

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭВОЛЮЦИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В СЕЙСМОГРАФИИ

Н.О.К. Зарбалиева, *доцент*

Г.Г. Коновалов, *студент*

Волгоградский государственный университет
(Россия, г. Волгоград)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-2-1-12-15

Аннотация. В статье рассмотрены теоретические аспекты эволюции инструментальных наблюдений в сейсмографии, обсуждается необходимость совершенствования математических моделей для описания сейсмической активности, показана важность постоянной разработки и усовершенствования сейсмографов, а также актуальность интеграции сейсмографии с другими областями науки. В статье подчеркивается решающая роль сейсмографии в понимании и снижении рисков, связанных с сейсмической активностью, рассмотрена актуальность дальнейшего развития сейсмографии. В заключении подчеркивается необходимость продолжения исследований и международного сотрудничества для реализации всего потенциала сейсмографии.

Ключевые слова: сейсмография, сейсмические волны, землетрясение, инструментальные наблюдения, сейсмографы.

Сейсмография занимается изучением внутренней структуры и процессов Земли посредством анализа сейсмических волн. Она сыграла жизненно важную роль в понимании геологии Земли и предсказании стихийных бедствий – землетрясений. За прошедшие годы приборы, регистрирующие сейсмические волны, – сейсмографы претерпели значительный технологический прогресс, что привело к более точной регистрации сейсмических событий.

Сейсмографы были впервые сконструированы в конце XIX века и изначально представляли собой простые маятники, регистрирующие колебания земли. Эти ранние инструменты были ограничены в своей способности регистрировать сейсмические события, и на их чувствительность влияли внешние факторы: изменения температуры, ветер, не связанные с сейсмическими событиями движения грунта [1]. Однако с появлением современной электроники сейсмографы стали более совершенными и точными, что привело к более точной регистрации сейсмических событий.

Основные аспекты сейсмографии связаны с изучением физических принципов, лежащих в основе работы сейсмографов. Главным принципом сейсмологии является

обнаружение и анализ сейсмических волн, генерируемых землетрясениями. Эти волны можно разделить на два типа: объёмные волны и поверхностные волны. Объёмные волны включают в себя продольные P-волны и поперечные S-волны, проходящие через недра Земли. Поверхностные волны, с другой стороны, распространяются по земной поверхности, и именно они являются источником большого ущерба, причиняемого землетрясениями.

Сейсмографы измеряют ускорение или смещение масс земли, вызванное сейсмическими волнами. Реакция прибора на эти волны определяется его механическими и электронными характеристиками. Чувствительность сейсмографа определяется как отношение выходного сигнала к входному колебанию грунта. Чувствительность сейсмографа является важнейшим параметром, определяющим минимально обнаруживаемый размер землетрясения. Чувствительность сейсмографа можно увеличить, используя более массивный прибор, уменьшив трение в движущихся частях прибора или за счет усиления электронной составляющей прибора.

Одним из наиболее важных аспектов сейсмографии является фильтрация сигнала

лов. Сейсмографы регистрируют не только движение масс земли, вызванное сейсмическими волнами, но и другие шумы окружающей среды: ветер, деятельность человека и пр. Фильтрацию применяют для удаления нежелательных сигналов и усиления полезных сигналов. В настоящее время сейсмологи используют полосовые фильтры для удаления шума из определенного частотного диапазона [2].

Ещё одним важным аспектом сейсмографии является увеличение точности сейсмических данных. Точность сейсмографов зависит от нескольких факторов: чувствительности прибора, его частотной характеристики и уровня внешнего шума. Для достижения высокой точности необходимо регулярно калибровать прибор и вносить исключаяющие поправки внешних факторов, могущих повлиять на его показания.

В последние годы сейсмография получила существенное развитие вследствие значительных достижений в области технологий. Современные сейсмографы могут регистрировать сейсмические события с беспрецедентной точностью. В новых приборах используются самые современные технологии: цифровая обработка сигналов, передовые методы фильтрации, системы телеметрии, работающие в реальном времени. Эти достижения позволяют сейсмологам отслеживать сейсмическую активность на всей планете, прогнозировать землетрясения и тем самым смягчать их воздействия.

В дополнение к достижениям в области технологий и теоретических разработок также произошел сдвиг в сторону сетевой сейсмологии. Сетевая сейсмология предполагает использование нескольких сейсмографов для мониторинга сейсмической активности на обширной территории [3]. Эти сети позволяют обнаруживать небольшие землетрясения, которые в прошлом остались бы незамеченными, и обеспечивают лучшее понимание сейсмической активности и тектоники плит.

Теоретические разработки в области сейсмографии также привели к разработке новых методов анализа сейсмических данных. К таким методам относится, напри-

мер, инверсия формы волны – метод, используемый для определения физических свойств недр земли на основе сейсмических волн. Этот метод использует инверсию сейсмических сигналов для получения трехмерного изображения недр земли.

В дополнение к теоретическим разработкам в области сейсмографии также были достигнуты значительные успехи в развертывании и использовании сейсмографов в полевых условиях. Например, в настоящее время сейсмографы используются на донных сейсмометрах для регистрации сейсмической активности на дне океана. Эти инструменты также используются для изучения структуры и состава земной коры под океаном и получения информации о формировании океанических плит [4].

Сейсмографы также всё чаще используются в сочетании с другими типами приборов для изучения различных аспектов строения и процессов Земли. Например, сейсмографы комбинируют с инструментами Глобальной системы позиционирования (GPS) для изучения деформации земной коры. Эта комбинация используется для изучения нарастания напряжения в земной коре перед землетрясением и для понимания механики землетрясений.

Ещё одной областью исследований, в которой произошли значительные теоретические и технологические достижения, является изучение наведенной сейсмичности. Наведенная сейсмичность относится к сейсмической активности, вызванной деятельностью человека, такой как бурение нефтяных и газовых скважин, гидравлический разрыв пласта и подземная добыча полезных ископаемых. Сейсмографы используются для мониторинга наведенной сейсмичности и изучения механизмов, с помощью которых деятельность человека может вызывать землетрясения.

Наконец, сейсмографы также используются для изучения других природных явлений, таких как извержения вулканов и оползни. Современные сейсмографы обнаруживают сейсмическую активность, связанную с извержениями вулканов, предоставляют информацию о времени, месте и интенсивности извержения. Сейсмографы

также используют для наблюдения за оползнями и изучения механики обрушения склонов [5].

Применения сейсмографии обширны и продолжают расширяться по мере развития технологий и теоретических достижений. Сейсмология сыграла решающую роль в прогнозировании и смягчении последствий землетрясений, а также в изучении других природных явлений: извержений вулканов, оползней и цунами. Сейсмографы также используются при разведке природных ресурсов, таких как нефть и газ, и во время геотехнических исследований для обеспечения безопасности инфраструктуры.

Сейсмология является важным компонентом наук о Земле и имеет большое значение для общества. Способность точно отслеживать и интерпретировать сейсмическую активность играет важную роль в обеспечении безопасности населения, проживающего в районах, подверженных землетрясениям и другим стихийным бед-

ствиям. Сейсмология также дает важные сведения о процессах, формирующих Землю, таких как тектоника плит.

Таким образом, подытоживая всё вышесказанное, мы отмечаем, что развитие инструментальных наблюдений в сейсмографии является длительным и непрерывным процессом, обусловленным сочетанием теоретических достижений и технологических инноваций. Разработка математических моделей для описания сейсмической активности и разработка всё более точных и чувствительных сейсмографов позволяет сейсмологам собирать и анализировать огромные объемы данных, что зачастую является основой новых открытий в этой области. В будущем дальнейшее развитие сейсмографии будет обусловлено как теоретическими, так и технологическими достижениями, включая потребность в глобальной сети сейсмографов и более точных методах прогнозирования землетрясений.

Библиографический список

1. Мехрдоди, Д. Исследование методов прогнозирования землетрясений / Д. Мехрдоди // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2014. – № 1-2 (130). – С. 265-268.
2. Бельбакова, К. Ю. Глубинная геодинамика / К.Ю. Бельбакова, О.Д. Ильина, Ю.В. Ольховик // Природопользование и устойчивое развитие регионов России: сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 20–21 июня 2020 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 56-59.
3. Сыдыков, К.Ж. Тенденции развития современной сейсморазведки / К.Ж. Сыдыков, И.А. Непомнящих // Геофизика. – 1999. – № 2. – С. 41-47.
4. Нечаев, В. А. Системы управления и тренажерные комплексы морских подвижных объектов изучения и освоения Мирового океана: специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Нечаев Виктор Анатольевич. – Пенза, 1998. – 36 с.
5. Зверев, А. Т. Гравитационное поле и динамика литосферы // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1990. – № 2. – С. 78-86.

**THEORETICAL ASPECTS OF THE EVOLUTION OF INSTRUMENTAL
OBSERVATIONS IN SEISMOGRAPHY**

N.O.K. Zarbaliyeva, *Associate Professor*

G.G. Konovalov, *Student*

Volgograd State University

(Russia, Volgograd)

***Abstract.** The article discusses the theoretical aspects of the evolution of instrumental observations in seismography, discusses the need to improve mathematical models for describing seismic activity, shows the importance of continuous development and improvement of seismographs, as well as the relevance of integrating seismography with other fields of science. The article emphasizes the decisive role of seismography in understanding and reducing the risks associated with seismic activity, and considers the relevance of further development of seismography. The conclusion emphasizes the need for continued research and international cooperation to realize the full potential of seismography.*

***Keywords:** seismography, seismic waves, earthquake, instrumental observations, seismographs.*