

---

## Синхронизация передаваемых по радиоканалу данных от сейсмической сети Республики Дагестан

*Т.Г. Асланов<sup>1</sup>, Ю.А. Сидоркина<sup>2</sup>, Х.Д. Магомедов<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Дагестанский государственный технический университет*

*<sup>2</sup>Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*<sup>3</sup>ДФ ФИЦ ЕГС РАН*

**Аннотация:** Статья посвящена вопросам организации передачи данных от сейсмостанций по радиоканалу. Проведен анализ шумо- и помехозащищенности систем фазовой автоподстройки частоты, а также влияние шумов на синхронизацию сигналов по времени.

**Ключевые слова:** землетрясение, передача данных, синхронизация, кодирование, частота, шум, помеха, преломление, время.

### Введение

В настоящее время существуют программы, позволяющие по типам застроек, плотности населения, времени суток и т.д. определить число жертв произошедших землетрясений, что позволяет оперативно решить вопрос о количестве привлекаемых к спасательным работам людских и материальных ресурсов [1-3].

Для оценки потерь необходимо в реальном масштабе времени определить энергетические характеристики землетрясения, основными из которых являются магнитуда, энергетический класс землетрясения и интенсивность [4]. Для получения указанных данных требуется локализовать сейсмическое событие, используя информацию о разности времен пробега продольной и поперечной сейсмических волн, а также получить сведения о максимальных амплитудных значениях сейсмических волн.

На сегодняшний день, полученные на сейсмических станциях данные направляются при помощи проводных каналов связи, либо по каналам GSM.

Использование перечисленных методов организации передачи данных имеет ряд существенных недостатков, среди которых следует отметить отсутствие возможности размещения сейсмических станций в

---

труднодоступных районах, где обеспечение связи невозможно по ряду причин:

- отсутствие в непосредственной близости населенных пунктов, для прокладки от них до сейсмических станций проводных линий связи;
- естественные преграды по пути распространения сигналов стандарта GSM;
- проблемы передачи данных при возникновении сейсмического события, за счет механических повреждений линий связи и повышенной их нагрузки абонентами.

### **Методы исследования**

Для исследования в настоящей статье были выбраны шесть частот для передачи данных, относящиеся к любительскому и радиовещательным диапазонам радиочастот –  $136n$  кГц, где  $n$  изменяется в пределах от 1 до 7 (за исключением частоты 408 кГц).

Для исследования передачи сейсмических данных была использована компьютерная модель [5], реализованная в пакете прикладных программ Matlab приведенной на рис. 1.

На рис. 1 на систему передачи данных воздействует как шум, так и узкополосная помеха, а за счет изменения электронного состава тропосферы еще и задержки сигналов, вызванных преломлением и отражением сигналов, использующих различные частоты на различных высотах. В предлагаемой схеме для передачи данных использованы три генератора частот, которые манипулируется одной и той же информацией, после передачи через канал связи, все сигналы проходят через три схемы Костаса [6-8], с выхода схем Костаса сигналы поступают на блок синхронизации сигналов по времени. Синхронизация сигналов по времени осуществляется с использованием свертки двух сравниваемых сигналов для определения задержки сигналов.

После синхронизации сигналов, сигналы складывались и полученный результат подавался на пороговое устройство.

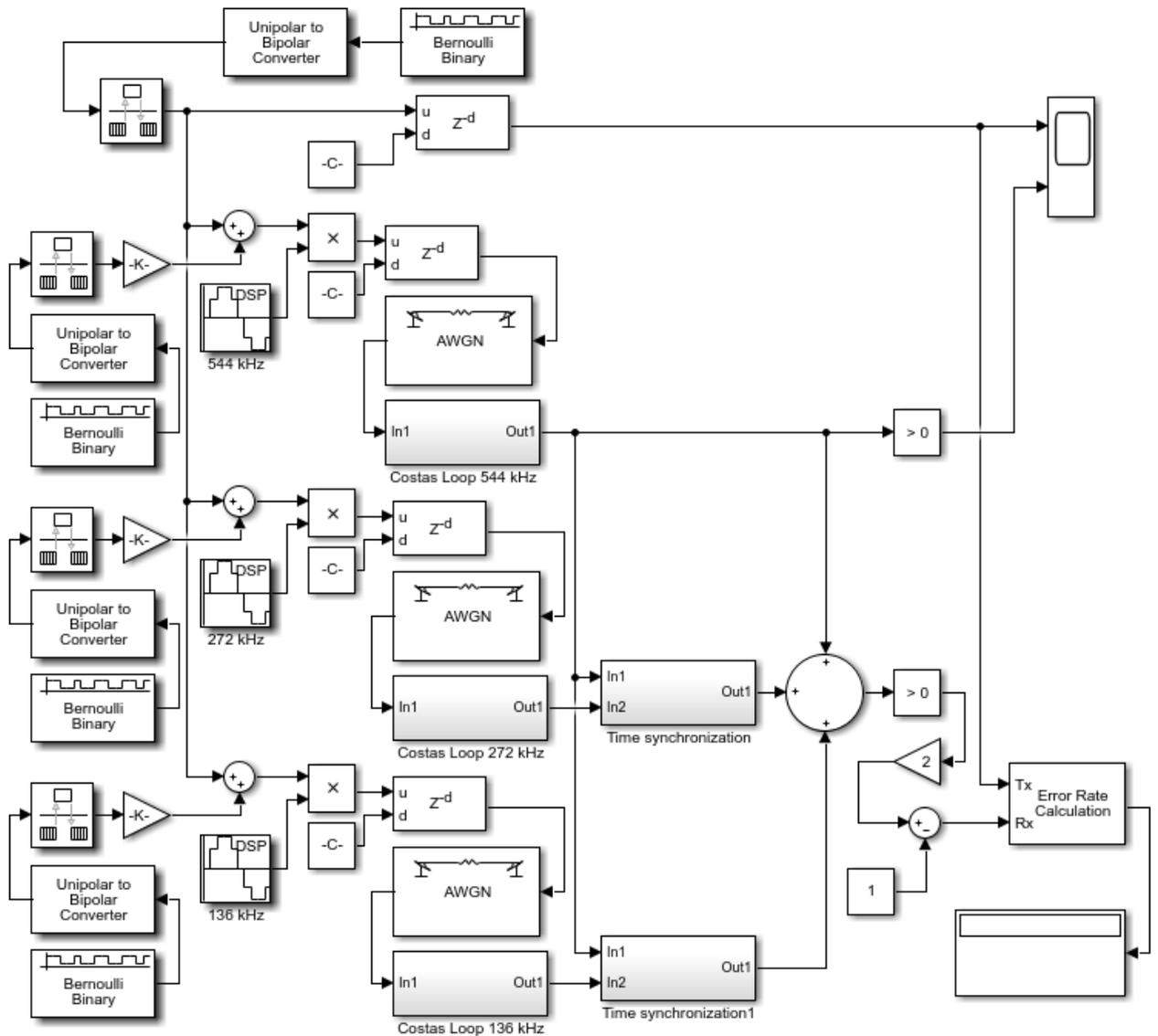


Рис. 1. – Схема предлагаемой передачи данных

На рис. 2 приведена зависимость частоты возникновения битовых ошибок от отношения сигнал / шум и сигнал / помеха.

На рис. 3 приведена зависимость отношения сигнал / шум от смещения сигналов друг относительно друга при синхронизации по времени. На рис. 3, кривой 1 соответствует синхронизация при значении длины выборки, используемой для свертки, равной 62,5 битам, кривой 2 – 125 битам, кривой

3 – 250 битам, кривой 4 – 500 битам. При моделировании сигналы, модулирующие один бит, были разбиты на 100 равных частей. Следует отметить, что кривые ограничены в левой части графика, т.к. смещения сигналов равны нулю, а в правой части происходит срыв синхронизации по времени.

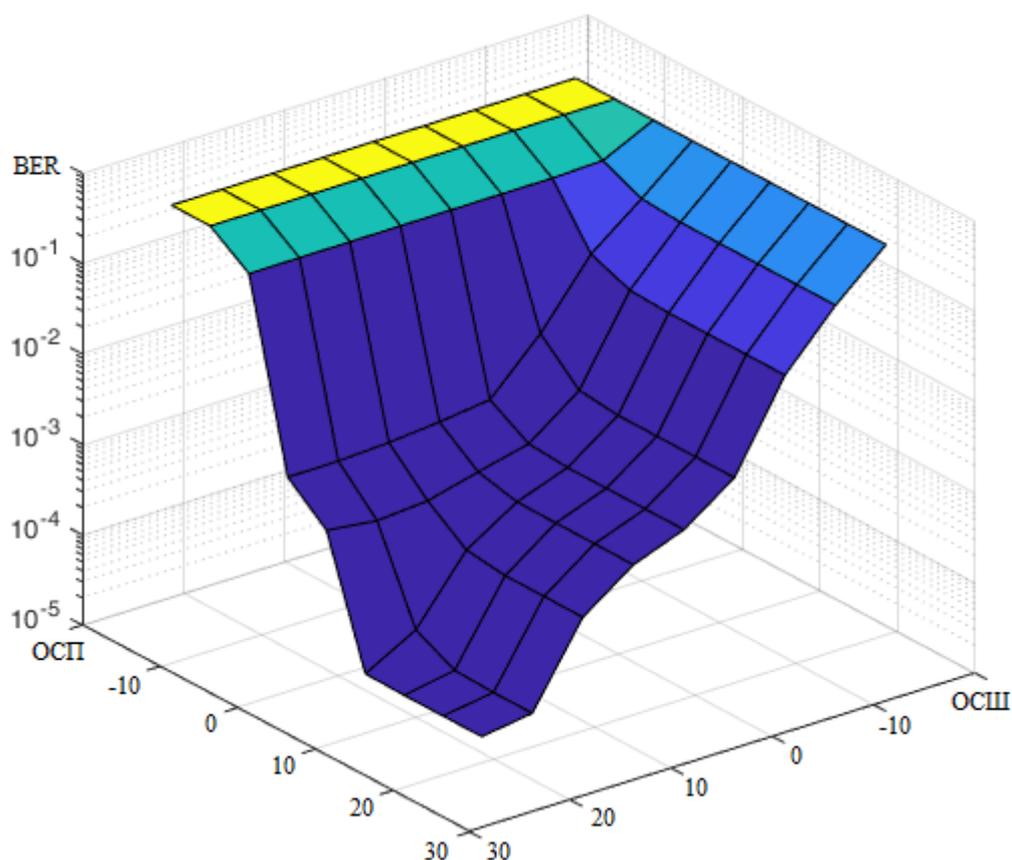


Рис. 2. – Зависимость вероятности битовой ошибки от ОПС и ОСШ

Так как при передаче сейсмических данных используются низкочастотный и среднечастотный диапазоны, то при организации передачи данных, из-за длительности передачи пакета данных возможно наложение нескольких сигналов в приемнике. Для различия сигналов друг относительно друга возможно использование либо частотного разделения сигналов, либо временного разделения.

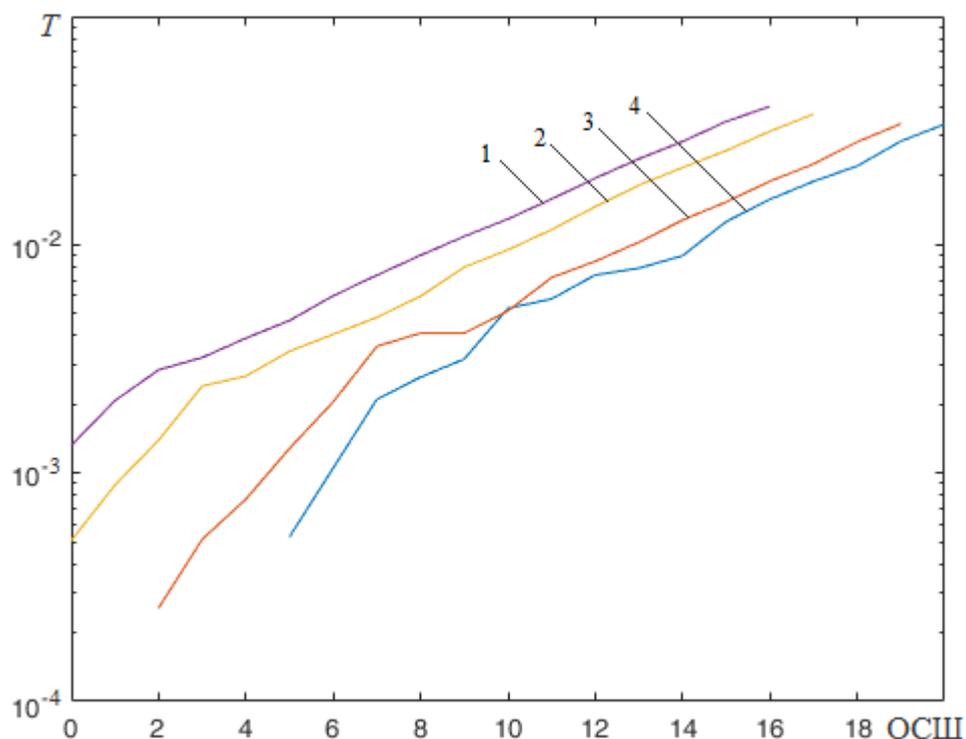


Рис. 3. – Синхронизация сигналов по времени

Для оценки наложения сигналов друг на друга была разработана математическая модель Дагестана с 17 сейсмическими станциями, координаты которых соответствуют реальным (рис. 4) [9].

Случайным образом были заданы координаты 1000 землетрясений, и вычислены времена регистрации сейсмических волн. Для каждого землетрясения, время прихода сейсмической волны рассчитывалось для 10 возможных скоростей поперечной сейсмической волны, лежащей через равные интервалы в диапазоне скоростей от 2,3 до 4,4 км/с.

На рис. 5 приведена зависимость вероятности наложения сигналов, передаваемых различными сейсмическими станциями, от длительности пакета передачи данных. Кривой 1 на рис. 5 соответствует передача информации только на одной частоте. Кривой 2 – передача информации на трех частотах, при этом вычислялась вероятность наложения сигналов хотя бы на двух частотах. Кривой 3 и 4 соответствует случаи повторной передачи

данных (два и три раза соответственно) с перераспределением используемых частот на сейсмографах.

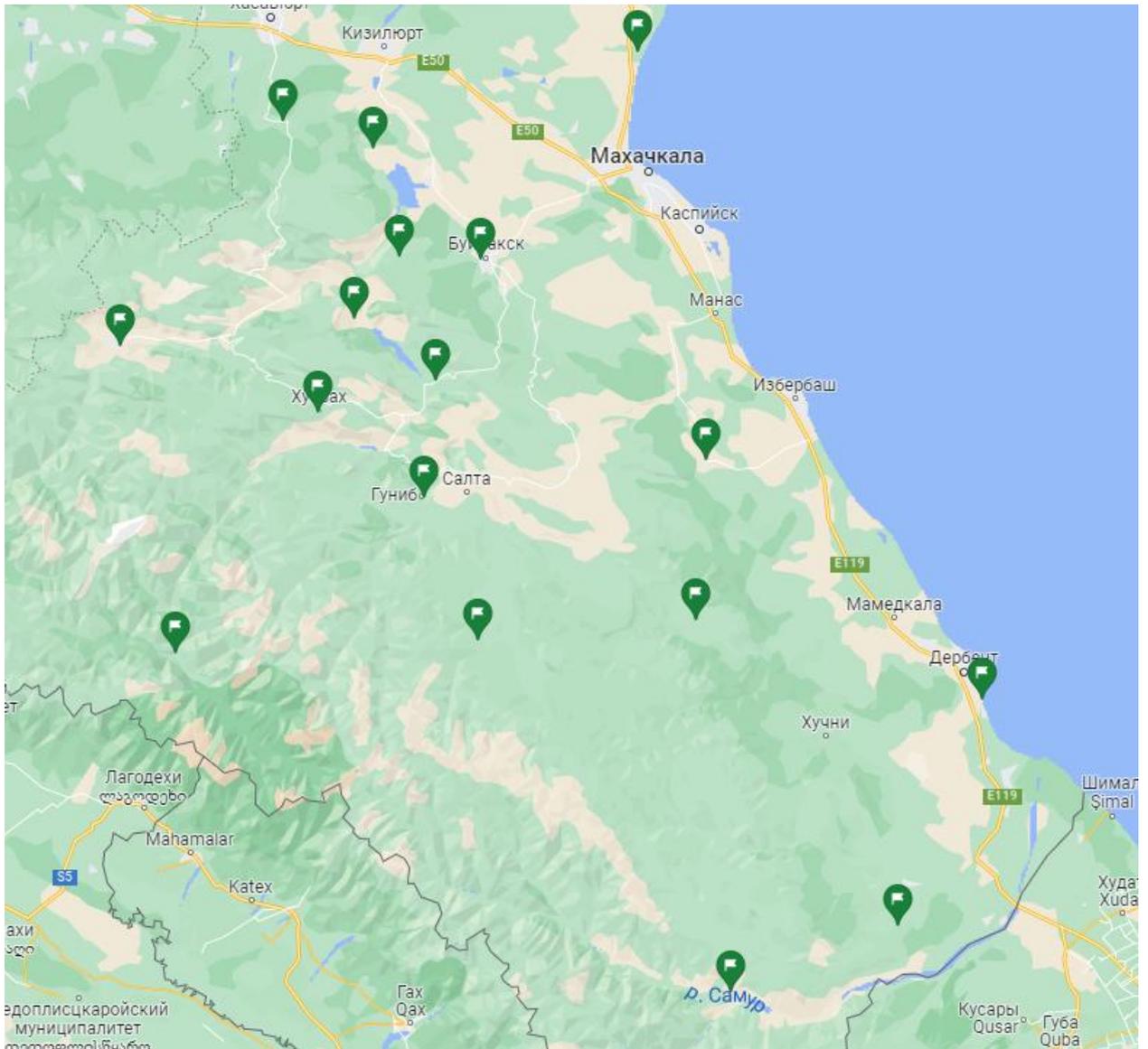


Рис. 4. – Карта Республики Дагестан с координатами сейсмических станций

Без организации кодирования, каждой сейсмической станции потребуется передать 200 бит информации, что составит около  $10^{-2}$  с. При организации повторной передачи данных от каждой сеймостанции с использованием кода Хемминга, вероятность битовой ошибки по результатам моделирования не превысила  $2 \cdot 10^{-5}$ .

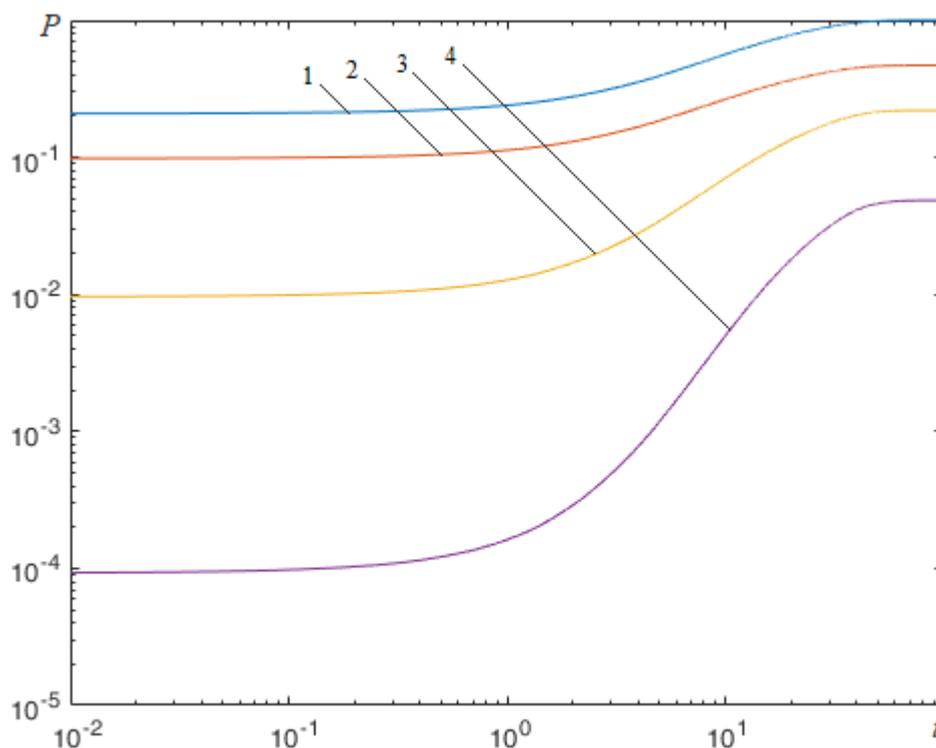


Рис. 5. – Вероятность наложения принимаемых сигналов от сейсмических станций Республики Дагестан

### Заключение

Реализация предложенного метода позволит организовать передачу данных, используя отражения сигналов от тропосферы Земли.

Во время фиксации форшока, контроль смещения принимаемых сигналов друг относительно друга в системе синхронизации по времени позволит отслеживать ионосферные возмущения [10], возникающие непосредственно до возникновения сильного землетрясения.

Вероятность наложения сигналов при передаче данных можно значительно уменьшить при оптимальном распределении частот, которые будут использованы при передаче данных.

### Литература

1. Шахраманьян М.А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения: (теория и практика). Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по

проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2000. 192 с.

2. Морозов В.Н., Шахраманьян М.А. Прогнозирование и ликвидация последствий аварийных взрывов и землетрясений: (теория и практика). Москва: УРСС, 1998. – 230 с.

3. Петров В.Ю., Бармин П.А., Габова В.В. Методика расчета сооружений на максимальное расчетное землетрясение в программном комплексе ЛИРА-САПР 2019 // Инженерный вестник Дона, 2019, № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N7y2019/6082

4. Фролова Н.И., Габсатарова И.П., Суцев С.П., Малаева Н.С. Калибровка модели геоинформационной системы "Экстремум" для оценки потерь от землетрясений // Вестник университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2021. № 4 С. 427-446.

5. Шахтарин Б.И., Асланов Т.Г. Имитационное моделирование систем фазовой автоподстройки // 4-й Всероссийская конференция «Радиоэлектронные средства получения, обработки и визуализации информации» (РСПОВИ-2014). Нижний Новгород, 2014. С. 63-65.

6. Тихомиров А.В., Омелянчук Е.В., Семенова А.Ю., Смирнов А.А. Синхронизация в системах с прямым расширением спектра // Инженерный вестник Дона, 2019, № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6203.

7. Sarcar B.C. On the joint statistics of amplitude and phase of a signal with co-channel interference // Proc. IEEE, 1988, pp. 298-299.

8. Karsi M.F., Lindsey W.C. Effects of CW interference on phase-locked performance // IEEE Trans., 2000, pp. 886-896.

9. Асланов Т.Г., АйгуMOV Т.Г. Имитация работы донных сейсмографов с применением искусственных нейронных сетей // Морские интеллектуальные технологии. 2022. № 56 С. 143-148.

10. Асланов Т.Г., Гасанов О.И., Казибеков Р.Б., Мусаибов Р.Р. Пеленгатор ионосферных предвестников землетрясения // Инженерный вестник Дона, 2020, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6398](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6398).

### References

1. Shahrinyan M.A. Ocenka sejsmicheskogo riska i prognoz posledstvij zemletrjasenij v zadachah spasenija naselenija: (teoriya i praktika) [Seismic risk assessment and prediction of earthquake consequences in the interests of saving the population: (theory and practice)]. Moskva: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut po problemam grazhdanskoj oborony i chrezvychajnyh situacij MCHS Rossii, 2004. 192 p.

2. Morozov V.N., Shahrinyan M.A. Prognozirovanie i likvidacija posledstvij avarijnyh vzryvov i zemletrjasenij: (teoriya i praktika) [Forecasting and liquidation of consequences of accidental explosions and earthquakes: (theory and practice)]. Moskva: URSS, 1998. 230 p.

3. Petrov V.Ju., Barmin P.A., Gabova V.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, № 7. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N7y2019/6082](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N7y2019/6082).

4. Frolova N.I., Gabsatarova B.P., Suchshev S.P., Malaeva N.S. Vestnik universiteta grazhdanskoj zashchity MCHS Belarusi. 2021. № 4. pp. 427-446.

5. Shahtarin B.I., Aslanov T.G. 4-ja Vserossijskaja konferencija «Radioelektronnye sredstva poluchenija, obrabotki i vizualizacii informacii» (RSPOVI-2014). Nizhny Novgorod, 2014, pp. 63-65.

6. Tihomirov A.V., Omel'janchuk E.V., Semenova A.Ju., Smirnov A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, № 9. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6203](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6203).

7. Sarcar B.C. On the joint statistics of amplitude and phase of a signal with co-channel interference. Proc. IEEE, 1988, pp. 298-299.



8. Karsi M.F., Lindsey W.C. Effects of CW interference on phase-locked performance. IEEE Trans., 2000, pp. 886-896.

9. Aslanov T.G., Aygumov T.G. Morskie intellektual'nye tehnologii. 2022. № 56. pp. 143-148.

10. Aslanov T.G., Gasanov O.I., Kazibekov R.B., Musaibov R.R. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6398](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6398).