

УДК 550.34

ЛОКАЛЬНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ. МЕТОД ПАС – ПОПАРНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМОГРАММ. БАЗОВАЯ ТАБЛИЦА СЕТИ СЕЙСМОСТАНЦИЙ ДАГЕСТАНА

© 2013 М. М. Шахрай, Я. М. Шахрай

Дагестанский филиал Геофизической службы РАН, Россия, 367008, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Белинского, 16, e-mail: m_shahray@mail.ru

Использование метода ПАС – Попарного Анализа Сейсмограмм – позволяет непосредственным образом, т. е. пользуясь только данными, записанными на двух сейсмограммах, определить: а) время в очаге, что открывает дорогу к математически точной коррекции параметров записи землетрясения; б) отношение расстояний от пары станций до очага, что ведет к локации очага; в) отношение скоростей, что позволяет оперативно контролировать упругие свойства среды.

В работе анализируются основные недостатки традиционной годографической обработки сейсмограмм и излагаются принципы построения метода ПАС, практически проверенного для ближних землетрясений. В конце приводится таблица базовых расстояний между станциями и азимуты, определяющие ориентацию этих отрезков в обоих направлениях. Приводятся формулы расчета данных таблицы.

Ключевые слова: инструментарии обработки записей землетрясений; субъективная статистичность; объективная статистичность; годографический метод обработки; метод ПАС; базовая таблица сейсмостанций.

Центральное место в инструментарии обычной обработки записей землетрясений занимает годограф – справочное руководство по обработке сейсмограмм с набором сведений об усредненных по длинному отрезку времени и обширной территории скоростных свойствах среды распространения сейсмоволн. Фактически, это обстоятельство принципиально обуславливает *субъективную статистичность* получаемых данных при интерпретации сейсмозаписей. Эта статистичность субъективна по той причине, что она не обусловлена природой, а вводится авторами годографов и интерпретации при построении.

Главным отрицательным фактором субъективной статистичности является следующее:

данные, используемые при построении годографа, заведомо подвергаются механическому осреднению по широкой территории (широко известный глобальный годограф Джеффриса – Буллена усредняет данные по глобальной сейсмичности по всей территории земного шара) и по периоду наблюдений, по возможности, более длинному;

из этого следует, что используемый годограф не оперативен и никак не учитывает текущие и накапливающиеся изменения в геологической среде, а годографический метод в целом не позволяет относить к числу существенных данные записи, не укладывающиеся в «красивую» картину годографически корректных расчетов и построений. Результаты в законном порядке подгоняются под стандартную схему, и часто ложные выводы вопиющим образом противоречат реальной действительности.

Указанная особенность годографического метода, пока что единственного в мире, является одной из главнейших причин того, что в настоящее время прогноз

землетрясений и, особенно, катастроф является принципиально неосуществимым. Даже японская сейсмология, одна из самых передовых, не приблизилась к предсказаниям таких катастроф, как в Кобе 17.01.1995, $M = 7,3$, в прибрежной зоне Хонсю 11.03.2011, $M = 9,1$ и др. То же можно сказать про катастрофу в турецкой провинции Ван 23 октября 2011 года и другие подобные.

Дело в том, что годограф является официально разработанной и утвержденной сводкой скоростных свойств пород подконтрольного региона, несоблюдение которых весьма нежелательно на официальном уровне и считается нарушением правил. Почти узаконенным является представление о том, что геологические структуры и их свойства весьма стабильны, нерушимы, документально уже хорошо описаны и не подлежат пересмотру.

Однако в практической сейсмографии широко известен факт о не повторяемости землетрясений. Достаточно сказать, что два землетрясения-«близнеца», пришедшие из практически одной точки и имеющие одинаковую энергетику, с разрывом во времени в несколько часов или даже минут, на записях никогда не дублируют друг друга. Среда очага, производшая первое событие, в результате излучения энергии сильно меняет свою физико-энергетическую структуру, и второе землетрясение производится уже практически новым очагом. Значит, использование данных, пусть даже верных при первом землетрясении, при работе со вторым уже приводит к ошибкам, которые, как правило, не просто не учитываются, но даже и не замечаются, ни практиками, ни теоретиками.

Этот главный принципиальный недостаток годографического, ныне практически единственного, метода обработки сейсмограмм, происходит из способа записи и обработки сейсмограмм, в прошлом отсталого и весьма приблизительного.

При современном способе записи с использованием единой мировой службы GPS любая качественно выполненная сейсмограмма представляет собой уже уникальный документ с записью *объективно достоверной информации* о точечно-локальном событии на сейсмостанции, дающий полную возможность интерпретации записи с высокой степенью точности. Использование при этом исключительно годографического метода обработки сейсмограмм, принципиально исключающего возможность получения высокой степени абсолютной точности, является анахронизмом и не устранимым нонсенсом.

Разумеется, сложность геологического и геолого-тектонического устройства Земли, области очага и среды распространения сейсмических волн, вносит свою, обусловленную природой, *объективную статистичность* записываемой картины. В результате, в пункт регистрации поступает сигнал, содержащий информацию не только об оригинальном событии, испущенном из очага, но и о его искажениях на пути распространения в среде.

Эти отклонения от геометрически строгих закономерностей распространения фронта волны и ее различных фаз, т. е. аномалии среды, составляют едва ли не главную задачу (наравне с процессами в очаге) сейсмологии как средства исследования недр земли.

Такие, внешние по отношению к очагу, отклонения и аномалии, как правило, закономерно увеличиваются с возрастанием расстояния и времени движения волны.

В производстве землетрясения на поверхности активное участие принимают как сам очаг – генератор события, так и среда – его проводник.

Поэтому, по признакам типа записываемой информации, все сейсмостанции, или наоборот, что то же самое, записываемые землетрясения, можно разбить на три категории:

- а) далекие станции (землетрясения) $\Delta \geq 2000$ км (18°);
- б) средне-удаленные станции (землетрясения) $2000 > \Delta > 200$ км;
- с) близкие, или около-эпицентральные, станции (землетрясения) $200 > \Delta > 0$ км.

При записи далеких землетрясений (а) объективно фиксируется преимущественно информация о среде распространения волны.

При записи средне-удаленных землетрясений (б) с уменьшением расстояния усиливается роль особенностей очага и уменьшается количество и роль геометрических искажений среды.

Около-эпицентральные записи (с), как правило, подчиняются законам евклидовой геометрии и в них превалирующую роль играют процессы в точке на поверхности **тела очага** – геологического тела в очаговой области, образовавшегося в процессе подготовки данного землетрясения, откуда получила начало записываемая волна. Геометрические аномалии, встречающиеся на пути следования волны к пункту регистрации, представляют особый интерес для анализа тектонического состояния среды *на данный момент*, его развития во времени (по ретроспективному анализу предыдущих записей) и возможного прогнозирования готовящихся событий в будущем.

Существующий годографический метод обработки информации заведомо непроизводительно искажает получаемую информацию, и часто весьма существенно.

Нами разрабатывается метод ПАС – метод **попарного анализа сейсмограмм**, мало, а в некоторых случаях совсем не зависящий от годографического, дающий возможность непосредственно, с использованием только набора записанных данных и данных координат записывающих станций, без привлечения какого-либо дополнительного, статистически осредненного, справочного материала, получать всю информацию, заложенную в сейсмограммах. Число сейсмограмм с записью одного землетрясения должно быть не меньше двух. Сверху оно не ограничено и определяется только объемом вычислений. Метод основывается на идее **связать разность времен прихода сигнала в две разные точки на земной поверхности с разностью координат этих точек, т.е. с их взаимным (базовым) расстоянием и азимутальной ориентацией на земной поверхности**.

Таким образом, устанавливается и исследуется жесткая пространственно-временная связь между двумя группами *известных* (т.е. рабочих) данных 1) записанных на станциях, 2) определенных службой GPS с 3) группой *неизвестных* (т.е. искомых) данных, возникающих в очаге в момент возникновения землетрясения и по пути следования волны.

То есть, ставится задача решения в пространстве и времени естественного сейсмического треугольника, возникающего в момент генерации волны в очаге и оканчивающегося в моменты записи на станциях.

Вершинами сейсмического треугольника являются: а) точка в глубине на теле очага (0) в момент излучения, б) точка расположения станции (1) в момент первой записи и в) точка расположения станции (2) в момент второй записи. Три стороны сейсмического треугольника: (01), (02) – траектории одной и той же фазы волны от очага (0) к станциям (1), (2), расположенные в теле земли, и (12) – базовая прямая, соединяющая станции (1) и (2).

Здесь дано (известные данные): 1) моменты записи P_1, S_1 , $\tau_1 = S_1 - P_1$ и P_2, S_2 , $\tau_2 = S_2 - P_2$; 2) базовое (межстанционное) расстояние a_{12} и 3) координаты станций φ_1, λ_1 и φ_2, λ_2 . Пункты 2) и 3) рассчитаны и приведены в *Базовой таблице*. Точность измерений времени (пункт 1) и координат станций (пункты 2 и 3) определяется службой GPS, задействованной на станциях.

Требуется определить: все параметры землетрясения, вытекающие из записей и решений сейсмического треугольника.

На больших расстояниях решение такого треугольника определяется сферической геометрией и тригонометрией, а также геологической и геофизической неоднородностью среды распространения сейсмоволн. На малых, приэпицентральных, расстояниях прекрасные результаты дает тривиальная, евклидова геометрия с тригонометрией. Количество геолого-геофизических аномалий здесь сводится к минимуму и поддается детальной конкретизации.

Разумеется, решение треугольника во времени предполагает использование физических законов с применением скоростных и других неизвестных параметров и соотношений. В конечных результатах они не проявляются в явном виде. Но при соответствующей постановке и формулировке задачи они также могут быть выведены методом ПАС в своем оперативном значении.

Значения скоростей, их соотношений и остальных параметров определяются как геометрически-временные эффекты. Из этого вытекает, что если рассматривать сейсмический треугольник (временный во времени) как фигуру в псевдоевклидовом 4-мерном пространстве (типа Лобачевского – Минковского), то время в очаге t_0 и времена записи t_1 и t_2 участвуют в качестве соответствующих четвертых координат вершин 4-мерного треугольника, а траектории сейсмоволн – их мировые линии в этом треугольнике.

Основным инструментарием в методе ПАС становится так называемая **базовая таблица сейсмостанций** (табл. 1-1-В – табл. 1-3-Н), в которой сведены координаты станций по данным GPS, взаимные (базовые) расстояния a_{12} между станциями и взаимные азимутальные углы Az_{12} в обоих направлениях.

В целом, базовая таблица – это, при большом количестве станций (здесь представлены сведения о 20 станциях), достаточно емкий объект квадратной формы, каждая ячейка которого содержит сведения о базовых соотношениях выбранной пары станций – расстояние и азимут. В принятой нами системе расчета угла азимута введено правило: строки таблицы соответствуют позиции *наблюдателя*, столбцы – позиции *наблюдаемого объекта*.

В формате печатного листа А-4, в целях удобочитаемости таблица (20×20) разделена по горизонтали на два листа – верхний (9 станций) и нижний (11 станций), а по вертикали на три группы (7+7+6) станций.

Базовые расстояния в км a_{12} и в градусах Δ°_{12} и азимуты β°_{12} вычислялись по формулам, выводимым из геометрии на сфере:

$$a_{12} = III \cdot \Delta^{\circ}_{12} \text{ (км)}, \quad (1)$$

$$\Delta^{\circ}_{12} = \cos^{-1}[\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1)]; \quad (2)$$

$$\beta^{\circ}_{12} = \sin^{-1} \frac{\cos \varphi_2 \cdot \sin(\lambda_2 - \lambda_1)}{\sin \Delta^{\circ}_{12}}, \quad (3)$$

где индексы означают: 1 – наблюдатель, 2 – наблюдаемый объект; $\{\varphi_i, \lambda_{ij}\}$ – гео-

графические координаты станций; $\Delta^{\circ}_{12} = \frac{a_{12}}{111}$ – градусное выражение базового расстояния a_{12} .

Таблица 1-1-В 1

Верхний лист: АХТЫ – КАСУМКЕНТ-ДЕРБЕНТ-АРАКАНЫ-УРКАРАХ-КУМУХ-КАЯКЕНТ-СЕРГОКАЛА-ГУНИБ

	Ахты	Касумкент	Дербент	Араканы	Уркарах	Кумух	Каякент	
Ахты 41,4793 47,7148	Ахты 41,4793 47,7148	36,715 68,1486	78,926 30,04	138,187 334,5	76,485 354,8	88,415 324,7	98,748 14,71	Ахты 41,4793 47,7148
Касумкент 41,6023 48,1246	36,715 248,15	Касумкент 41,6023 48,1246	49,518 200,3	144,982 320	74,657 326,8	103,144 304,54	82,310 353,9	Касумкент 41,6023 48,1246
Дербент 42,0204 48,3318	78,926 210,04	49,518 20,273	Дербент 42,0204 48,3318	127,487 300,5	59,965 285,5	102,470 276,75	43,822 323,9	Дербент 42,0204 48,3318
Араканы 42,6021 46,9942	138,187 154,515	144,982 140,008	127,487 120,5	Араканы 42,6021 46,9942	71,346 312,9	53,277 170,82	88,846 109,2	Араканы 42,6021 46,9942
Уркарах 42,1649 47,6310	76,485 174,8	74,657 146,85	59,965 105,5	71,346 132,9	Уркарах 42,1649 47,6310	44,113 264,77	37,242 238,7	Уркарах 42,1649 47,6310
Кумух 42,1287 47,0977	88,415 144,688	103,144 124,542	102,480 96,75	53,277 350,8	44,113 84,77	Кумух 42,1287 47,0977	79,226 252,8	Кумух 42,1287 47,0977
Каякент 42,339 48,018	98,748 194,707	82,320 173,86	43,820 143,9	88,846 289,2	37,242 58,71	79,226 72,846	Каякент 42,339 48,018	Каякент 42,339 48,018
Сергокала 42,4576 47,6556	108,800 177,424	102,603 157,838	73,843 131,1	56,480 106,5	32,582 183,6	58,629 51,446	32,522 113,9	Сергокала 42,4576 47,6556
Гуниб 42,3893 46,9638	118,633 148,453	129,734 132,373	119,809 110	23,773 6,013	60,246 114,4	30,975 159,18	86,718 93,71	Гуниб 42,3893 46,9638
	Ахты	Касумкент	Дербент	Араканы	Уркарах	Кумух	Каякент	

В ячейках в верхней строчке записано базовое расстояние в км, в нижней – азимут в градусах.

Таблица 1-2-В 2

Верхний лист: МАНАС-КАКАШУРА-ХУНЗАХ-УНЦУКУЛЬ-БОТЛИХ-АХТЫ – КАСУМКЕНТ-ДЕРБЕНТ-АРАКАНЫ-УРКАРАХ-КУМУХ-КАЯКЕНТ-СЕРГОКАЛА-ГУНИБ

	Сергокала	Гуниб	Манас	Какашюра	Хунзах	Унцукуль	Ботлих	
Ахты 41,4793 47,7148	108,79908 357,42	118,6325 328,5	136,2643 0,073	129,98335 349,59	144,791 324,9	156,96576 331,04	180,4792 316,9	Ахты 41,4793 47,7148
Касумкент 41,6023 48,1246	102,60326 337,84	129,7336 312,4	127,1139 344,7	127,72243 333,37	157,0669 311,8	165,2963 318,43	196,439 307	Касумкент 41,6023 48,1246
Дербент 42,0204 48,3318	73,842769 311,13	119,8087 290	91,35848 326,5	100,36736 312,44	145,8442 293,6	148,05165 301,44	187,6868 292,4	Дербент 42,0204 48,3318
Араканы 42,6021 46,9942	56,479865 286,51	23,77287 186	60,16468 259	35,765245 265,03	24,46998 285	20,717785 307,45	63,73324 276,3	Араканы 42,6021 46,9942
Уркарах 42,1649 47,6310	32,581716 3,5564	60,24597 294,4	60,50535 186,7	54,240323 342,3	86,94981 299,1	91,998085 311,68	128,4511 295,6	Уркарах 42,1649 47,6310
Кумух 42,1287 47,0977	58,629012 231,45	30,97545 339,2	81,79264 218,4	62,012863 26,089	56,37961 145,1	69,821598 339,02	93,53669 309,6	Кумух 42,1287 47,0977
Каякент 42,339 48,018	32,521777 293,9	86,71817 273,7	47,62909 328,8	58,018329 303,87	110,0324 282	108,67695 292,64	151,7283 283,8	Каякент 42,339 48,018
Сергокала 42,4576 47,6556	Сергокала 42,4576 47,6556	57,24073 262,4	28,02727 10,31	26,605725 316,05	78,44309 277,1	76,16186 292,1	119,784 281,1	Сергокала 42,4576 47,6556
Гуниб 42,3893 46,9638	57,24073 82,379	Гуниб 42,3893 46,9638	70,96446 60,3	46,61458 54,993	27,3574 129,3	38,84623 158,9	68,24147 116,7	Гуниб 42,3893 46,9638

В ячейках в верхней строчке записано базовое расстояние в км, в нижней – азимут в градусах.

Верхний лист: **КАРАНАЙ-БУЙНАКСК-МАХАЧКАЛА-ЛЕНИНКЕНТ-ДУБКИ-ДЫЛЫМ-АХТЫ – КАСУМКЕНТ-ДЕРБЕНТ-АРАКАНЫ-УРКАРАХ-КУМУХ-КАЯКЕНТ-СЕРГОКАЛА-ГУНИБ**

Таблица 1-3-В 3

	Каранай	Буйнакс	Махачкала	Ленинск	Дубки	Дылым	
Ахты	163,8708	157,3045	162,470398	162,703212	185,80443	198,663173	Ахты
41,4793 47,7148	336	341,3	353,754	349,66	338,79	333,028	41,4793 47,7148
Касумкент	169,0234	159,3113	156,503861	159,322658	189,6928	204,911858	Касумкент
41,6023 48,1246	323,6	328,2	340,845	336,76	326,23	322,878	41,6023 48,1246
Дербент	147,3431	134,3453	122,168827	127,79297	165,14499	182,576742	Дербент
42,0204 48,3318	307,4	311,4	326,089	321,45	312,34	309,83	42,0204 48,3318
Араканы	25,98688	25,89533	55,2568072	46,235226	48,249981	60,6041939	Араканы
42,6021 46,9942	343,8	20,23	48,2939	40,192	345	329,684	42,6021 46,9942
Уркарах	94,55092	84,70293	86,0068184	86,774764	115,03787	130,489788	Уркарах
42,1649 47,6310	321	329,4	352,839	345,19	325,83	320,637	42,1649 47,6310
Кумух	79,13405	76,89399	95,2342785	90,4986596	101,39972	111,985762	Кумух
42,1287 47,0977	168,5	180,4	200,234	193,73	168,05	159,525	42,1287 47,0977
Каякент	105,9272	89,78866	78,406326	84,0203476	122,44155	140,356401	Каякент
42,339 48,018	300,8	303,6	327,318	320,2	308,27	305,521	42,339 48,018
Сергокала	73,7661	60,50874	54,3236298	56,7614861	91,346989	108,751107	Сергокала
42,4576 47,6556	303,8	311,8	346,474	334,83	313,31	308,953	42,4576 47,6556
Гуниб	48,83001	49,28955	74,6178215	67,2633047	70,960308	81,0117062	Гуниб
42,3893 46,9638	354,4	193,4	35,9508	28,77	351,88	339,657	42,3893 46,9638
	Каранай	Буйнакс	Махачкала	Ленинск	Дубки	Дылым	

В ячейках в верхней строчке записано базовое расстояние в км, в нижней – азимут в градусах.

Таблица 1-1-Н
1 Нижний лист: АХТЫ-КАСУМКЕНТ-ДЕРБЕНТ-АРАКАНЫ-УРКАРАХ-КУМУХ-КАЯКЕНТ-МАНАС-КАКАШУРА-ХУНЗАХ-УНЦУКУЛЬ-БОТЛИХ-КАРАНАЙ-БУЙНАКСК-МАХАЧКАЛА-ЛЕНИНКЕНТ-ДУБКИ-ДЫЛЫМ

	Ахты	Касумкент	Дербент	Араканы	Уркарах	Кумух	Каякент	
Манас 42,7058 47,7169	136,26426 180,073	127,113874 164,682	91,35848 146,5	60,16468 78,96	60,50535 6,685	81,79264 38,383	47,62909 148,8	Манас 42,7058 47,7169
Какаштура 42,63 47,43	129,983347 169,587	127,722428 153,372	100,3674 132,4	35,76524 85,03	54,24032 162,3	62,012863 206,09	58,01833 123,9	Какаштура 42,63 47,43
Хунзах 42,5451 46,7053	144,790995 144,863	144,790995 131,826	145,8442 113,6	24,46998 105	86,94981 119,1	56,379606 325,14	110,0324 102	Хунзах 42,5451 46,7053
Унцукуль 42,7155 46,7929	156,96576 151,042	165,296296 138,434	148,0517 121,4	20,71778 127,5	91,99808 131,7	69,821598 159,02	108,6769 112,6	Унцукуль 42,7155 46,7929
Ботлих 42,6653 46,2192	180,479234 136,891	196,43903 126,956	187,6868 112,4	63,73324 96,33	128,4511 115,6	93,536687 129,59	151,7283 103,8	Ботлих 42,6653 46,2192
Каранай 42,8267 46,9053	163,870778 155,991	169,02336 143,589	147,3431 127,4	25,98688 163,8	94,55092 141	79,134051 348,51	105,9272 120,8	Каранай 42,8267 46,9053
Буйнакск 42,8208 47,1039	157,30446 161,344	159,311289 148,183	134,3453 131,4	25,89533 200,2	84,70293 149,4	76,893988 0,3786	89,78866 123,6	Буйнакск 42,8208 47,1039
Махачкала 42,933 47,5	162,470398 173,754	156,503861 160,845	122,1688 146,1	55,25681 228,3	86,00682 172,8	95,234279 20,234	78,40633 147,3	Махачкала 42,933 47,5
Ленинск 42,92 47,36	162,703212 169,66	159,322658 156,759	127,793 141,5	46,23523 220,2	86,77476 165,2	90,49866 13,728	84,02035 140,2	Ленинск 42,92 47,36
Дубки 43,0216 46,8410	185,804427 158,794	189,692797 146,225	165,145 132,3	48,24998 165	115,0379 145,8	101,39972 348,05	122,4415 128,3	Дубки 43,0216 46,8410
Дылым 43,0730 46,6187	198,663173 153,028	204,911858 142,878	182,5767 129,8	60,60419 149,7	130,4898 140,6	111,98576 339,52	140,3564 125,5	Дылым 43,0730 46,6187
	Ахты	Касумкент	Дербент	Араканы	Уркарах	Кумух	Каякент	

В ячейках в верхней строчке записано базовое расстояние в км, в нижней – азимут в градусах.

Таблица 1-2-Н

2 Нижний лист: СЕРГОКАЛА-ГУНИБ-МАНАС-КАКАШУРА-ХУНЗАХ-УНЦУКУЛЬ-БОТЛИХ-КАРАНАЙ-БУЙНАКСК-МАХАЧКАЛА-ЛЕНИНКА-ДУБКИ-ДЫЛЫМ

	Сергокала	Гуниб	Манас	Какашюра	Хунзах	Унцукуль	Ботлих
Манас 42,7058 47,7169	28,027271 190,31	70,96446 240,3	Манас 42,7058 47,7169	24,904248 250,24	84,60001 257,8	75,438067 270,88	122,3953 272,2
Какашюра 42,63 47,43	26,605725 136,05	46,61458 235	24,90425 70,24	Какашюра 42,63 47,43	60,02364 261	52,901093 280,35	99,02078 272,3
Хунзах 42,5451 46,7053	78,443091 97,126	27,3574 309,3	84,60001 77,81	60,023644 80,956	Хунзах 42,5451 46,7053	20,240349 20,718	41,9333 288,6
Унцукуль 42,7155 46,7929	76,16186 112,1	39,27292 338,9	75,43807 90,88	52,901093 100,35	20,24035 200,7	Унцукуль 42,7155 46,7929	47,17999 263,2
Ботлих 42,6653 46,2192	119,78403 101,12	68,24147 296,7	122,3953 92,17	99,020777 92,306	41,9333 108,5706	47,17999 83,208	Ботлих 42,6653 46,2192
Каранай 42,8267 46,9053	73,766103 123,77	48,83001 174,4	67,54432 101,5	48,075492 117,04	35,29278 207,6	15,383756 216,58	58,77956 252,2
Буйнакс 42,8208 47,1039	60,508742 131,83	49,28955 13,44	51,60624 104,3	34,024947 128,54	44,69879 226,7	27,932815 245,24	74,22294 256,5
Махачкала 42,933 47,5	54,32363 166,47	74,61782 216	30,81524 145	34,143782 189,62	77,85954 236,4	62,480008 247,25	108,561 254,1
Ленинск 42,92 47,36	56,761486 154,83	67,2633 208,8	37,58196 129,3	32,720803 169,95	67,74433 232,1	51,497854 243,82	97,2146 253,1
Дубки 43,0216 46,8410	91,346989 133,31	70,96031 171,9	79,48904 116,2	64,778032 132,19	54,08311 191,8	34,232503 186,57	64,28484 232
Дылым 43,0730 46,6187	108,75111 128,95	81,01171 159,7	98,26084 114,5	82,394145 126,68	59,07288 173,1	42,173118 340,35	55,76601 215,7
	Сергокала	Гуниб	Манас	Какашюра	Хунзах	Унцукуль	Ботлих

В ячейках в верхней строчке записано базовое расстояние в км, в нижней – азимут в градусах.

Таблица 1-3-Н

3 Нижний лист: МАНАС-КАКАШУРА-ХУНЗАХ-УНЦУКУЛЬ-БОТЛИХ-КАРАНАЙ-БУЙНАКСК-МАХАЧКАЛА-ЛЕНИНКЕНТ-ДУБКИ-ДЫЛЫМ

	Каранай	Буйнакс	Махачкала	Ленинск	Дубки	Дылым
Манас 42,7058 47,7169	67,54432	51,60624	30,8152381	37,5819633	79,489044	98,2608413
Манас 42,7058 47,7169	281,5	284,3	324,998	309,29	296,19	294,532
Какашюра 42,63 47,43	48,07549	34,02495	34,143782	32,720803	64,778032	82,394145
Какашюра 42,63 47,43	297	308,5	9,62351	349,95	312,19	306,68
Хунзах 42,5451 46,7053	35,29278	44,69879	77,8595407	67,7443253	54,08311	59,072883
Хунзах 42,5451 46,7053	27,57	46,74	56,392	52,06	11,806	353,138
Унцукуль 42,7155 46,7929	15,38376	27,93281	62,4800078	51,4978543	34,232503	42,1731183
Унцукуль 42,7155 46,7929	36,58	65,24	67,2466	63,82	6,5698	160,354
Ботлих 42,6653 46,2199	58,77956	74,22294	108,561015	97,2145998	64,28484	55,7660111
Ботлих 42,6653 46,2199	72,24	76,54	74,0949	73,074	51,992	35,6848
Каранай 42,8267 46,9053	Каранай 42,8267 46,9053	16,1964	49,8352297	38,4456662	22,276287	35,9438604
Каранай 42,8267 46,9053	272,3	92,32	76,2904	74,358	346,42	319,579
Буйнакс 42,8208 47,1044	16,1964	Буйнакс 42,8208 47,1039	34,5741769	23,5861197	30,905806	48,3944652
Буйнакс 42,8208 47,1044	272,3	47,1039	68,8663	62,143	316,21	305,379
Махачкала 42,933 47,5	49,83523	34,57418	Махачкала 42,93347,5	11,4802864	54,46254	73,2745804
Махачкала 42,933 47,5	256,3	248,9	42,93347,5	262,77	280,42	282,259
Ленинск 42,92 47,36	38,44567	23,58612	11,4802864	Ленинск 42,9247,36	43,674347	62,5887825
Ленинск 42,92 47,36	254,4	242,1	82,7725	42,9247,36	284,98	285,76
Дубки 43,0216 46,8410	22,27629	30,90581	54,4625403	43,6743468	Дубки 43,0216 46,8410	18,9305638
Дубки 43,0216 46,8410	166,4	136,2	100,415	104,98	43,0216 46,8410	287,557
Дылым 43,0730 46,6187	35,94386	48,39447	73,2745804	62,5887825	18,930564	Дылым 43,0730 46,6187
Дылым 43,0730 46,6187	139,6	125,4	102,259	105,76	107,56	43,0730 46,6187
	Каранай	Буйнакс	Махачкала	Ленинск	Дубки	Дылым

В ячейках в верхней строчке записано базовое расстояние в км, в нижней – азимут в градусах.

Формула (3) дает значащую цифру азимута β_{12}° – азимутальное внеквadrантное число. Для получения азимута Az_{12} необходимо дополнить β_{12}° квадрантным числом 180° или 360° , в зависимости от соотношений координат. Эта процедура производится вручную и визуальнo по карте:

$$\left\{ \begin{array}{l} I: \lambda_2 > \lambda_1; \varphi_2 > \varphi_1: Az_{12}^{\circ} = \beta_{12}^{\circ} \\ II: \lambda_2 > \lambda_1; \varphi_2 < \varphi_1: Az_{12}^{\circ} = -\beta_{12}^{\circ} + 180^{\circ} \\ III: \lambda_2 < \lambda_1; \varphi_2 < \varphi_1: Az_{12}^{\circ} = \beta_{12}^{\circ} + 180^{\circ} \\ IV: \lambda_2 < \lambda_1; \varphi_2 > \varphi_1: Az_{12}^{\circ} = -\beta_{12}^{\circ} + 360^{\circ} \end{array} \right.$$

Обратный азимут (из точки 2 в точку 1) равен $Az_{21}^{\circ} = Az_{12}^{\circ} \pm 180^{\circ}$.

Из числа n станций можно определить число N возможных пар по формуле:

$$N = \frac{n}{2}(n - 1).$$

В нашей таблице $n = 20$. Следовательно, $N = 190$.

Все технические погрешности вычислений по этим формулам определяются величиной отклонения используемого числа 111 от реального значения длины земного градуса и степенью точности определения координат станций.

LOCAL SEISMOLOGY. PAS METHOD OF THE SEISMOGRAMS PAIREWISE ANALYSIS. BASE TABLE OF THE DAGESTAN SEISMIC STATIONS NETWORK

M. M. Shahray, Ya. M. Shahray

Dagestan branch of RAS Geophysical Survey, 16, Belinskogo st., Makhachkala,
Russia, 367008, e-mail: m_shahray@mail.ru

The use of the PAS Method – Pairwise Analysis of Seismograms – allows directly, using only data recorded at two seismic records to determine: a) the origin time, for a mathematically precise correction of the earthquake, b) the ratio of the distances from the source to the pair stations, to locate the source, c) the ratio of the velocities that allows controlling of the elastic properties of the medium.

This paper analyzes the main disadvantages of the traditional processing hodograph gathers and presents the principles of the method of PAS, practically tested for near earthquakes. At the end the table of distances between base stations and azimuths determining the orientation of the segments in both directions is given with formulas for calculating these tables.

Keywords: earthquake records processing tools; subjective randomness, objective randomness; hodograph processing method, the PAS method, seismic stations table.