

ВЗАИМОСВЯЗЬ СКОРОСТЕЙ P- И S-ВОЛН С МЕХАНИЗМАМИ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: РОЛЬ СООТНОШЕНИЯ V_p/V_s В СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ.

Курбанов Т С

Институт сейсмологии им.

Мавлянова Г А

*АН РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан
timamail1978@gmail.com (+998973437875)*

ВВЕДЕНИЕ

Исследование взаимосвязи скоростей P- и S-волн с механизмами очагов землетрясений представляет собой ключевой аспект современной сейсмологии. P-волны (первичные, продольные) и S-волны (вторичные, поперечные) являются основными типами сейсмических волн, распространяющимися через земную кору и несущими информацию о её физико-механических свойствах. Соотношение их скоростей, обозначаемое как V_p/V_s , открывает уникальные возможности для анализа геологических условий и процессов в недрах Земли. Это соотношение играет решающую роль в интерпретации сейсмических данных и изучении различных типов землетрясений [8].

Цель — осветить роль V_p/V_s в контексте механизмов очагов землетрясений и его значение в сейсмологическом анализе. Для этого рассматривается взаимосвязь между скоростями волн и механизмами землетрясений, анализируются методы прогнозирования с их ограничениями, а также предлагаются рекомендации по улучшению оценки сейсмических рисков. Данные тезисы направлены на развитие понимания природы землетрясений и повышение эффективности их прогнозирования, особенно в регионах с высокой сейсмической активностью, таких как Центральная Азия.

Ключевые слова: сейсмические волны, землетрясения, V_p/V_s , сейсмология, механизмы очагов.

Теоретические основы исследования скоростей P- и S-волн

Физические свойства P- и S-волн

P-волны — продольные сейсмические волны, распространяющиеся через твердые и жидкие среды со средней скоростью около 6 км/с в земной коре. Частицы среды колеблются вдоль направления волны, что позволяет им проходить через жидкости. S-волны — поперечные, с колебаниями перпендикулярно направлению распространения, скоростью около 3,5 км/с в коре; они не проходят через жидкости, что служит индикатором состояния земного ядра.

Соотношение $V_p/V_s \approx 1,73$ в твердых породах является инструментом для анализа геологических условий и типов пород. Оно помогает интерпретировать внутреннее строение Земли и механизмы очагов землетрясений, делая его незаменимым в геофизике [5].

Соотношение V_p/V_s и его интерпретация

V_p/V_s варьируется от 1,5 до 2,0 в зависимости от состава и состояния пород: для гранитов — 1,75, для базальтов — 1,85. Факторы влияния включают температуру (снижает V_p/V_s за счет большего падения V_s), давление, пористость и насыщение жидкостью (увеличивает V_p/V_s). Высокие значения ($>2,0$) указывают на наличие жидкостей или магмы, как в Йеллоустоне; низкие — на дегидратацию минералов в зонах субдукции [8].

Сейсмическая томография на основе V_p/V_s позволяет изучать зоны разломов и пористости, применяясь в нефтегазовой разведке [6]. Развитие методов анализа V_p/V_s связано с созданием лабораторий математических методов в геофизике (1970-е, СО АН СССР) [7]. Таким образом, V_p/V_s предоставляет данные для понимания геологических процессов и структуры земной коры [10].

Роль сейсмических волн в анализе очагов землетрясений

Анализ очагов землетрясений опирается на характеристики Р- и S-волн. Р-волны (5–8 км/с) проходят через жидкости, S-волны (3–5 км/с) — нет, что помогает изучать твердые структуры. V_p/V_s служит показателем состава пород: низкие значения указывают на трещины или насыщенность жидкостью, повышая сейсмическую опасность [1].

Примером практического применения этих данных является исследование землетрясения в Тохоку (Япония) в 2011 году, где низкое значение V_p/V_s в зоне субдукции способствовало более глубокому пониманию механизма разрыва и его последствий. Таким образом, характеристики Р- и S-волн играют ключевую роль в интерпретации процессов, происходящих в очаге землетрясения.

Классификация механизмов очагов землетрясений

Механизмы очагов землетрясений классифицируются по типу разлома, формирующегося в результате движения тектонических плит. Выделяют три основных типа разломов: нормальные, обратные и сдвиговые. Нормальные разломы, такие как те, что наблюдаются в Восточно-Африканской рифтовой долине, возникают при растяжении земной коры. Обратные разломы, характерные для зон субдукции, формируются в условиях сжатия коры. Сдвиговые разломы, например, разлом Сан-Андреас в Калифорнии, демонстрируют горизонтальные движения плит относительно друг друга, что может приводить к значительным разрушениям при крупных землетрясениях [3].

Влияние геологических условий на соотношение V_p/V_s

V_p/V_s отражает свойства пород: граниты — 1,73, осадочные — 1,9. Пористость и флюиды снижают V_s , повышая V_p/V_s ; метаморфизм влияет на плотность.

Природные факторы (свойства пород, неоднородности, напряжения) определяют состояние массива [2].

В активных районах (Япония, Чили) V_p/V_s варьируется из-за вулканизма и разломов; в Гималаях ниже из-за плотности пород. Геофизика как основа дисциплин подчеркивает ценность V_p/V_s для анализа процессов [9].

Примеры использования соотношения V_p/V_s в сейсмологии

V_p/V_s выявляет тектонические особенности: в Японии (2010) варьируется 1,7–1,9 в субдукции, указывая на флюидную насыщенность и активность. Это улучшает моделирование землетрясений.

Для оценки рисков: значения V_p/V_s превышающие 2,0 указывают на флюиды, как перед землетрясением в Лома-Приета (1989, Калифорния). Анализ пиков сейсмических циклов может быть использован для прогнозирования землетрясений и оценки их вероятности в конкретных регионах [4].

Проблемы методов прогнозирования землетрясений

Прогнозирование затруднено из-за взаимодействия плит и недостаточного знания глубинных процессов (USGS). Ограничения требуют новых подходов, включая V_p/V_s . Геомеханический мониторинг ищет взаимосвязи факторов [2].

Рекомендации по улучшению оценки рисков

Интеграция V_p/V_s повышает точность прогнозов на 30% (японские исследования), отражая изменения структуры. Исследования сейсмического режима дают надежду на успех через самоорганизацию процессов [7].

Перспективы использования V_p/V_s в прогнозировании

V_p/V_s чувствителен к пористости и флюидам: низкие значения указывают на зоны напряжений. Сложность аномалий мантии требует комплексного подхода к интерпретации [10].

Заключение

Анализ скоростей P- и S-волн подтверждает значимость V_p/V_s для понимания механизмов очагов. Вариации соотношения связаны с составом пород, флюидами и тектоникой. Результаты улучшают прогнозирование, оценку рисков и системы предупреждения, особенно в сейсмоактивных регионах.

Дальнейшие исследования: углубление влияния условий на V_p/V_s , модели с локальными особенностями, интеграция с другими методами для комплексного прогнозирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Воронина Е. В., Люсина А. В. Сеймотектоническая деформация литосферы Эгейского региона // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. — 2000. — № 2. — С. 66–67.

2. Козырев А.А., Корчак П.А., Жукова С.А. Композитная модель анализа данных сейсмического мониторинга... // Научная статья. — [б. г.].

3. Коновалов А.В., Нагорных Т.В., Сафонов Д.А. Современные исследования механизмов очагов землетрясений о. Сахалин. — Владивосток: Дальнаука, 2014. — 252 с.
4. Мамбетова Г.А., Омуралиев М. Сейсмические циклы Тянь-Шаня... // Вестник Института сейсмологии НАН КР. — 2019. — № 1(13). — С. 28.
5. Нефёдкина Т.В., Киселёва Л.Г. Прямые и обратные задачи сейсмоки... // ГЛАВА 8. Геофизика. — [б. г.].
6. Никитин А. А., Епонешникова Л. Ю., Дучков А. А. Разработка и тестирование библиотеки... // Сборник материалов конференции. — 2023. — С. 122–123.
7. Пузырёв Н.Н., Крылов С.В. Новосибирская школа... // [б. г.].
8. Уломов В.И. О сейсмогеодинамике... // Геофизические исследования. — 2005. — Вып. 1. — С. 5–26.
9. Фурман В. В., Віхоть Ю. М., Павлюк О. М. Основи геофізики... — Львів: ЛНУ, 2016. — 104 с.
10. Хайн В. Е., Зверев А. Т. Динамика литосферы... // Природа. — 1991. — № 4.