств (эффективного электро-сопротивления и диэлектрической проницаемости) и по ним выявлять в межскважинном пространстве различные геологические неоднородности, их изменчивость в пространстве и во времени. Применительно к мерзлым породам распределение эффективного сопротивления будет отражать развитие процесса оттаивания или промерзания массива, а распределение эффективной диэлектрической проницаемости позволяет детально локализовать участки наибольшего водонасыщения (фильтрации), либо «окна» не промороженного грунта [2].

В течение ряда лет ООО «Радионда LTD» проводит экспериментальные исследования по разработке и опробованию технологии односкважинного радиоволнового профилирования (ОРВП) и радиоволновой геоинтроскопии (РВГИ) в сложных условиях «высокотемпературной» мерзлоты Западной Якутии с целью изучения влияния водохранилищ на многолетнемерзлые массивы береговой зоны [3, 4].

Некоторые результаты применения и их обсуждение

В качестве примера на рис. 1 и 2 приведены результаты радиоволновых измерений в наблюдательных скважинах с обсадкой из полиэтиленовых труб. Скважины расположены вдоль профиля, ориентированного перпендикулярно береговой линии водохранилища Сытыканского гидроузла. Расстояние между скважинами от 25 до 45 м.

Массив береговой зоны сложен неоднородными трещиноватыми карбонатными породами, разной степени глинистости и представляет собой горизонтально слоистую среду. Не смотря на сильную электрическую контрастность разреза, определяемую литологией, по данным радиоволновых исследований удастся выявить закономерности в изменении электрических свойств пород, связанные с их мерзлоталым состоянием.

На рис. 1 приведены разрезы распределения электрического сопротивления и диэлектрической проницаемости, полученные по

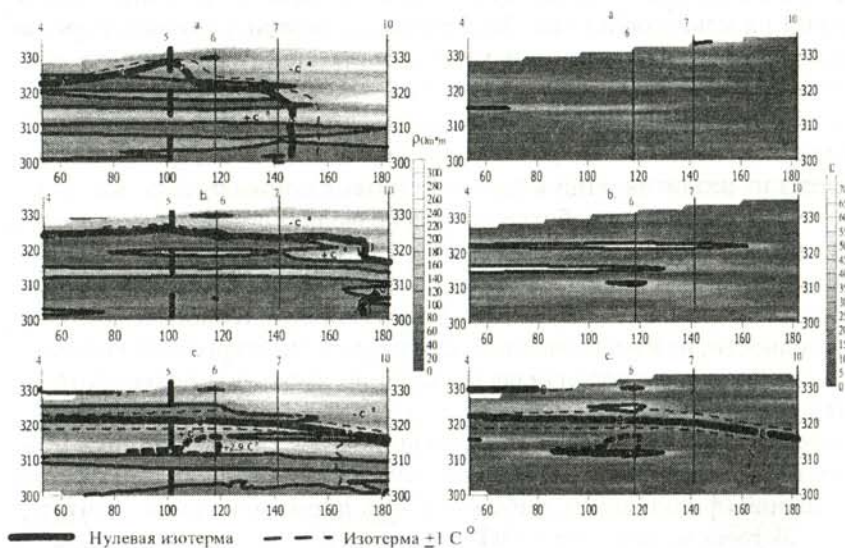


Рис. 1. Разрезы эффективных значений электросопротивления (ρ) и относительной диэлектрической проницаемости (ϵ) вдоль профиля скважин Сытыканского гидроузла: а — март 2001, б — август 2001, в — март 2002

результатам ОРВП в разные периоды времени. Сравнивая результаты, полученные в марте и августе 2001 г., можно увидеть не только общее продвижение «фронта пониженных удельных электрических сопротивлений» по направлению к скважине 10, но и выделить горизонты 309–311 м и 314–317 м и 321–324 м, по которым эти изменения происходят наиболее интенсивно. В августе именно по этим пластам наблюдается резкое понижение сопротивления и отмечены первые положительные значения температуры. Как видно на рисунке нулевая изотерма проходит по подошве пласта высокого сопротивления 324–326 м, а высокий градиент изменения сопротивления отмечает здесь границу мерзлых и талых пород.

На разрезе эффективных значений диэлектрической проницаемости пласты с наиболее высокими значениями ϵ (интервалы 311–314 м и 317–319 м) и локальный участок вблизи скважины 6 в интервале 306–309 м соответствуют областям высокого градиента положительных температур. По этим проницаемым пластам воды Сытыканского водохранилища проникают вглубь берегового массива и в последующем являются как бы «вторичными источниками тепла», распространяя и ускоряя процесс оттаивания мерзлых пород. В марте следующего года при минимальной температуре всего массива пород области с аномально повышенными значениями ϵ сужаются и локализуются вблизи скважины 6 на горизонтах 310–312 м и 322–325 м, что связано с сезонным промерзанием массива. Выделенные интервалы локализуют зоны «круглогодичной» обходной фильтрации воды из водохранилища через первоначально мерзлый массив.

Хорошая корреляция геоэлектрических разрезов с данными температурных наблюдений показывает не только прямую зависимость электрических свойств массива от его мерзлоталого состояния, но и существенно более высокую чувствительность, и разрешающую способность электрических методов.

На рис. 2 представлены результаты исследований пространства между скважинами 7–10 методом радиоволновой геоинтроскопии, которые позволяют судить о неоднородности строения мерзлых пород в межскважинном пространстве. Так, например, на рисунке видно, что породы массива имеют небольшое смещение, связанное с трещиной бокового отпора. Выделение таких областей путем интерполяции односкважинных и каротажных измерений довольно сложно, особенно при больших расстояниях между скважинами.

РАЗДЕЛ III. КОНСТРУКЦИИ, МАШИНЫ И РАЗРАБОТКИ

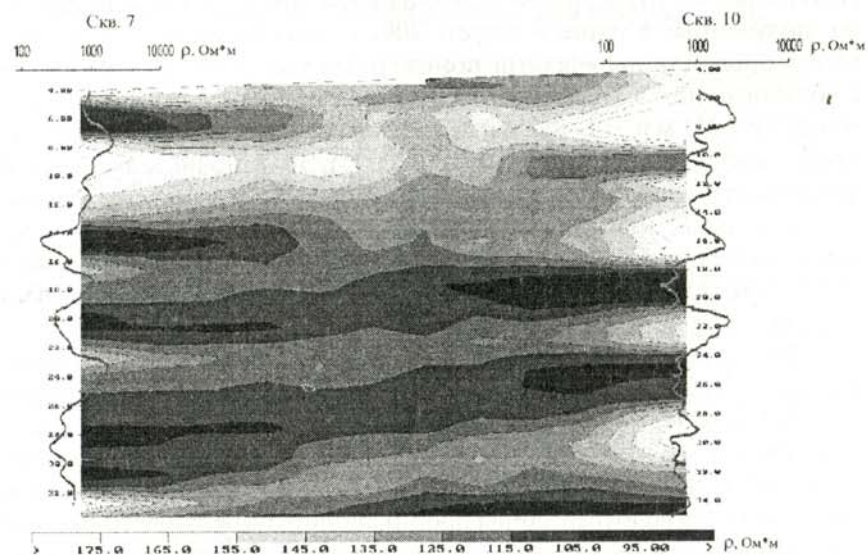


Рис. 2. Геоэлектрический разрез между скважинами 7–10 по данным РВГИ с использованием метода томографического восстановления. Графики — электрическое сопротивление по данным ОРВП

Применительно к мерзлым породам распределение $\rho_{эф}$ отражает развитие процесса оттаивания или промерзания массива, а распределение $\varepsilon_{эф}$ позволяет детально локализовать участки наибольшего водонасыщения (фильтрации).

Второй пример относится к применению межскважинной радиоволновой геоинтроскопии. Рассмотрим результаты исследований между скважинами 76–78 на Вилюйской ГЭС (Саха-Якутия) в 2002 и 2004 годах. Они представлены в виде разрезов распределения эффективных значений электрического сопротивления в межскважинном пространстве между 76 и 78 скважинами, расположенными на правом берегу Вилюйского водохранилища параллельно телу плотины ГЭС (Рис. 3). На разрезах хорошо видна динамика развития процесса фильтрации в правобережном примыкании плотины Вилюйской ГЭС. Следует отметить, что если в 2002 году горизонты талых пород –243 и –232 м локализованы между 76 и 77 скважинами, а интервал –242 ÷ –235 м скорее всего является областью «вялой мерзлоты», то в 2004 году горизонт талых пород распространен вдоль всего профиля. Как видно (рис. 3 б) основным пластом «обходной круглогодичной»

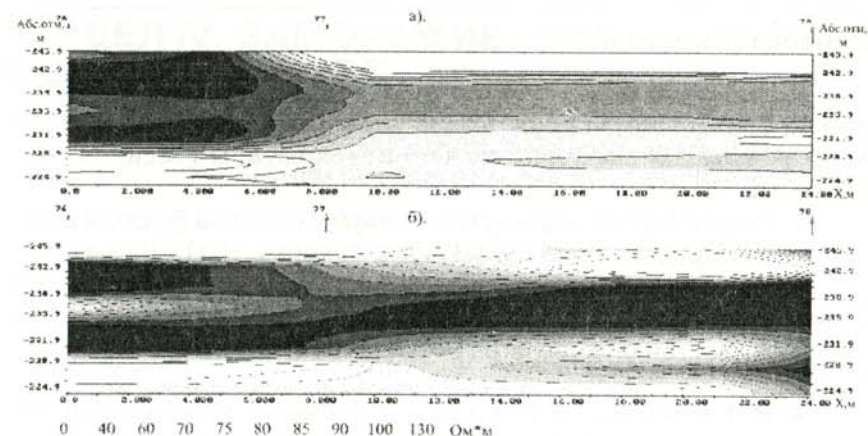


Рис. 3. Геоэлектрический разрез, построенный по данным межскважинного радиопросвечивания: а — в начале марта 2002 года; б — в конце апреля 2004 года

фильтрации является четко выделяемый горизонт 232 м вблизи 76 скважины — –240 м в 78 скважине. Талые породы на глубине –241 ÷ –243 м, как и в 2002 году, локализируются между 76 — 77 скважинами. Ниже по разрезу выделяется интервал с пониженным значением электрического сопротивления. Как видно на рис. 3 а вблизи 78 скважины в 2002 году на отметках –227 ÷ –225 м выделяется пласт, с низкими значениями электросопротивлений. В 2004 (рис. 3 б) году сопротивление пород этого пласта уменьшается по сравнению с 2002 годом, что свидетельствует о развитии процесса оттаивания мерзлых пород. Причем оттаивание происходит между 77 и 78 скважинами, вдали от тела плотины, что связано с развитием обходной фильтрации. Дальнейшие наблюдения позволяют уточнять и контролировать динамику этого процесса.

Использование комплекса скважинных геофизических методов: межскважинного и околоскважинного радиопросвечивания, гамма каротажа и термометрии может стать эффективным средством решения геокриологических задач по выявлению и оконтуриванию различного рода неоднородностей в массивах мерзлых пород, участков развития фильтрации, участков повышенной льдистости и т. п., а также для эколого-геофизического мониторинга изменения их физических свойств в реальном масштабе времени.

Список литературы

1. С. А. Великин, А. М. Снегирев, А. Д. Фролов. Эколого-геофизический мониторинг в криолитозоне. Международная геофизическая конференция. 300 лет горно-геологической службы России. Санкт-Петербург, 2000. С. 620–621.
2. Фролов А. Д. Электрические и упругие свойства мерзлых пород и льдов. Пушино, изд. ПНЦ РАН, 1998, 515 с.
3. Фролов А. Д., Истратов В. А., Лысов М. Г., Остапчук С. И. Радиоволновая геоинтроскопия мерзлых массивов. Материалы второй конференции геокриологов России, том 4, М., изд-во МГУ, 2001. С. 290–299.
4. В. А. Истратов, А. О. Кучмин, А. Д. Фролов. Возможности технологии межскважинной радиоволновой геоинтроскопии при контроле состояния частично мерзлых массивов. Материалы IX научно-технической конференции «Актуальные проблемы механики прочности и теплопроводности при низких температурах» Международная академия холода. Санкт-Петербург, 2003.

РАЗДЕЛ IV. ЗАМОРАЖИВАНИЕ ГРУНТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 621.332.3; 621.315.66

ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО ЗАКРЕПЛЕНИЮ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ В ПУЧИНИСТЫХ ГРУНТАХ ПУТЕМ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ИХ**В. Г. Кондратьев, З. Б. Дашинимаев**

ТрансИГЭМ, г. Москва ■

Известно [1], что влажные рыхлые отложения сезонно-талого (СТС) или сезонно-мерзлого (СМС) слоев при осенне-зимнем промерзании увеличиваются в объеме, т. е. пучатся. При весенне-летнем оттаивании объем их уменьшается, происходит осадка пород СТС и СМС. Эти процессы, повторяющиеся из года в год, выпучивают (вымораживают) опоры контактной сети, столбы, или любые другие твердые тела из пучинистых грунтов СТС и СМС. Опоры, установленные на откосах, склонах и косогорах, под воздействием сил пучения испытывают не только вертикальные, но и значительные горизонтальные смещения [5]. На опоры контактной сети действуют также эксплуатационные нагрузки, особенно на кривых малого радиуса, ускоряющие потерю устойчивости опор.

Если опора заглублена в многолетнемерзлую толщу, то ее выпучиванию кроме силы трения боковой поверхности опоры с тальми (непромерзшими) грунтами и веса опоры противодействуют силы смерзания боковой поверхности опоры с многолетнемерзлыми породами. Если эти удерживающие силы превышают суммарное воздействие сил выпучивания и эксплуатационных нагрузок сохраняет устойчивость.

Следовательно, для повышения устойчивости опор на участках многолетней мерзлоты и сильнопучинистых сезонно-талых грунтов, необходимо, во-первых, уменьшать силы выпучивания опоры путем уменьшения сил смерзания грунтов СТС с боковой поверхностью опоры, а также сокращения мощности и влажности СТС; во-вторых, увеличивать противодействующие силы смерзания боковой поверхности опоры с многолетнемерзлыми породами.