

УДК 550.344.094

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
АРАРАТСКОГО СЕЙСМОПОЛИГОНА С ПОМОЩЬЮ V_P/V_S

А. Л. БАЙРАМЯН*

Кафедра геофизики ЕГУ, Армения

Приводится методика сбора, систематизации, фильтрации и создания компьютерной базы исходных данных сейсмических событий (с 01.01.1993 до 09.06.2002) для определения скоростных параметров сейсмических волн. Оценены ошибки рассчитанных параметров и проведен их статистический анализ по всем станциям сейсмической сети РА. Уточнено среднее значение отношения продольных и поперечных волн (V_P/V_S) для Араратского полигона и проведена статистическая проверка гипотезы соответствия рассчитанного значения реальному.

Ключевые слова: сейсмотектоника, отношение продольных и поперечных волн, напряженно-деформированное состояние.

Введение. С целью поисков предвестников землетрясений по методу, основанному на анализе отношения скоростей продольных и поперечных сейсмических волн (V_P/V_S), рядом авторов был проведен анализ данного параметра [1–3]. Методика вычисления этого отношения играет существенную роль в получении конечных результатов. Имеются два методических подхода расчета данного параметра: графический и аналитический.

Графический метод заключается в определении наклона графика Вадати, усредняющего данные группы станций. Данная методика широко применялась на Гармском полигоне и в Калифорнии. Однако упомянутый выше графический способ требует определения времен вступления волн P и $S-P$ для событий, зарегистрированных группой сейсмических станций.

Аналитический метод был предложен Л.Б. Славиной. Расчет отношения V_P/V_S осуществляется по следующей формуле:

$$V_P/V_S = T_{S-P}/(P-t_0) + 1, \quad (1)$$

где T_{S-P} – разность времен вступления продольных (P) и поперечных (S) волн, определяемых непосредственно по сейсмограммам, $P-t_0$ – время пробега волны P от источника до станции. Определяются единичные значения V_P/V_S по данным одной станции, которые затем приписываются к эпицентру события. При этом

* E-mail: annageology@yahoo.com

необходимо иметь предварительное значение времени в очаге (t_0), которое определяется по данным сети сейсмостанций.

Аналитический способ расчета V_P/V_S имеет следующие преимущества:

- каждая станция имеет ограниченную зону регистрации, что позволяет не учитывать сложное скоростное строение исследуемой фокальной зоны, наличие вертикальных и горизонтальных неоднородностей как на пути распространения волн, так и под станцией;

- выбирая станции из различных азимутов, можно сравнить характер изменения отношения V_P/V_S во взаимно перпендикулярных направлениях относительно отдельных участков фокальной зоны.

Недостатки аналитического способа расчета отношения V_P/V_S следующие:

- 1) большой разброс значений, требующий применения статистических способов усреднения;

- 2) точность единичных измерений V_P/V_S для различных регионов зависит от точности снятия времени вступлений волн P и S (т.е. от увеличения прибора и развертки записи), а также точности определения времени в очаге t_0 ;

- 3) последовательное изменение параметра V_P/V_S во времени и по площади за длительный промежуток времени возможно проследить при соблюдении условия непрерывности наблюдений.

Для оценки напряженно-деформированного состояния Араратского сеймополигона (АСП) в качестве базовой принята аналитическая методика расчета параметра V_P/V_S по данным одной станции. Период наблюдений охватывает временной интервал с 01.01.1993 до 09.06.2002. Брались записи как телеметрических, так и региональных станций сейсмической сети РА.

На первом этапе создания базы данных была сделана выборка землетрясений из каталога НССЗ РА без ограничений на класс землетрясений, эпицентры которых располагались на площади, ограниченной координатами $\varphi_1=39^{\circ}30'$, $\lambda_1=46^{\circ}00'$, $\varphi_2=41^{\circ}00'$ и $\lambda_2=44^{\circ}00'$. Зона полностью охватывает Араратский полигон.

На втором этапе исходная база была дополнена новыми сейсмограммами (в основном телеметрических станций) с января 1995 г. по июнь 2002 г., т.к. было выявлено большое количество событий с качественными записями. Расчет параметров гипоцентров для всех событий проводился с применением программы НУРО-71РС. Полученные в ходе прогонки входных файлов результаты были приведены к единому формату и добавлены к базе данных. Исходная база данных содержала 601 землетрясение и 3126 записей. Вся имеющаяся информация была систематизирована и создан компьютерный банк данных.

На третьем этапе производилась сверка всех данных, имеющихся в исходной базе, и кодов сейсмостанций. В результате были обнаружены и исправлены 30 буквенных кодов сейсмостанций, ошибочно записанных дежурным оператором.

На четвертом этапе производился расчет параметра V_P/V_S по описанной выше методике. После чего рассчитывались деформации на основании известного метода [4]:

$$D = \Delta \cdot H / (10^{0,413M-2,66})^{-3}, \quad (2)$$

где Δ – эпицентральный расстояние, H – глубина очага, M – магнитуда землетрясения.

На пятом этапе проводилась фильтрация исходной базы данных, общее количество землетрясений после полной фильтрации составило 488, а записей

1877, на этой основе создана входная база данных для расчета параметров по формуле:

$$\Delta \cdot V_p / V_s = V_p / V_s - \delta V_p / \delta V_s, \quad (3)$$

где V_p / V_s – единичное значение, $\Delta \cdot V_p / V_s$ – среднее значение отношения скоростей продольных и поперечных сейсмических волн для района исследований. Применялись отношения

$$V_p = \Delta / (t_p - t_0) \quad \text{и} \quad V_s = \Delta / (t_s - t_0), \quad (4)$$

где t_p и t_s – соответственно времена вступлений продольных и поперечных волн, оценены скорости V_p , V_s и определены их отклонения от средних значений, т.е. δV_p , δV_s .

Затем проводилась статистическая оценка указанных параметров для каждой станции сейсмической сети РА и среднего значения V_p / V_s для АСП в целом. Большинство сейсмических данных представляет собой записи близких землетрясений, т.е. разность времен вступления волн S – P не превосходит 26 с, что позволяет исключить влияние эпицентрального расстояния на параметр V_p / V_s (разность возрастает при превышении временами волн S – P указанного значения).

Уточненное значение параметра V_p / V_s для АСП составило 1,721, хотя для всей территории РА данная величина составляет 1,734.

Значение максимальной ошибки выборки с учетом количества сейсмических событий (1887) для доверительного интервала определялось по формуле $e = Z_{\alpha/2} \sigma / \sqrt{n}$, где $Z_{\alpha/2}$ – доверительный интервал, σ – стандартное отклонение от совокупного значения V_p / V_s . Максимальная ошибка составила 1,96, т.е. степень уверенности в правильности результата 95%.

С целью выявления вариаций в значениях параметра $\delta V_p / \delta V_s$ все имеющиеся данные были разделены на две части – до и после землетрясения 20 января 1996 г., имеющего максимальную магнитуду среди рассматриваемых событий ($M = 4,4$).

Для оконтуривания областей повышенных и пониженных единичных значений весь район исследования был условно разделен на блоки со сторонами, равными 15 мин, каждому из блоков присвоены соответствующие номера [5].

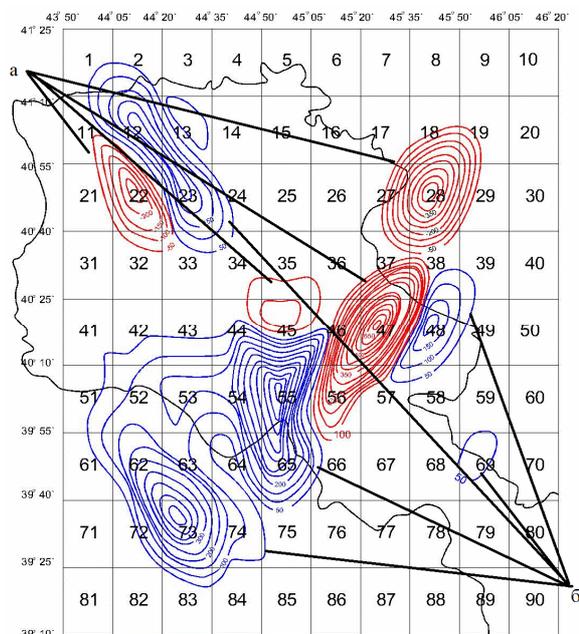
Для каждого блока:

- рассчитано количество единичных значений $\delta V_p / \delta V_s$;
- определен знак вариации единичного значения V_p / V_s , т.е. является ли данное единичное значение V_p / V_s выше или ниже среднего значения;
- рассчитаны средние и среднесуммарные значения для параметров V_p , V_s , V_p / V_s и $\delta V_p / \delta V_s$. Под среднесуммарным значением подразумевается сумма содержащихся в данном квадрате единичных значений $\delta V_p / \delta V_s$, т.е. $\sum \delta V_p / \delta V_s$.

Затем все рассчитанные значением $\sum \delta V_p / \delta V_s$ умножались на 1000 и приписывались к центру блока, содержащего эти единичные значения. Умножение на 1000 производилось для облегчения дальнейшего картирования параметра напряжения среды $\tau = (\sum \delta V_p / \delta V_s) \cdot 1000$.

Результаты приведены на рисунке, из которого видно что с точки зрения напряженно-деформированного состояния четко выделяется глубинный Азат-Гарнийский разлом. При определении τ были использованы число землетрясений и $\sum \Delta$ для соответствующей глубины в каждом блоке. Эти данные отражают пространственное распределение очагов землетрясений АСП. В то же время они

показывают, что и значение τ , и число землетрясений (более 10 по независимым данным) в отдельных блоках не одинаковы.



Параметр τ по данным ст. Амберд.
Зоны пониженных (а); повышенных (б) скоростей.

Однако зона пониженных значений τ несколько сужается, а наименьшие значения уходят к югу района.

Результаты обработки данных станций, расположенных на территории АСП показывают аналогичную картину поведения этого параметра в пространстве, что подтверждает реальность полученных данных.

Выводы.

1. Аналитический метод расчета вариаций параметра V_P/V_S по данным одной сейсмической станции применим для АСП и имеет ряд преимуществ перед графическим методом.

2. Оценка ошибок определения скоростных параметров сейсмических волн V_P/V_S позволяет выявить и картировать их аномалии.

Поступила 04.09.2013

ЛИТЕРАТУРА

1. Нерсесов И.Л., Попандопуло Г.А. Пространственная неоднородность временных вариаций скоростных параметров в земной коре Гармского района. // Изв. АН СССР. Физика Земли, 1988, № 8, с. 13–24.
2. Карапетян Н.К. Исследование отношения скоростей продольных и поперечных волн в очаговой зоне Спитакского землетрясения. // Изв. АН Арм. ССР. Науки о Земле, 1989, № 3, с. 34–43.
3. Славина Л.Б., Баграмян Л.Х., Гедакян Э.Г., Енгоян М.С. Оценка возможности изучения параметра V_P/V_S по данным сейсмических станций Армении. Сейсмол. бюл. Кавказа, 1982, Тбилиси, 1987, с. 101–107.

4. Добровольский И.П., Зубков С.И., Мячкин В.И. Об оценке размеров зоны проявления предвестников землетрясений. Моделирование предвестников землетрясений. М.: Наука, 1980, с. 7–43.
5. Ахвердян Л.А., Давтян А.М., Манасерян Г.П. Оценка некоторых геофизических и сейсмологических параметров литосферной плиты при геодинамических процессах. Ер.: Гитутюн, 2011.

Ա. Լ. ԲԱՅՐԱՄՅԱՆ

ԼԱՐՎԱԾԱ-ԳԵՖՆՈՐՍԱՑԻՈՆ ԻՐԱՎԻՃԱԿԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄՆ ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ
ՍԵՅՄՍՍԵՓՈՐՉԱԴԱՇՏԻ ՏԱՐԱԾՔՈՒՄ՝ V_P/V_S ՀԱՐԱԲԵՐՈՒԹՅԱՄԲ

Ամփոփում

Ներկայացված է տվյալների հավաքագրման, համակարգման, գտման, ելքային տվյալների համակարգչային հենքի ստեղծման ընթացքը, ինչպես նաև սեյսմիկ ալիքների արագությունների պարամետրերի որոշումը: Գնահատվել են հաշվարկված պարամետրերի սխալները և տրվել է արագությունների պարամետրերի միջին արժեքների ստատիկ վերլուծություն ՀՀ տարածքի սեյսմիկ ցանցի բոլոր կայանների համար: ԱՄՓ-ի համար ճշտվել է V_P/V_S միջին արժեքը և ստատիկ ստուգում է անցկացվել իրական արժեքի և առաջարկվող հիպոթեզի համապատասխան արժեքների միջև:

A. L. BAYRAMYAN

ASSESSMENT OF STRESS-STRAIN STATE IN ARARAT
SEYSMOPOLIGONE BY MEANS OF V_P/V_S

Summary

The process of collecting, organizing, filtering and computer background database, the definition of the velocity parameters of seismic waves for assessment of stress-strain state in Ararat seysmopoligone are presented. The errors of calculated parameters V_P/V_S and the statistical analysis of the mean velocity parameters for all the stations of seismic network of RA are evaluated. The average of the Ararat range is clarified and statistical hypothesis testing compliance with the calculated real value is performed.