**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО ОПРЕДЕЛЯЕМОГО РАДИО ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВНЕЗАПНЫХ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

**Л.С. Варзарь1, А.М. Падохин1**

E-mail: varzar.ls18@physics.msu.ru

1Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Одной из актуальных задач современной геофизики является исследование ионосферных возмущений, вызванных высокоэнергетическими геофизическими событиями, такими как солнечные вспышки, геомагнитные бури, протонные высыпания, гамма-вспышки, солнечные затмения, разряды молний и землетрясения. Данные явления оказывают существенное воздействие на D–слой ионосферы, изучение которого затруднительно из-за малой электронной концентрации [1]. Эффективным методом его изучения является зондирование в различных диапазонах частот. Сигналы ОНЧ, передаваемые мощными наземными радиостанциями, распространяются в волноводе Земля — ионосфера, верхней границей которого является D–слой. Вариации электронной концентрации в D–слое, вызванные внезапными ионосферными возмущениями, приводят к изменению параметров волновода и могут быть зарегистрированы в амплитудных и фазовых характеристиках ОНЧ сигналов. Помимо этого, внезапные ионосферные возмущения в D–слое могут быть эффективно зарегистрированы в вариациях коэффициента поглощения галактического КВ радиошума.

В данной работе используется популярный в настоящее время благодаря наличию свободной среды разработки GNURadio [2] программно ориентированный подход к построению приемника — детектора внезапных ионосферных возмущений. После оцифровки сигнала с помощью АЦП основная обработка происходит в цифровом виде с использованием мощностей компьютера. Идея детектирования возмущений в обоих случаях заключается в определении значимых отклонений амплитуды принятых сигналов (мощной радиостанции в случае ОНЧ детектора и космического радиошума в случае КВ детектора) от так называемой «кривой спокойного дня», что приводит к сходной программной реализации детекторов. В работе обсуждаются блок-схемы разработанных в среде GNURadio приемников и полученные с их помощью примеры детектирования ионосферного отклика на солнечные вспышки и частичное солнечное затмение.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Митра А. // Воздействие солнечных вспышек на ионосферу Земли. М., 1977
2. URL: <https://www.gnuradio.org/>
3. Vierinen, J., Norberg, J., Lehtinen, M. S., Amm, O., Roininen, L., Väänänen, A., Erickson, P. J., and McKay-Bukowski, D. (2014), Beacon satellite receiver for ionospheric tomography, *Radio Sci.*, 49, 1141– 1152, doi:[10.1002/2014RS005434](https://doi.org/10.1002/2014RS005434).
4. M. Leech. Science without Hardware: Building an SDR SID Receiver in an Afternoon, SARA Proceedings, Mar. 20-21, 2010