

## Анизотропия затухания проходящего СВЧ-излучения внутри ледяного покрова содового озера

Бордонский Г.С., Гурулев А.А., Крылов С.Д., Орлов А.О., Цыренжапов С.В.

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

*При измерении проходящего СВЧ-излучения в ледяном покрове содового озера на длинах волн 2,3 см и 18 см была обнаружена анизотропия, которая проявлялась в том, что проходящее СВЧ-излучение на горизонтальной поляризации значительно превосходило по мощности излучение на вертикальной поляризации.*

*When measuring the transmitted microwave radiation at wavelengths of 2.3 cm and 18 cm was detected anisotropy, which was manifested in the fact that passing microwave radiation on a horizontal polarization is much greater than the power of the transmitted radiation on the vertical polarization.*

Для изучения изменения микроволновых свойств ледяного покрова содового озера Доронинское были выполнены натурные измерения в течение длительного промежутка времени. Данное озеро расположено в Забайкальском крае, имеет исходную минерализацию вод 35 г/л и является уникальным, поскольку содовые водоемы в мире встречаются исключительно редко, тем более покрывающиеся в зимний период ледяным покровом. Площадь данного водоема составляет около 6 км<sup>2</sup>. Ранее эпизодические измерения микроволновых свойств льда оз. Доронинского было выполнено в работе [1]

Для натурных измерений нами был оборудован небольшой отапливаемый домик, в котором устанавливалась измерительная аппаратура. Измерения выполнялись в конце февраля 2011 года, при толщине льда 120 см и толщине снежного покрова 15-20 см. Изучали прохождение СВЧ-излучения сквозь ледяной покров параллельно поверхностям раздела сред. Для этого внутри ледяного покрова на глубине 40 см от поверхности помещали генератор на частоту 13,7 ГГц, а на расстоянии 1,5 метра от генератора помещали радиометрический приемник. Излучение осуществлялось на круговой поляризации, а прием велся на четырех линейных поляризациях. Непрерывная запись проходящего излучения осуществлялась в течение пяти суток. По такому же принципу осуществлялось измерение проходящего излучения на длину волны 18 см, однако при этом излучение осуществлялось на горизонтальной поляризации.

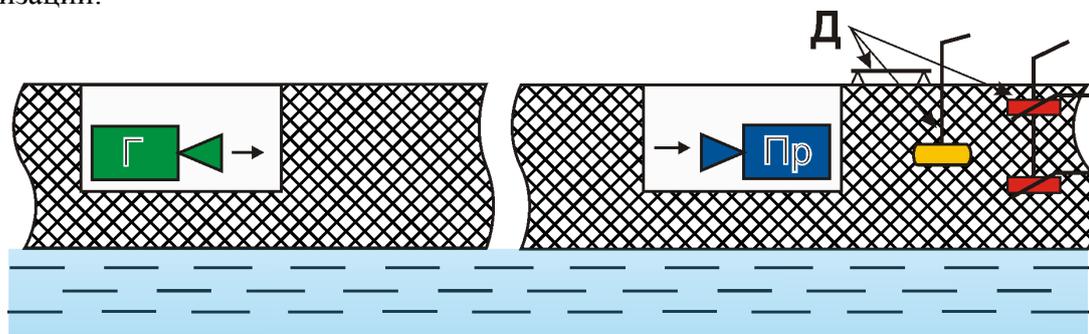


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. Г – генератор э/м излучения, Пр – радиометрический приемник, Д – датчики температуры ледяного покрова.

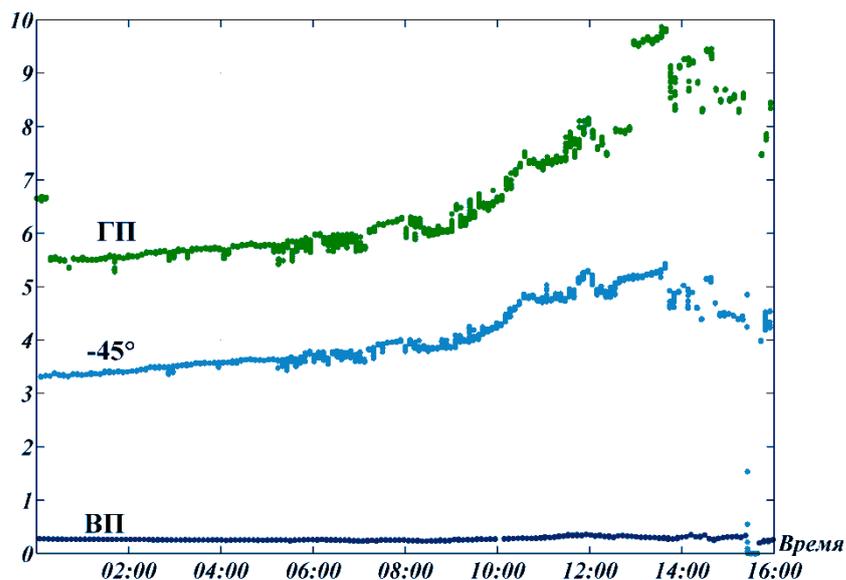
Для определения температуры ледяного покрова внутри ледяного покрова устанавливались терморезисторы на разных высотах при непосредственном вмораживании термодатчиков в лед. Также устанавливались датчики для определения проводимости льда на различных глубинах. Концентрация солей в ледяном покрове определялась кондуктометрическим методом путем растапливания образцов льда. Средняя концентрация солей в ледяном покрове по измерениям изменялась от 2 до 4 г/кг в зависимости от глубины расположения пробы. Причем, как показали измерения проводимости льда, существует вертикальное движение солевых включений, что говорит о существовании вертикальных каналов.

Кроме того, о наличии вертикальных каналов во льду, по которым происходит движение солевых включений, свидетельствуют данные измерения проводимости льда на различных глубинах, а также образование при определенных атмосферных условиях корки кристаллогидратов солей на поверхности ледяного покрова.

Измерения температуры ледяного покрова показали, что суточные вариации практически отсутствуют на глубинах около 20 см, поэтому температура внутри ледяного покрова существенно не изменяется в течение суток.

На рис. 2 показан фрагмент записи проходящего электромагнитного излучения на длине волны 2,3 см для трех линейных поляризаций: ГП - горизонтальной поляризации, ВП - вертикальной поляризации и поляризации повернутой на угол  $45^\circ$  от горизонтальной плоскости.

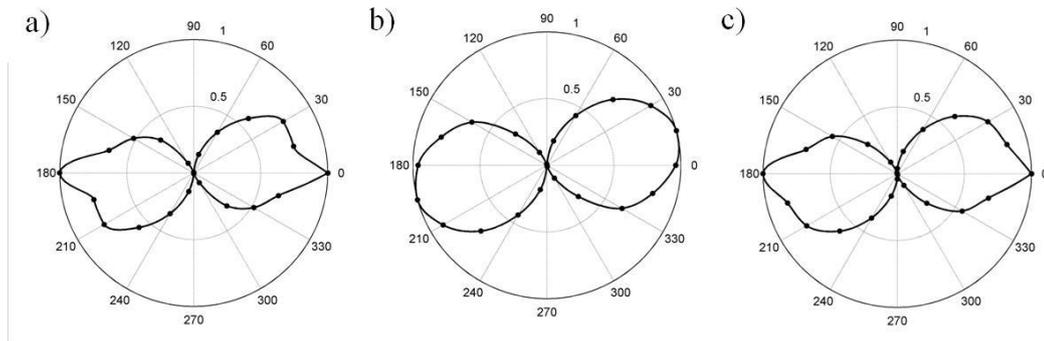
*P, отн.ед.*



**Рис. 2. Проходящее излучение на длине волны 2,3 см на вертикальной (ВП), горизонтальной (ГП) поляризациях и поляризации, повернутой под углом  $45^\circ$  к горизонту. 23 февраля 2011 год.**

Как видно из полученных экспериментальных графиков, наблюдаются суточные вариации мощности излучения. Кроме того, наблюдали дихроизм электромагнитных потерь. Принимаемый сигнал на горизонтальной поляризации оказался по мощности значительно больше сигнала на вертикальной поляризации. Данный эффект можно связать с существованием большого количества капилляров в ледяном покрове, которые расположены преимущественно в вертикальном направлении, что является характерной особенностью не только исследуемого водоема, но и морского льда [2]. Дихроизм был обнаружен также и на частоте 1,6 ГГц. Расстояние между приемником и передатчиком составляло 10 метров. Примеры поляризационных диаграмм для

регистрируемой мощности излучения, из которых следует существование дихроизма излучения, на длине волны 2,3 см показаны на рис. 3.



**Рис.3. Поляризационные диаграммы при зондировании ледяного покрова на длине волны 2,3 см. Даты: а) – 22.02.2011; б) – 23.02.11; в) – 27.02.11.**

Таким образом, поляризационные характеристики ледяного покрова содовых озер при распространении излучения параллельно границам сред могут использоваться как индикаторы гидрохимических процессов, происходящих в водоемах.

### **Литература**

1. Бордонский Г.С., Крылов С.Д. Миграция солевых включений в ледяных покровах озер Забайкалья // Известия РАН Серия Географическая. -2000. -№4. – С. 98 — 102.
2. Богородский В.В., Хохлов Г.П. Анизотропия диэлектрической проницаемости и удельного поглощения арктического дрейфующего льда в диапазоне СВЧ // Журнал технической физики. – 1977. – Т. 47. - №6. – С. 1301 – 1305.