

Особенности свойств ледяного покрова содового озера на частоте 13,7 ГГц

А.А. Гурулев, Ю.В. Харин, П.Ю. Лукьянов, К.А. Щегрина

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН
672014, Чита, ул. Недорезова, 16а, а/я 521
E-mail: lgc255@mail.ru*

При радиопросвечивании ледяного покрова содового озера Доронинское, расположенного в Забайкальском крае, на частоте 13,7 ГГц была обнаружена анизотропия излучения. Принимаемый сигнал на горизонтальной поляризации оказался значительно больше сигнала на вертикальной поляризации. Данный эффект связан с существованием большого количества капилляров в ледяном покрове, которые расположены преимущественно в вертикальном направлении. Анизотропию излучения в СВЧ диапазоне необходимо учитывать при дистанционном исследовании ледяных покровов, обладающих повышенной минерализацией (морской лед, лед соленых водоемов).

Ключевые слова: ледяной покров, микроволновое излучение, анизотропия поглощения.

Введение

При дистанционном зондировании природных объектов из космоса в СВЧ-диапазоне необходимо знание диэлектрических свойств исследуемых объектов. Одним из методов определения электромагнитных потерь является определение коэффициента поглощения среды при прохождении сигнала сквозь объект. Однако при таком методе исследования проявляются определенные трудности. В частности в работах (*Бордонский и др., 2006, 2008*) показано, что мощность электромагнитного сигнала проходящего сквозь пресный ледяной покров существенно зависит от многих внешних факторов, в том числе и температуры ледяного покрова. Что же касается электромагнитных свойств льда соленых льдов, в частности морского льда, то при его радиопросвечивании была обнаружена анизотропия излучения (*Богородский и др., 1983*). Однако особенности данного явления не были достаточно подробно изучены. Кроме того, существует вопрос: будет ли наблюдаться этот эффект при радиопросвечивании ледяного покрова содовых озер.

Методика измерений и объект исследования

Для выявления особенностей прохождения СВЧ-излучения сквозь ледяной покров в течение длительного промежутка времени были выполнены натурные измерения на содовом озере Доронинское, расположенном в Забайкальском крае, с исходной минерализацией вод 35 г/л. Внешний вид данного озера показан на фото (рис. 1). Данное озеро является уникальным, поскольку содовые водоемы в мире встречаются исключительно редко, тем более покрывающиеся в зимний период ледяным покровом. Площадь данного водоема составляет около 6 км².

Для натурных измерений нами был оборудован небольшой отапливаемый домик в котором устанавливалась измерительная аппаратура. Измерения выполнялись в конце февраля 2010 и 2011 года, при толщине льда 120 см. Толщина снежного покрова составляла 15–20 см.

Для определения температуры ледяного покрова нами устанавливались терморезисторы по глубине ледяного покрова. Также устанавливались датчики для определения проводимости льда на различных глубинах. Концентрация солей в ледяном покрове определялась кондуктометрическим методом путем растапливания образцов льда.



Рис. 1. Озеро Доронинское в зимний период времени. Стрелкой обозначено место проведения измерений

При измерениях прохождения СВЧ-излучения сквозь ледяной покров нами внутри ледяного покрова на глубине 40 см от поверхности помещали генератор на частоту 13,7 ГГц, на расстоянии 1,5 метра от генератора помещали радиометрический приемник на ту же частоту. Излучение осуществлялось на круговой поляризации, а прием велся на 12-ти линейных поляризациях. Непрерывная запись проходящего излучения осуществлялась в течение пяти дней. Схема экспериментальной установки показана на рис. 2.

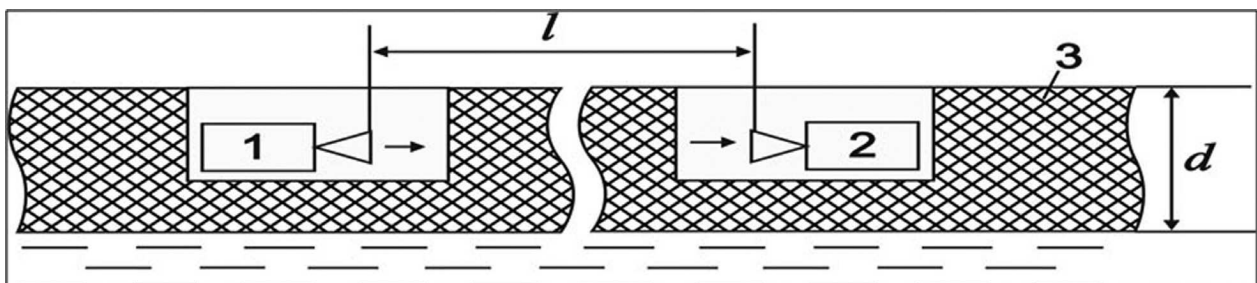


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для исследования прохождения электромагнитных волн в ледяном покрове. 1 – СВЧ-генератор; 2 – радиометрический приемник; 3 – ледяной покров

Результаты измерений

Результат измерений концентрации солей в ледяном покрове показан на рис. 3. Как видно из данного графика, существует два экстремума. Причем, как показали измерения проводимости льда, существует вертикальное движение экстремумов. Данный факт свидетельствует о наличии вертикальных каналов внутри ледяного покрова, по которым происходит движение рассола. Кроме того, о движении жидкости в капиллярах, свидетельствуют результаты измерения проводимости льда на различных глубинах, а также образование при определенных атмосферных условиях корки кристаллогидратов солей на поверхности ледяного покрова. Данные солевые скопления местное население называет гуджиром, в его химическом составе преобладает сода и хлористый натрий.

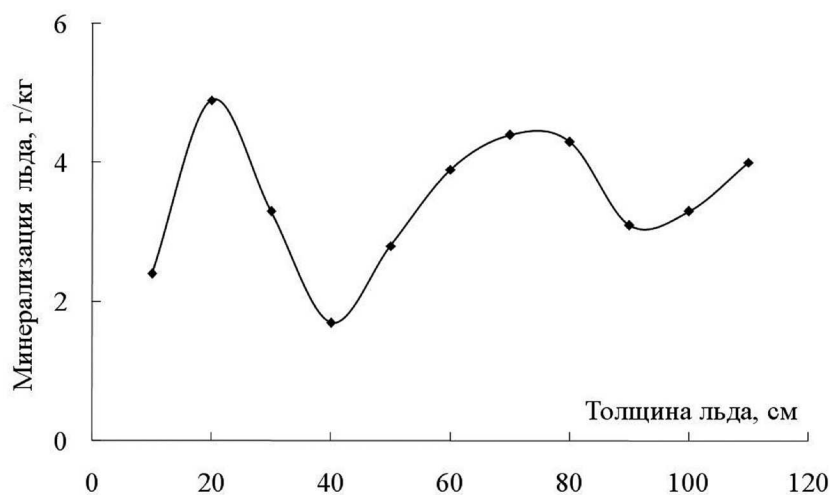


Рис. 3. Распределение солей по высоте ледяного покрова оз. Доронинское

Что касается температуры внутри ледяного покрова, то она в течение периода измерений существенно не менялась, что показано на рис. 4. Значительные изменения температуры испытывал лишь поверхностный слой льда до толщины льда в 20 см. Данные изменения не должны существенным образом влиять на вариации мощности проходящего СВЧ-излучения в течение периода наблюдения.

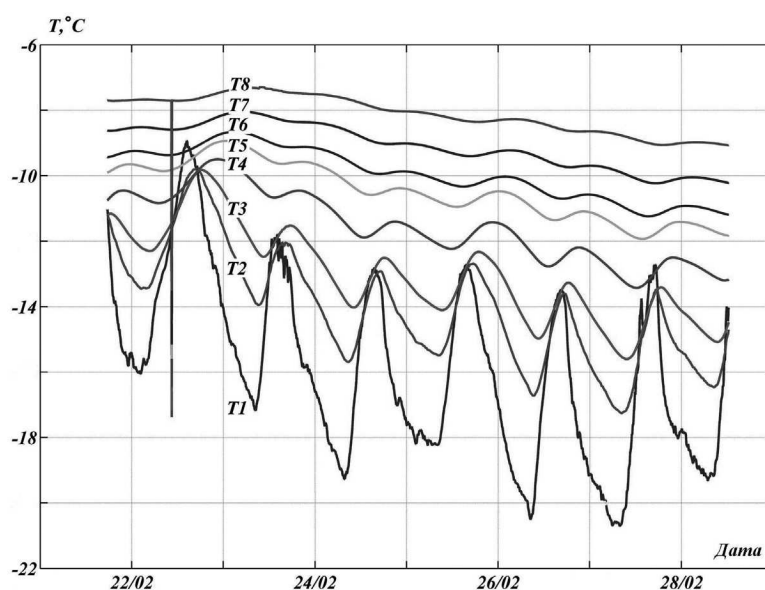


Рис. 4. Суточный ход температуры льда на разных глубинах. T1 соответствует температуре поверхностного слоя льда, T2 и т.д. - температуре с шагом 5 см в глубь ледяного покрова

Изменение мощности проходящего электромагнитного излучения для четырех линейных поляризаций на частоте 13,7 ГГц показано на рис. 5. Как видно из полученных графиков, наблюдаются суточные вариации мощности излучения. Кроме того, был обнаружен дихроизм излучения. Принимаемый сигнал на горизонтальной поляризации оказался значительно больше сигнала на вертикальной поляризации.

Также измерение мощности проходящего излучения на двух ортогональных линейных поляризациях выполнялись и для длины волны 18 см, при этом дистанция между приемником и передатчиком электромагнитных волн составляла 10 метров. Дихроизм был обнаружен и для этой длины волны.

Выводы

В ледяном покрове существуют вытянутые структуры в виде капилляров, которые заполнены жидкостью. СВЧ-излучение, проходящее сквозь такую структуру, обладает анизотропией излучения, причем данный эффект будет проявляться довольно в широком интервале частот. Также наблюдаются суточные вариации проходящего СВЧ-излучения, которые не связаны с суточной вариацией температуры, т.к. температура ледяного покрова в толще существенно не меняется.

Поляризационные характеристики излучения является чутким индикатором гидрохимических процессов происходящих в водоемах с повышенной минерализацией, что можно использовать при их исследованиях.

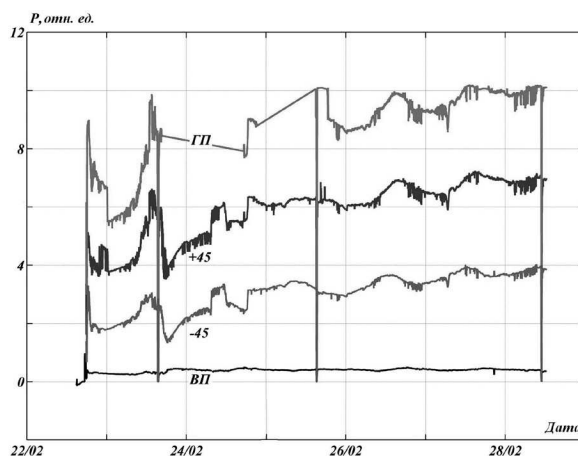


Рис. 5. Проходящее излучение на частоте 13,7 ГГц на вертикальной (ВП), горизонтальной (ГП) поляризациях и поляризациях, повернутых под углом 45° к горизонту

Литература

1. Бордонский Г.С., Гурулев А.А., Крылов С.Д., Цыбикжапов А.Ц., Цыренжапов С.В. Обнаружение «новых» волн Гинзбурга-Пекара во льду в микроволновом диапазоне // Журнал технической физики 2006. Т.76. №5. С. 94–97.
2. Бордонский Г.С., Гурулев А.А. Крылов С.Д., Цыренжапов С.В., Орлов А.О. Особенности электромагнитных свойств льда и радиозондирование объектов криосферы//Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Вып. 6. Т. 1. С. 322–326.
3. Богородский В.В., Бенгли Ч., Гудмансен П. Радиогляциология. Л.: Гидрометеиздат. 1983. 312 с.

Features of the properties of Ice soda lake at a frequency of 13.7 GHz

A.A. Gurulev, Y.V. Kharin, P.Y. Lukyanov, K. A. Schegrina

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of SB RAS
672014, Chita, 16a, Nedorezova str.
E-mail: lgc255@mail.ru*

The anisotropy of electromagnetic losses at radio transparency sounding of the ice cover Soda Lake Doroninskoe, located in the Trans-Baikal region, at a frequency of 13.7 GHz was observed. The received signal at the horizontal polarization was significantly greater than the signal at vertical polarization. This effect is due to the existence of a large number of capillaries in the ice cover, which are located mainly in the vertical direction. Anisotropy of the losses in the microwave range must be considered in the investigation of remote ice sheets, with high salinity (sea ice, salt water, ice cover).

Keywords: ice cover, microwave radiation, anisotropy of losses.