

ГИГАНТСКИЕ РАДИОДЕТЕКТОРЫ ПРОНИКАЮЩИХ ЧАСТИЦ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ – ТОЛЩИ ЛЬДА С РАДИОМОДУЛЯМИ. ПЕРЕДВИЖЕНИЕ МОДУЛЕЙ ВО ЛЬДАХ В МОЩНЫХ СВЧ ЛУЧАХ

Г.А.Аскарьян

Рассмотрены возможности простого создания гигантских регистраторов частиц высокой энергии в толщах льда путем внедрения и размещения приемных станций дистанционным лучевым воздействием мощных СВЧ лучей. Отмечена возможность использования такого нового вида движения – лучевого льдоплавания – в физических и геофизических исследованиях.

Создание гигантских детекторов редких проникающих частиц высоких энергий (мю-мезоны, нейтрино и т.д.) в больших объемах природных сред крайне желательно для развития физики элементарных частиц, астрофизики, ядерной физики и теории относительности.

В работах^{1–2} был предложен способ регистрации таких частиц по радиоизлучению от каскадов, создаваемых этими частицами: в каскадах был выявлен¹ избыточный движущийся отрицательный заряд, связанный с избытком электронов из-за комптон эффекта, дельта-электронов и аннигиляции позитронов на лету. Избыток частиц одного знака порождает когерентное усиление радиоизлучения черенковского или переходного типа.

В качестве подходящих слоев рабочих сред больших объемов были предложены^{1,2} такие природные среды, как лед, горные породы, сухой песок и т.д., обладающие малым поглощением радиоволн.

Высокая радиопрозрачность льда при пониженных температурах была известна еще с конца 40-х годов. В работе Дж.Лэмба³ были измерены тангенсы потерь $\operatorname{tg} \delta \approx 10^{-4} \div 10^{-5}$ при температурах $T < -50^{\circ}\text{C}$ даже для частот 10^{10} Гц. Так как длина поглощения $L_a \approx \lambda'/\operatorname{tg} \delta$, то можно было одним модулем прослушивать объем до км^3 . Отметим, что такие условия характерны как для антарктических, так и для некоторых арктических областей⁴.

Ввиду того, что наибольший интерес представляют частицы, идущие в направлениях, близко к вертикали, а черенковские углы не малы $\sin \theta = \sqrt{\frac{\epsilon \beta^2 - 1}{\epsilon \beta^2}} \approx \sqrt{\frac{\epsilon - 1}{\epsilon}} \approx 0,84$, т.к. диэлектрическая проницаемость льда $\epsilon \approx 3$, то желательно иметь приемно-передающие модули не только на поверхности слоя льда, но и в его объеме.

Рассмотрим возможности движения модуля в толще льда в лучах мощного СВЧ радиоизлучения.

Движение тела внутри льда в лучах мощных СВЧ радиоволн. Если на поверхности слоя находится генератор СВЧ излучения средней мощностью $P \approx 100 \text{ кВт}$ с размерами излучающей зоны $D \approx 10 \text{ м}$ и длиной волны излучения λ , то на глубине L можно получить пятно сфокусированного луча размером $a_F \approx L\lambda/D \approx 30 \text{ см}$ при $L \approx 3 \cdot 10^2 \text{ м}$ и $\lambda \approx 1 \text{ см}$. При этом в фокальном пятне плотность мощности $I \approx P/\pi a_F^2 \approx 10^2 \text{ Вт}/\text{см}^2$.

Если часть боковой поверхности модуля имеет пластины, поглощающие СВЧ излучения, то они будут нагреваться и плавить лед вблизи себя. Например, пластина сверху, имеющая тепловой контакт с дном может обеспечить плавление льда под и над модулем. Такое плавление приведет к послойному вытеснению жидкости и опусканию модуля (если его средняя плотность больше плотности льда) или к поднятию модуля (если его плотность меньше плотности льда). Скорость вертикального движения v можно оценить, полагая $J \approx \rho \Lambda v$, где ρ – плотность, Λ – удельная теплота нагрева и плавления льда. Например при $\Lambda \approx 100 \text{ кал}/\text{г}$, $v \approx 3 \text{ мм}/\text{с} \approx 3 \cdot 10^2 \text{ м}/\text{день}$. Горизонтальное движение может быть обеспечено наклонными крыльями, выдвигаемыми по кодированному сигналу или несимметричным воздействием.

Отметим, что можно просто изолировать внутренние радиоприемные и передающие устройства от мощного излучения, используя запредельные волноводы (не впускающие мощное из-

лучение внутрь) или резонансные поглотители, поглощающие только на частоте мощного генератора.

Отметим также, что возможны движения, связанные с несимметричным нагревом, с перегревами, создающими давление, связанное не только с плавлением льда, но и с вскипанием воды и образованием пара, особенно при импульсно-периодическом воздействии.

По нашему мнению, предлагаемый метод может облегчить и упростить создание гигантских регистраторов, особенно ввиду тяжелых условий работ при низких температурах.

Движение объектов в толще льда в лучах СВЧ можно использовать также в геофизических экспериментах, для взятия проб реликтового льда и донного грунта, сборания метеоров в глубине и т.д.

Укажем попутно, что в последние годы появились статьи Железных И.М. с соавторами (см., например, ⁵ и ссылки), посвященные регистрации мюонов в нейтрино по радиовсплескам от каскадов, в которых утверждается, что мы предложили регистрировать ливни, а не частицы, их вызывающие. Также утверждается, что впервые в ⁵ (стр. 569) предложен в качестве рабочей среды лед. В действительности мы предложили именно регистрацию проникающих частиц (см. ¹ с. 617) и прямо указали лед в качестве рабочей среды (см. ², с. 990). Причем задолго до этого была известна радиопрозрачность льда при пониженных температурах.

Литература

1. Аскарьян Г.А. ЖЭТФ, 1961, **41**, 616.
2. Аскарьян Г.А. ЖЭТФ, 1965, **48**, 988.
3. J.Lamb. Trans. Faraday Soc. 1946, Vol. XLII A, Dielectrics. p. 238.
4. Богословский В.В. и др. Радиогляциология. Л.: Гидрометеоиздат, 1983.
5. Zheleznykh I.M. et al. Proc. XI Intern. Confer. on Neutrino Phys. and Astrophysics, June 1984 Dortmund. Ed. K.Kleinknecht, p. 568.

Институт общей физики
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
9 ноября 1989 г.