

Использование Глобальных навигационных спутниковых систем для раннего предупреждения о цунами, вызванных землетрясениями с магнитудой 7–8

Катастрофические землетрясения вблизи о. Суматра в Индийском океане (26.12.2004 г., $M=9.2-9.3$) и у восточных берегов о. Хонсю, Япония (11.03.2011 г., $M=9.1$) привели к огромным человеческим жертвам и материальным потерям и наглядно показали важность оперативного определения характеристик цунами и своевременного предупреждения населения о его приближении.

Для близких к эпицентру подводного землетрясения регионов предупреждение о цунами должно быть сформировано уже через 5–15 минут после землетрясения. Это требование обычно принципиально невыполнимо при использовании традиционных методов, за исключением магнитудного критерия. Последний метод, в свою очередь, приводит к тому, что минимум 7–8 тревог из 10 оказываются ложными.

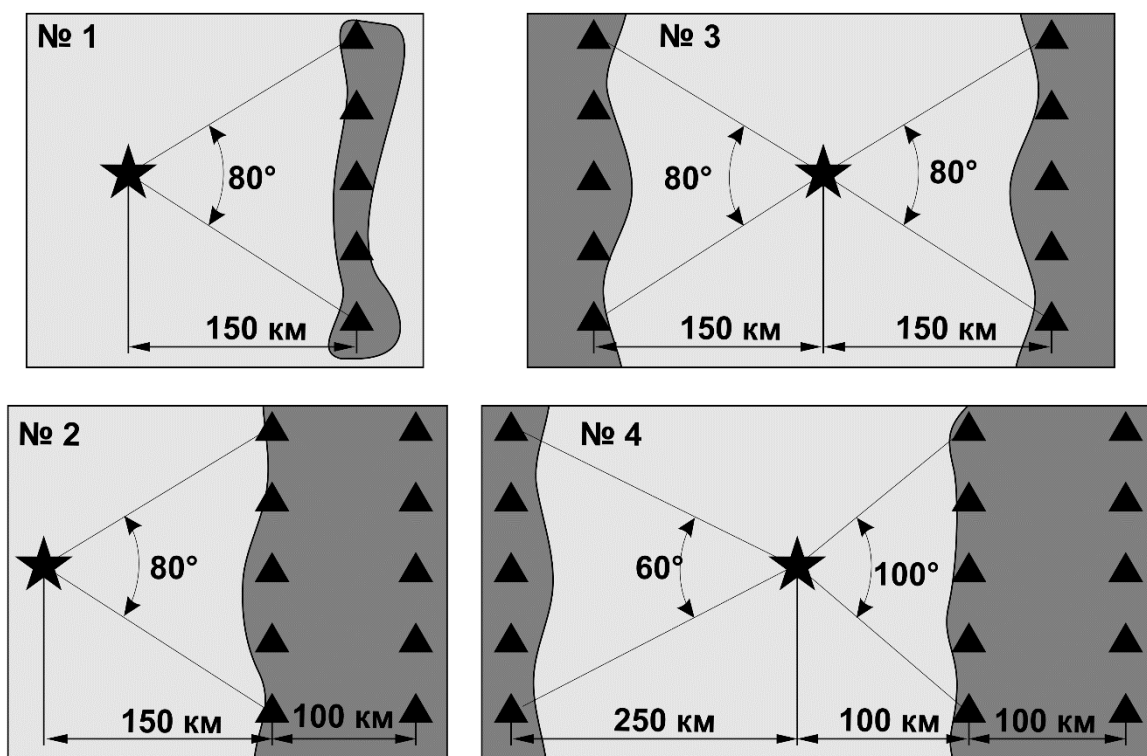
Альтернативные методы раннего предупреждения о цунами для близких к эпицентру побережий разрабатываются, но универсального и надёжного пока не найдено. Часть таких методов используют записи сигналов Глобальных навигационных спутниковых систем (GPS, ГЛОНАСС и других; все вместе – ГНСС), полученных на прибрежных стационарных пунктах наблюдений.

В нашей работе мы рассмотрели способ моделирования очага цунамигенного землетрясения, основанный на оперативном определении по ГНСС-данным постоянных (косейсмических) смещений, вызванных землетрясением. Такой метод уже разработан и начал внедряться, но предназначается он только для сильнейших землетрясений, происходящих на границах литосферных плит. Основная цель работы была исследовать возможность оперативного определения по данным ГНСС-наблюдений параметров модели очага землетрясений с магнитудой 7–8, в зависимости от магнитуды землетрясения, количества и взаимного пространственного расположения ГНСС-станций и эпицентра землетрясения. Рассматривался вариант с внутриплитовыми землетрясениями, при которых необходимо определять дополнительные параметры в модели очага.

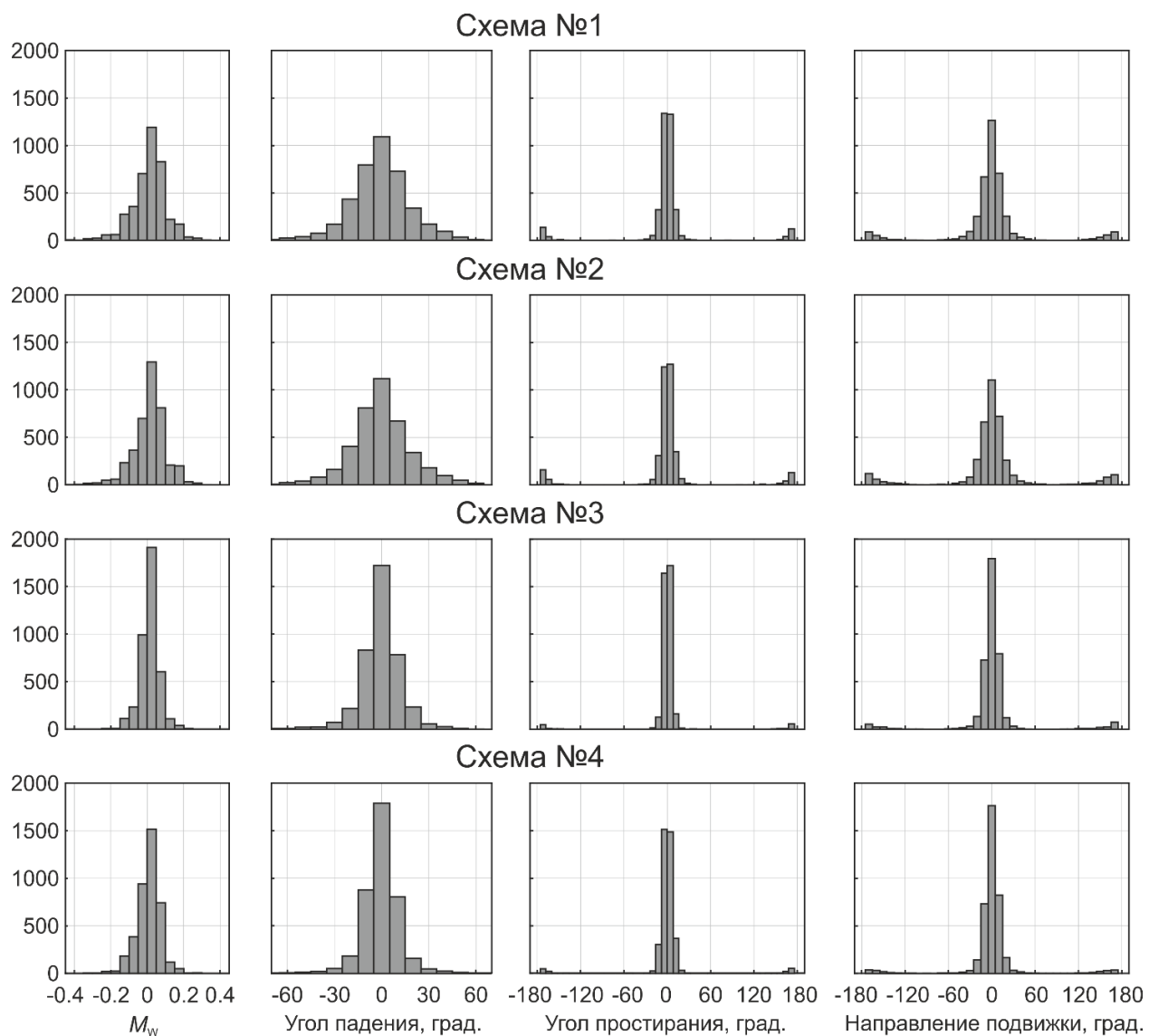
Проведённая серия численных экспериментов показала, что практическая реализация систем, определяющих по ГНСС-данным все основные параметры модели очага землетрясения с магнитудой 7.2–7.4 и выше, включая положение плоскости сейсморазрыва, вполне возможна. Их эффективность зависит от многих факторов, в первую очередь от количества ГНСС-станций, их расположения относительно эпицентра сейсмического события, точности априорной информации.

Одна из главных проблем, тормозящих развитие и широкое практическое внедрение таких систем, – относительно невысокая надёжность определения параметров очага землетрясения. Полученные результаты показывают, что этот показатель не превышает 90% даже когда азимутальное распределение ГНСС-станций близко к оптимальному. Частично эту проблему может решить значительное увеличение количества ГНСС-станций вместе с отказом от использования точечной модели очага.

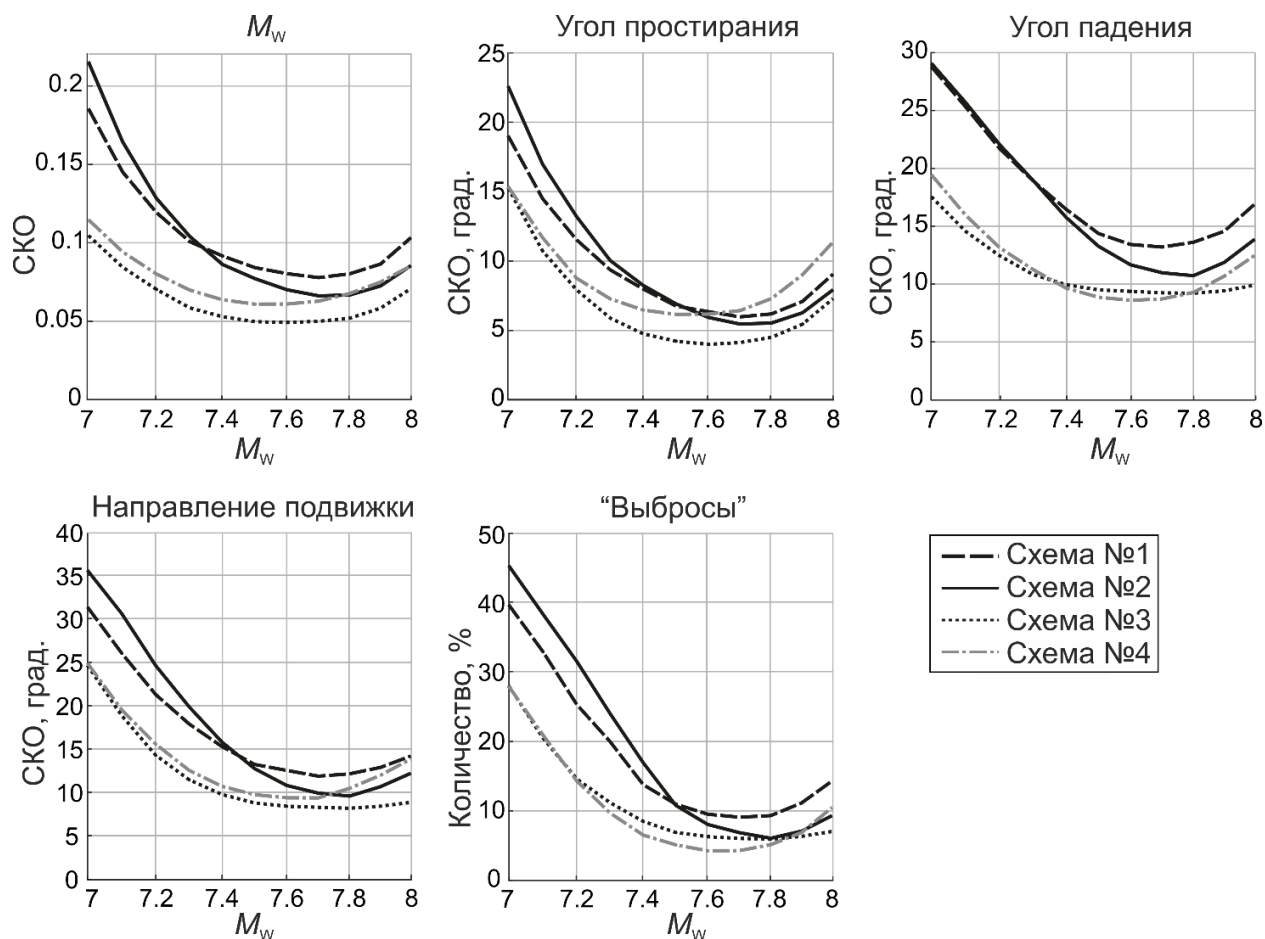
ГНСС-данные необходимо как можно быстрее внедрять в работу служб предупреждения о цунами, особенно в тех регионах, где уже существуют более или менее плотные постояннодействующие ГНСС-сети и высока степень возникновения цунамигенных землетрясений. Даже в тестовом режиме, эта технология может служить, как минимум, в качестве источника дополнительной независимой и достаточно точной оценки моментной магнитуды землетрясения.



Схемы взаимного расположения эпицентра землетрясения (звёздочка) и пунктов наблюдений (треугольники, количество каждой группе показано условно)



Гистограммы невязок определения параметров модели очага землетрясения при $M = 7.4$ и использовании 32 ГНСС-станций.



Зависимости среднеквадратических ошибок магнитуды, угла простираения, угла падения и направления смещения в плоскости сейсморазрыва, а также количества “выбросов” от “эталонного” значения магнитуды землетрясения (при использовании 32 ГНСС-станций)

Опубликовано в статье:

Пупатенко В.В., Шестаков Н.В. Использование Глобальных навигационных спутниковых систем для раннего предупреждения о цунами, вызванных землетрясениями с магнитудой 7–8. В журнале «Вулканология и сейсмология» (2021. № 1. С. 30–39).