

**Об ИСКАЖЕНИИ КООРДИНАТ ГИПОЦЕНТРОВ МЕСТНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ  
при НЕКОРРЕКТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ  
о КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН**

**В.Е. Кульчицкий<sup>1</sup>, Б.Г. Пустовитенко<sup>1,2</sup>, В.А. Свидлова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Государственное автономное учреждение «Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений», г. Симферополь, [vekkes@rambler.ru](mailto:vekkes@rambler.ru)

<sup>2</sup>Институт сейсмологии и геодинамики Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, [bpustovitenko@mail.ru](mailto:bpustovitenko@mail.ru)

Среди проблем, связанных с оценкой сейсмического потенциала сейсмогенерирующих структур и сейсмических воздействий, важное место занимает достоверность параметризации гипоцентров землетрясений, особенно глубин очагов.

Определение параметров гипоцентров землетрясений Крымско-Черноморского региона осуществляется по волновым формам сейсмических колебаний, регистрируемых сетью региональных станций, расположенных на Крымском полуострове и ближайшими к очагам сейсмическими станциями Кубани и Северного Кавказа. Сейсмические станции Турции, Болгарии, Румынии и других государств регистрируют только наиболее сильные землетрясения региона с энергетическими классами  $K_{II} > 10$ . По данным региональной обработки инструментальных записей землетрясений в Крыму и Мировой сети станций установлено, что в пределах Крымско-Черноморского региона отсутствуют землетрясения с очагами глубже 60 км, находясь преимущественно в диапазоне  $h = 15-25$  км [1, 2]. Для наиболее сильных землетрясений, зарегистрированных большим количеством станций, глубинные фазы также соответствуют глубине очага в пределах земной коры [3].

В связи с появлением публикаций [4, 5], в которых приведены результаты «обнаружения» мантийных землетрясений Крыма, в том числе с глубиной очага до 300 км, возникла необходимость разобраться в причинах столь значительного различия глубин очагов в интерпретации [4, 5] и известными опубликованными региональными и международными данными.

**Методика и результаты определения гипоцентров землетрясений в Крымском региональном центре.** В настоящее время координаты эпицентров и глубин очагов землетрясений Крымско-Черноморского региона определяются, в основном, по программе GPO-08 [6], разработанной в отделе сейсмологии Института геофизики академии наук Украины (ныне Институт сейсмологии и геодинамики ФГ АОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского России) и по программе WSG [7].

Алгоритм программы GPO-08 основан на минимизации суммы квадратов «невязок» времен пробега продольных и поперечных (прямых и головных) волн. При минимизации используется алгоритм симплексного поиска, разработанный Нелдером и Мидом в 1965 г. [8]. Метод Нелдера-Мида относится к методам безусловной оптимизации функций нескольких переменных. С помощью этого метода находится локальный минимум в заданном объеме. Для повышения вероятности попадания в возможный глобальный минимум применяется прием многократного поиска из различных стартовых точек, задаваемых случайным образом, и находится минимум из расчетных локальных минимумов. Принимается, что параметры землетрясения соответствуют рассчитанным координатам полученной точки минимума.

При расчетах используются годографы прямых и головных волн. Региональные годографы прямых волн [9] получены по результатам записей 45 землетрясений Крымско-Черноморского региона. Координаты гипоцентров этих землетрясений были определены по временам вступления прямых волн методом Вадати [10]. По полученным данным построены годографы прямых продольной  $\bar{P}$ - и поперечной  $\bar{S}$ -волн в интервале глубин от 0 до 40 км с шагом 5 км. Зависимость скорости от глубины интерполировалась сплайн-функциями. С хо-

рошим приближением экспериментальные годографы прямых волн представлены гиперболами

$$t_{i,j} = \frac{1}{\bar{V}_j} \cdot \sqrt{\Delta_i^2 + h_j^2},$$

где  $\Delta_i$  – эпицентральное расстояние,  $t_{i,j}$  – время пробега волны ( $P$  или  $S$ ) на пути от очага с глубиной  $h_j$  до точки с эпицентральным расстоянием  $\Delta_i$ , скорости прямой волны  $\bar{V}_j$  для глубины очага  $h_j$ .

Годографы головных волн взяты из таблиц [11], интерполяция которых представлена в виде линейных функций

$$t_{i,j} = a_j + \frac{\Delta_i}{V_j},$$

где  $V_j$  – скорости головных волн для глубин  $h_j$ . Величины  $a_j$  – постоянные для годографа этой глубины.

Время возникновения землетрясения  $t_0$  определялось из графика Вадати. График Вадати представляет зависимость

$$t_p = t_0 + \frac{1}{k-1}(t_s - t_p),$$

где  $t_p$ ,  $t_s$  – времена вступлений продольной  $P$ - и поперечной  $S$ -волн,  $k = V_p/V_s$  – отношение скоростей продольной и поперечной волн.

В программе GIPO-08 применяется сферическая система координат и ограничения касаются только радиуса обзора, связанного с условием линейности годографов головных волн. Программа написана на языке системы инженерных и научных вычислений MATLAB 7 [12], работает в диалоговом режиме, имеет удобный и простой интерфейс.

Программа WSG [7] используется для первичной интерпретации волновых картин, полученных цифровой аппаратурой: выделения волн, определения времени их вступлений и четкости, знаков первых смещений, периодов и амплитуд максимальных фаз и коды, азимутов на эпицентр, оценки магнитуд. При этом можно использовать по выбору различные годографы.

Информация о землетрясениях Крымско-Черноморского региона с 1970 по 2012 гг. с подробными данными кинематических и динамических характеристик объемных сейсмических волн каждого землетрясения на станциях регистрации приведена в ежегодных сборниках [13, 14]. Далее по тексту для краткости эти источники будем называть «Бюллетенями».

Длительный период инструментальных наблюдений в Крыму, использование Мировой сети данных показывают, что в Крымско-Черноморском регионе очаги большинства землетрясений приурочены к земной коре [1, 2, 13, 14]. Расчеты параметров землетрясений с использованием иных годографов и по другим программам [15, 16] также указывают на незначительную глубину очагов. Глубинных фаз, обязанных глубоким мантийным очагам, для землетрясений региона не обнаружено. Для наиболее сильных землетрясений, зарегистрированных большим количеством станций, глубинные фазы соответствуют небольшой глубине очага в пределах земной коры (см. сайт <http://www.isc.ac.uk/>).

**Анализ результатов «переопределения» гипоцентров по работе [4, 5].** В статье [4] приведено пространственное распределение гипоцентров землетрясений Крымско-Черноморского региона по результатам их пересчетов за период с 1970 г. по 2012 г., всего 1645 событий с диапазоном энергетических классов  $K_{II}=3.7-13.2$  и глубин  $h=5-46$  км (по данным Бюллетеней).

«Переопределение» гипоцентров проводилось по программе, разработанной В.Ю. Бурминым [17]. В результате такого переопределения впервые были «обнаружены» 68 мантийных землетрясений с глубиной очага  $h>200$  км, пять из которых с максимальными глубинами  $h=299-300$  км. Столь парадоксальные результаты привели нас к необходимости провести работу по выяснению причин различия в оценках параметров гипоцентров. Для этого были заново переопределены параметры землетрясений за старые годы по новым региональным программам, которые подтвердили обоснованность прежних оценок, а также сопоставлены данные разных международных сейсмологических агентств. Одновременно проведена проверка исходных данных, использованных в [4, 5] и подобраны дополнительные сведения о землетрясениях. В первую очередь была проанализирована информация об исходных данных,

использованных в расчетах по программе [17], любезно представленная В.Ю. Бурминым. Здесь и далее по тексту будем, для краткости, данные по В.Ю. Бурмину брать в кавычки: «переопределение», «исправление».

Известно, что авторы [4, 5] использовали в своих расчетах только времена вступлений продольных и поперечных волн, приходящих на сейсмические станции Крыма и Северного Кавказа, опубликованные в «Бюллетенях». Работа с исходным сейсмологическим материалом (аналоговыми и цифровыми записями землетрясений) ими не проводилась. Однако перед пересчетом выполнялись некоторые манипуляции, которые можно свести к следующим действиям:

- 1) «исправление» (на самом деле, искажение) зарегистрированных времен вступлений сейсмических волн, представленных в Бюллетенях;
- 2) неучет («отбрасывание») кинематической информации о землетрясениях, зарегистрированных на ближайших к очагу станциях;
- 3) использование минимального числа станций в узком азимутальном секторе относительно очага;
- 4) неучет данных станций мировой сейсмологической сети;
- 5) произвольный выбор для пересчетов первичной информации по данным Крымской сети станций и Северного Кавказа.

**«Исправление» исходных данных, опубликованных в Бюллетенях.** В статье [4] в нескольких фразах излагается метод анализа и «исправления» данных Бюллетеней. Приведем выдержки из этой статьи. «Прежде чем пересчитать координаты гипоцентров землетрясений на основе анализа графиков Вадати, проведено очищение бюллетеней от «плохих» данных. Предполагалось, что большие погрешности в построении графиков Вадати прежде всего связаны с ошибками в определении на сейсмограммах фаз поперечных волн. В связи с этим, были убраны те значения времен прихода поперечных волн, которые дают большие отскоки от графика Вадати». Далее, «На ...рис. 15 (из статьи [4]) показаны суммарные графики Вадати после корректировки времен прихода поперечных волн. На рисунке все точки приведены к  $t_0=0$ . Наклон графика на рис. 15 составляет 1.379, что соответствует отношению скоростей продольных и поперечных волн 1.725» (см. рис.1).

И далее: «После корректировки исходных данных координаты всех сейсмических событий, зарегистрированных тремя и более сейсмостанциями Крыма за 1970–2012 гг., пересчитывались по упомянутой выше программе» [4].

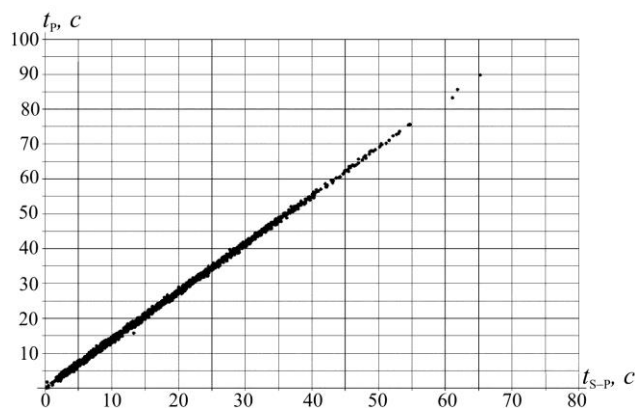


Рис. 1. Скорректированные точки на графике Вадати (рис. 15 из статьи [4])

исходных данных приводит к тому, что значительный реальный экспериментальный объем первичной информации подвергается необоснованным грубым искажениям.

**Наблюдаемые отношения  $V_p/V_s$ .** В реальной геологической среде, как показывают многочисленные экспериментальные данные, отношение  $k$  варьирует в широком интервале от 1.4 до 2.1 [18–20 и др.]. Такие же вариации отношения  $k$  наблюдаются и в Крымско-Черноморском регионе. Величины  $V_p/V_s$ , определенные по данным 615 наиболее сильных представительных землетрясений Крымско-Черноморского региона за период с 1955. по 2016 гг., изменяются в пределах от 1.55 до 1.94 (рис. 3 б).

Анализ предоставленной нам информации об исходных данных, использованных в расчетах по программе [17], показал, что первичные данные о кинематических параметрах сейсмических волн из Бюллетеней действительно «корректировались» таким образом, чтобы все точки на суммарном графике Вадати соответствовали постулату  $V_p/V_s = k = \text{const} \approx 1.73$ .

«Исправление» экспериментальных данных на фиктивные, «загоняя» их в узкий теоретический диапазон значений отношения  $V_p/V_s = k$ , по нашему убеждению, не имеет под собой никаких оснований и противоречит наблюдательной сейсмологии. Принудительная «коррекция» ис-

Следует обратить внимание на замечание в Руководстве [10, с. 40–41]: «способ Вадати основан на предположении, что отношение  $V_p/V_s=k$  остается постоянным вплоть до значительных глубин. Необходимо иметь в виду, что, если сейсмические волны распространяются через слои, лежащие ниже гранитного слоя, то  $V_p/V_s$  не является постоянной величиной. Изменения этой величины не очень велики, но они все же могут привести к неточному результату (вместо прямой линии получается кривая), в особенности, когда пользуются наблюдениями малого числа станций».

На рис. 2 показаны примеры надежных графиков Вадати для Крымско-Черноморского региона с отношениями  $k$ , отличающимися от значения 1.73.

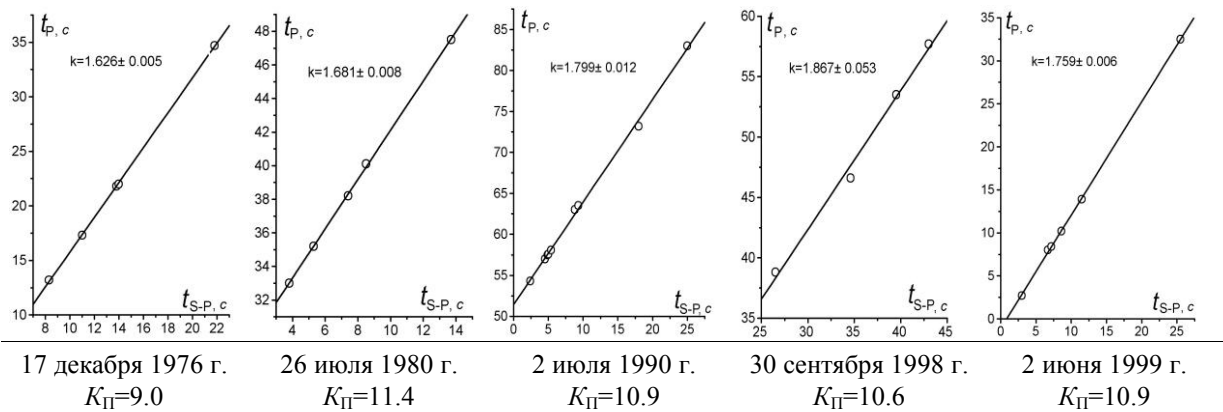


Рис. 2. Примеры графиков Вадати и отношений  $V_p/V_s=k$  для землетрясений Крыма

Отметим также, что наблюдаемый параметр  $k$  изменяется как в пространстве, так и во времени [20], в том числе по Крымскому региону (рис. 3).

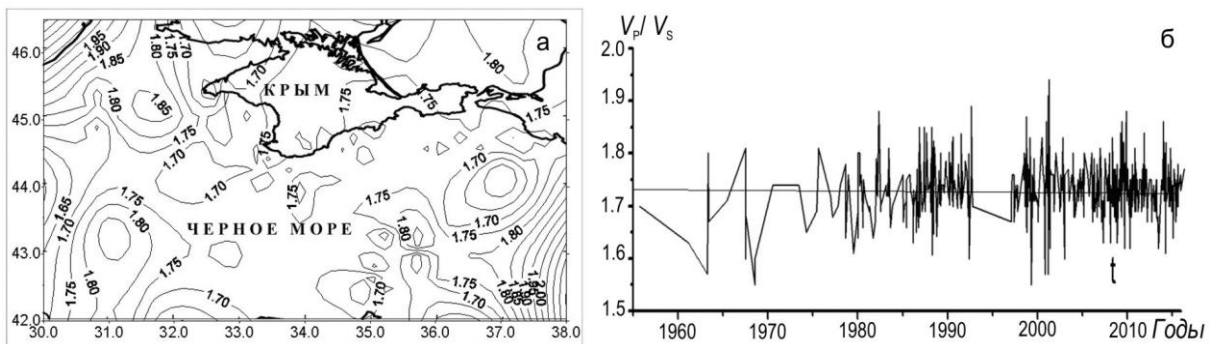


Рис. 3. Распределение параметра  $k$  по площади (а) и во времени (б) для землетрясений Крымско-Черноморского региона за период 1955–2016 гг.

Из рис. 3 а видна пространственная неоднородность поля значений  $k$ , при этом наибольшие значения характерны в основном для краевых зон региона, а близкие к средним – для Крымского и Турецкого побережья Черного моря. На рис. 3 б прямой линией отмечено значение  $V_p/V_s=1.73$ . На временном распределении  $V_p/V_s$  (рис. 3 б) выделяется период заниженных значений до середины 70-х годов и дальнейшее их близкое к равномерному распределению величин относительно  $V_p/V_s=1.73$  (рис. 3 б). В период разгрузки очаговых зон наиболее сильных землетрясений Крыма отмечены вариации параметра  $k$  как в форшоковый, так и в афтершоковый периоды [2]. Пример зависимости  $V_p/V_s$  от времени  $t$  для форшокового периода сложных последовательностей землетрясений центральной зоны региона 18 октября 1998 г. и 12 апреля 2009 г. приведен на рис. 4.

Известны также работы [19–24 и др.], в которых отношение  $V_p/V_s$  служит прогностическим критерием сильных сейсмических событий, что свидетельствует о сложной зависимости реологического состояния пород от времени.

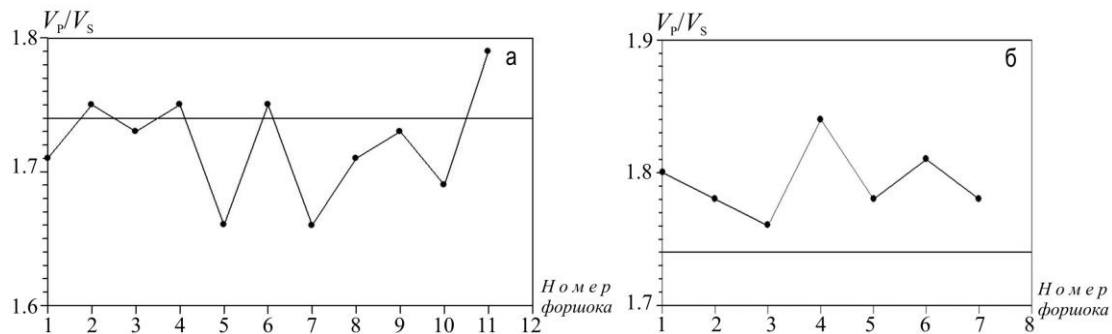


Рис. 4. Вариации кинематического параметра  $V_p/V_s$  в форшоковый период ощутимых землетрясений: а – 18 октября 1998 г. с  $K_{II}=12.0$ ; б – 12 апреля 2009 г. с  $K_{II}=11.2$

**«Корректировка» исходных данных.** Как было сказано ранее, на подготовительном этапе авторами работ [4, 5] проводилась коррекция («исправление») времен вступлений волн по отношению к временам, опубликованным в Бюллетенях. На рис. 5 показаны гистограммы отклонений времен вступлений  $dt=t_2-t_1$ , где  $t_1$  – время вступления волны по Бюллетеням,  $t_2$  – «исправленное» время вступления. В дальнейшем нижний индекс 1 будем приписывать данным Бюллетеней, индекс 2 – временам, «исправленным» авторами работы [4].

Анализ гистограмм показывает:

- наибольшее количество искажений, превосходящих возможные ошибки определения времен вступлений волн на сейсмограммах, претерпели времена вступлений поперечных волн, причем искажения имели место для всех станций Крымской сети;
- гистограммы носят симметричный характер, т.е. равноценны искажения запаздывания и опережения во временах вступлений;
- интервал отклонений: от  $-25$  с до  $+12$  с для  $S$ -волн и от  $-9$  с до  $+10$  с для  $P$ -волн.

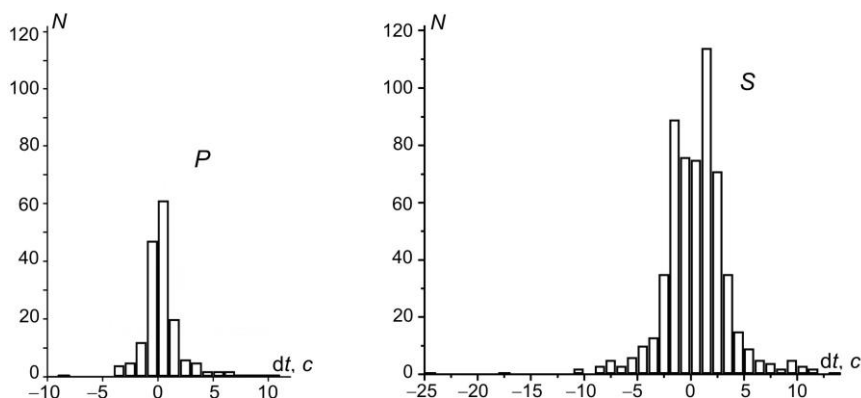


Рис. 5. Гистограммы отклонений  $dt=t_2-t_1$  времен вступлений  $P$ - и  $S$ -волн, «исправленных» относительно данных Бюллетеней для Крымско-Черноморских землетрясений

Из гистограмм видно (рис. 5), что отклонения  $dt$  достигают иногда фантастических величин ( $-25$  с). Как может такое случиться при развертке аналоговой записи в  $120$  мм/мин, если длина секунды составляет  $2$  мм? «Исправление» четкой фазы, например, на  $5$  с, означает, что при измерении фаза на сейсмограмме сдвинута на  $1$  см. Сейсмологам-интерпретаторам записей хорошо известно, что такого рода погрешности в измерении времен вступлений объемных волн принципиально невозможны. Кроме погрешностей, допускаемых интерпретатором при «снятии» времен вступлений, теоретически существуют и другие, соотносящиеся с привязкой к эталону времени. Однако служба времени аналогового периода регистрации в Крыму была достаточно точной, не позволяющей допускать подобные ошибки. О цифровом периоде наблюдений вообще не стоит говорить, так как служба времени на сейсмических станциях привязана к точному времени по GPS.

Таким образом, погрешности в измерениях времен вступлений основных фаз на сейсмограммах не могут достигать таких больших величин, как это следует из гистограмм.

Ниже будет показано, к чему приводит подобная «коррекция» реальных времен вступлений.

**Некорректное использование исходных данных** рассмотрим на примерах достаточно сильных землетрясений. Один из таких примеров – известное ощутимое землетрясение 10 декабря 2012 г. в 16<sup>h</sup>56<sup>m</sup> в Керченско-Анапском районе с энергетическим классом  $K_{II}=12.1$  [25]. Оно детально описано в научной литературе и параметры гипоцентра не вызывают сомнений [26]. В табл. 1 приведены данные об этом землетрясении, полученные различными сейсмическими службами.

**Таблица 1.** Параметры гипоцентра землетрясения 10 декабря 2012 г. в 16<sup>h</sup>56<sup>m</sup> с  $K_{II}=12.1$  по данным Крыма и других источников

Источник	$t_0$ , ч мин с	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ E	$h$ , км
Крым [25]	16 56 56.1	44.96 $\pm 0.05$	37.58 $\pm 0.05$	<b>24<math>\pm</math>4</b>
ISC [3]	16 56 56.1	44.94	37.53	30.6
GSRAS [27]	16 56 53.9	45.01	37.51	22
Источник	$t_0$ , ч мин с	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ E	$h$ , км
Сев. Кавказ [26]	16 56 56.1	44.83 $\pm 0.06$	37.54 $\pm 0.06$	24 $\pm$ 6
NEIC [3]	16 56 55.5	44.98	37.56	22.6
В.Ю. Бурмин [4]	16 56 54.3	44.652	36.504	<b>257.1</b>

Из табл. 1 видно, что «переопределенная» глубина очага [4] почти в 10 раз превышает глубины, полученные различными сейсмологическими центрами, а эпицентр смещается более чем на 90 км на запад. Как следует из представленных авторами [4] входных параметров, гипоцентр данного землетрясения «пересчитан» только по временам вступлений волн на пяти Крымских станциях: «Симферополь», «Севастополь», «Судак», «Ялта», «Алушта», находящихся в узком азимутальном секторе относительно эпицентра. При этом «отброшены» кинематические данные самых близких станций: «Анапа» ( $\Delta=22$  км), «Возрождение» ( $\Delta=68$  км), «Краснодар» ( $\Delta=115$  км), «Туапсе» ( $\Delta=155$  км). Оставшаяся для расчетов ближайшая станция Крыма «Судак» находилась на расстоянии 203 км от эпицентра. Это землетрясение зарегистрировано 549 сейсмическими станциями Мира на расстояниях от 0.15° до 91.36° с широким азимутальным окружением места возникновения землетрясения [3]. Есть и отраженные вблизи эпицентра так называемые глубинные фазы  $pP$  и  $sP$ , по которым можно судить о глубине очага землетрясения. Глубинные фазы зарегистрированы китайскими станциями «Gaotai» (GTA) и «Lanzhou» (LZH), глубина очага по этим фазам определялась из таблиц [11].

$$\begin{aligned}
 \text{GTA: } & \Delta=45.49^\circ; \quad t_p=17^h05^m13.8^s; \quad t_{pp}=17^h05^m23.2^s; \quad t_{sp}=17^h05^m27.2^s; \\
 & t_{pp}-t_p=9.4 \text{ с}; \quad h_{pp}=28 \text{ км} \quad t_{sp}-t_p=13.4 \text{ с}; \quad h_{sp}=28 \text{ км} \\
 \text{LZH: } & \Delta=49.91^\circ; \quad t_p=17^h05^m48.2^s; \quad t_{pp}=17^h05^m56.2^s; \quad t_{sp}=17^h05^m59.3^s; \\
 & t_{pp}-t_p=8.0 \text{ с}; \quad h_{pp}=24 \text{ км} \quad t_{sp}-t_p=11.1 \text{ с}; \quad h_{sp}=24 \text{ км}.
 \end{aligned}$$

Таким образом, средняя глубина по временам вступлений глубинных фаз составляет  $h=26$  км, что согласуется с региональной обработкой в Крыму и на Северном Кавказе (табл. 1).

Из статьи [26] следует, что землетрясение вызвало в эпицентральной зоне в г. Анапа сейсмические воздействия с интенсивностью  $I=5$  баллов. При смещении эпицентра на 90 км к западу и заглублини очага на 257 км (по [4]) расчетный макросейсмический эффект в г. Анапа не превысил бы  $I=1$  баллу (такая интенсивность не ощущается людьми), что противоречит реально наблюдаемой интенсивности  $I=5$  баллов. В целом богатая сейсмологическая информация об этом землетрясении свидетельствует о глубине очага в пределах земной коры.

На рис. 6 приведена цифровая запись землетрясения 10 декабря 2012 г. на сейсмической станции «Судак». Здесь и далее: нижний символ 1 – данные Бюллетеней, символ 2 – времена вступлений, «исправленные» авторами работ [4, 5]. После записи землетрясения следует табл. 2, в которой указываются данные о временах вступлений на станции Крымской сети и данные об «исправленных» временах.

На рис. 6 отчетливо видно, что продольная волна после «исправления» ( $P_2$ ) вступает позже времени на реальной сейсмограмме ( $P_1$ ) на 5 с, время вступления  $S_2$ -волны отличается на 9.2 с относительно наблюдаемого времени вступления  $S_1$ . Все реальные фазы основных волн четко видимы на сейсмограмме, в отличие от «исправленных» времен, которые никоим образом не могут быть отнесены к основным фазам. Такие искажения наблюдаемых времен ничем не оправданы и свидетельствуют о том, что авторы данной «переинтерпретации» никогда не имели дела с реальными записями сейсмических колебаний.

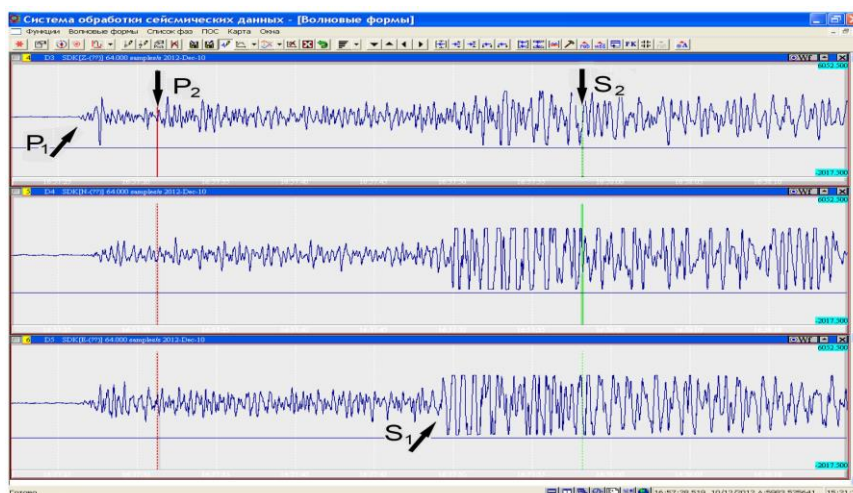


Рис. 6. Цифровая запись землетрясения 10 декабря 2012 г. на сейсмической станции «Судак» с указанием  $P_1$ ,  $P_2$  и  $S_1$ ,  $S_2$ , соответственно, реальных и «исправленных» времен вступлений продольных и поперечных волн

Таблица 2. Времена вступлений волн  $P$  и  $S$ -волн землетрясения 10 декабря 2012 г. в  $16^{\text{h}}56^{\text{m}}56.1^{\text{s}}$  с  $K_{\text{П}}=12.1$  по Бюллетеню [25] и «исправленные»

Дата	Данные Бюллетеня						Данные В.Ю. Бурмина						$dt_p$ , с	$dt_s$ , с
	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h$ , км	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h$ , км		
10.12.2012	16	56	56.1	44.96	37.58	24	16	56	54.3	44.65	36.5	257		
Станция	$P$	мин	с	$S$	мин	с	$P$	мин	с	$S$	мин	с		
ANN/Анп	i	57	02.4	i	57	07.4	отброшена			отброшена			–	–
SUDU/Суд	–i	57	26.2	e	57	48.9	57 31.2			57 58.1*			+5.0	+9.2
ALU/Алш	–e	57	31.9	e	57	59.2	57 31.9			57 59.3*			0	+0.1
YAL/Ялт	e	57	34.7	e	58	03.7	57 34.7			58 03.7			0	0
SIM/Смф	e	57	34.9	e	58	04.4	57 34.9			58 04.4			0	0
SEV/Свс	e	57	39.7	e	58	12.4	57 39.7			58 13.4			0	+1.0

Примечание. В графе «станция» приведены: Международный код / региональный код; знаком \* здесь и далее отмечены времена, «скорректированные» методом Вадати [4].

На рис. 7, 8 представлено еще несколько характерных записей землетрясений с отметкой фаз  $P$  и  $S$  реальных и «исправленных».

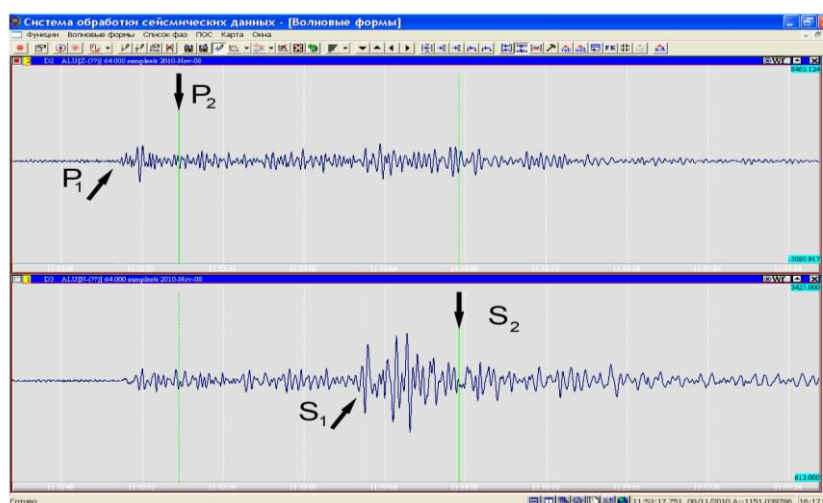


Рис. 7. Сейсмограмма землетрясения 8 ноября 2010 г. в  $11^{\text{h}}52^{\text{m}}35^{\text{s}}$  на сейсмической станции «Алушта» с указанием  $P_1$ ,  $P_2$  и  $S_1$ ,  $S_2$ , соответственно, реальных и «исправленных»

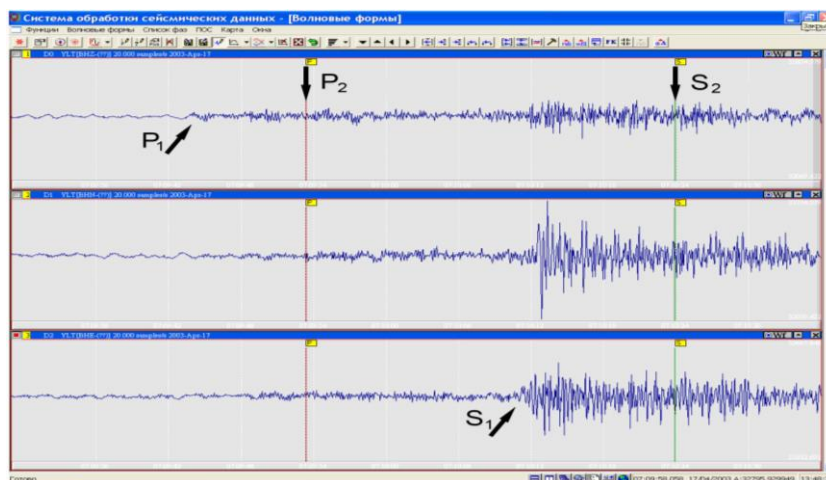
**Таблица 3.** Времена вступлений волн  $P$  и  $S$  землетрясения 8 ноября 2010 г. в  $11^{\text{h}}52^{\text{m}}35.3^{\text{s}}$  с  $K_{\text{П}}=9.7$  по Бюллетеню [28] и «исправленные»

Дата	Данные Бюллетеня						Данные В.Ю. Бурмина						$dt_P,$ с	$dt_S,$ с
	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h,$ км	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h,$ км		
08.11.2010	11	52	35.3	43.87	34.03	35	11	52	34.8	43.84	33.95	53		
Станция	$P$	мин	с	$S$	мин	с	$P$	мин	с	$S$	мин	с		
YAL/Ялт	+i	52	48.2	e	52	57.4	52	48.2		52	58.4		0	+1.0
SEV/Свс	-i	52	49.1	e	52	59.7	52	49.1		52	59.7		0	0
ALU/Алш	e	52	51.8	e	53	03.7	52	53.8		53	07.7		+2.0	+4.0
SIM/Смф	e	52	56.0	e	53	10.8	52	56.0		53	10.8		0	0
SUDU/Суд	e	52	57.9	e	53	14.7	52	57.9		53	14.7		0	0
FEO/Фдс	e	53	02.2	e	53	21.5	53	01.2		53	20.5		-1.0	-1.0

На записи (рис. 7) видны «исправленные» фазы  $P$  и  $S$ , вступающие на 2.0 и 4.0 с соответственно позже по отношению к аналогичным фазам на сейсмограмме. Причем вступление  $S_2$ -волны происходит позже максимальных колебаний в реальной  $S_1$ -волне, что даже для не специалиста сейсмолога выглядит нелепо.

С особым вниманием проанализированы представленные авторами [4] результаты расчетов с глубинами очагов  $h=300$  км. Рассмотрим, например, землетрясение 17 апреля 2003 г. в  $07^{\text{h}}09^{\text{m}}08^{\text{s}}$  энергетического класса  $K_{\text{П}}=10.5$  [29]. В Бюллетене Крыма приведены времена вступлений на 7 станциях, но перерасчет в программе [17] ведется только по временам трех станций: «Ялта», «Судак» и «Анапа», причем сохранено только одно эмпирическое время для продольной волны  $P$  на станции «Анапа», остальные пять времен вступлений «исправлены»: в «Ялте» –  $P$  на 9.7 с,  $S$  – на 13.3 с; в «Судаке» –  $P$  на 3.8 с,  $S$  – на 3.2 с; в «Анапе» –  $S$  на 5.1 с (табл. 4). На рис. 8 показана цифровая запись землетрясения на станции «Ялта» с указанием моментов вступлений наблюдаемых волн  $P_1$  и  $S_1$  и аналогичных «исправленных»  $P_2$  и  $S_2$ . Здесь также  $S_2$  берется гораздо позже максимальных колебаний в  $S_1$ -волне (рис. 8). Обращает на себя внимание и нечеткость вступления продольной волны, что не характерно для глубоких очагов [30, с. 226–227].

В результате расчетов по таким «исправленным» временам регистрации объемных волн эпицентр землетрясения «переместился» из района Черноморской впадины в Судакско-Феодосийский район, а очаг заглубился с 33 км до 300 км.



**Рис. 8.** Сейсмограмма землетрясения 17 апреля 2003 г. в  $07^{\text{h}}09^{\text{m}}08^{\text{s}}$  на сейсмической станции «Ялта» с указанием  $P_1$ ,  $P_2$  и  $S_1$ ,  $S_2$ , соответственно, реальных и «исправленных»

Это землетрясение зарегистрировано 100 станциями мировой сети на расстояниях от  $0.8^\circ$  до  $72.7^\circ$ . Данные службы ISC дают значения параметров гипоцентра, близкие к полученным в Крыму, а именно:  $\varphi=42.24^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=34.47^\circ\text{E}$ ,  $h=6.6\pm 7.8^\circ\text{км}$ .



Таблица 4. Времена вступлений волн  $P$  и  $S$  землетрясения 17 апреля 2003 г. в  $07^h09^m08.0^s$  с  $K_{\Gamma}=10.5$  по Бюллетеню [29] и «исправленные»

Дата	Данные Бюллетеня						Данные В.Ю. Бурмина						$dt_p$ , с	$dt_s$ , с
	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h$ , км	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h$ , км		
17.04.2003	07	09	08	42.19	34.54	33	07	09	11.6	43.49	35.44	299.9		
Станция	$P$	мин	с	$S$	мин	с	$P$	мин	с	$S$	мин	с		
YAL/Ялт	e	09	43.6	i	10	10.6		09	53.3		10	23.9	+9.7	+13.3
ALU/Алш	+e	09	46.0	i	10	15.4	отброшена		отброшена				-	-
SEV/Свс	e	09	45.4	e	10	14.7	отброшена		отброшена				-	-
SUDU/Суд	-e	09	50.3	i	10	21.8		09	54.1		10	25.0	+3.8	+3.2
SIM/Смф	e	09	51.8	e	10	24.0	отброшена		отброшена				-	-
FEO/Фдс		09	52.8	e	10	27.5	отброшена		отброшена				-	-
ANN/Анп	+i	09	58.3	e	10	37.5		09	58.3		10	32.4*	0	-5.1

Отметим еще один важный факт. Ближайшая турецкая станция «Boyabat» (BYBT), на которой было зарегистрировано землетрясение – с  $\Delta_{\min}=0.8^\circ$ ,  $P_g$   $07^h09^m18.8^s$  [3]. Если принять данные В.Ю. Бурмина:  $t_0=07^h09^m11.6^s$ ;  $h=299.94$  км, то при таких параметрах очага время пробега до станции BYBT должно составить  $t_p=7.2$  с, а гипоцентральное расстояние – 379 км. В этом случае скорость распространения продольной волны по минимальному расстоянию составляет **52.6 км/с?!!** Комментарии излишни.

Следующие примеры относятся к аналоговым записям (рис. 9–11, табл. 5–6).

Здесь так же, как и на цифровых записях, отчетливо видно несоответствие «исправленных» времен реально наблюдаемым.

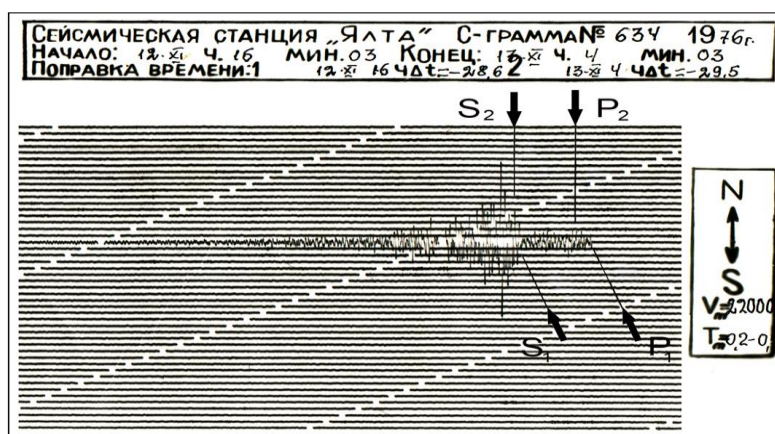


Рис. 9. Сейсмограмма землетрясения 12 ноября 1976 г. в  $20^h36^m45^s$  на сейсмической станции «Ялта» с указанием  $P_1$ ,  $P_2$  и  $S_1$ ,  $S_2$ , соответственно, реальных и «исправленных»

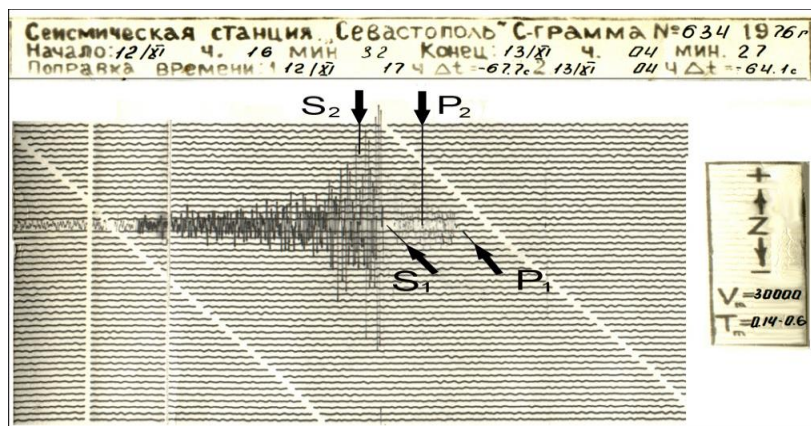


Рис. 10. Сейсмограмма землетрясения 12 ноября 1976 г. в  $20^h36^m45^s$  на сейсмической станции «Севастополь» с указанием  $P_1$ ,  $P_2$  и  $S_1$ ,  $S_2$ , соответственно, реальных и «исправленных»

Интересно отметить, что в расчетных данных у авторов [4] на станции «Феодосия» появляется вымышленная фаза  $S$  со временем  $37^m37^s$ , которой нет на сейсмограмме и в региональном бюллетене (табл. 5).

**Таблица 5.** Времена вступлений волн  $P$  и  $S$  землетрясения 12 ноября 1976 г. в  $20^h36^m45^s$  с  $K_{II}=9.7$  по Бюллетеню [31] и «исправленные»

Дата	Данные Бюллетеня						Данные В.Ю. Бурмина						$dt_P,$ с	$dt_S,$ с
	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h, \text{ км}$	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h, \text{ км}$		
12.11.1976	20	36	45	44.45	32.87	10 [3]	20	36	52.2	44.45	33.55	82		
Станция	$P$	мин	с	$S$	мин	с	$P$	мин	с	$S$	мин	с		
SEV/Свс	-i	36	58.8	e	37	08.4	37	03.9		37	12.4		+5.1	+4.0
YAL/Ялт	-i	37	05.2	i	37	18.2	37	07.8		37	19.2		+2.6	+1.0
SIM/Смф	-i	37	06.3	e	37	20.6	37	09.5		37	22.1*		+3.2	+1.5
ALU/Алш	-e	37	08.1	i	37	23.5	37	11.5		37	25.5		+3.4	+2.0
FEO/Фдс	-e	37	21.4				37	18.1*		37	37.0?		-3.3	
ANN/Анп	e	37	36.0	e	38	14.0	37	36		38	07.9*		0	-6.1

Примечание. Знаком (?) отмечена не существующая на записи фаза  $S$ -волны



**Рис. 11.** Сейсмограмма землетрясения 10 июля 1985 г. на сейсмической станции «Феодосия» с указанием  $S_1, S_2$ , соответственно, реальных и «исправленных»

Это землетрясение в обработке [4] по временам фаз также значительно отличается от данных Бюллетеня.

**Таблица 6.** Времена вступлений волн  $P$  и  $S$  землетрясения 10 июля 1985 г. в  $01^h09^m21.4^s$  с  $K_{II}=9.6$  по данным Бюллетеня [32] и «исправленные»

Дата	Данные Бюллетеня						Данные В.Ю. Бурмина						$dt_P,$ с	$dt_S,$ с
	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h, \text{ км}$	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h, \text{ км}$		
10.07.1985	01	09	21.4	43.22	31.77	33	01	09	08	42.95	30.92	108		
Станция	$P$	мин	с	$S$	мин	с	$P$	мин	с	$S$	мин	с		
SEV/Свс	e	09	49.5	e	10	10.5	отброшена			отброшена			-	-
YAL/Ялт	e	09	52.2	e	10	15.3	09	52.2		10	24.3		0	+9.0
ALU/Алш	e	09	56.6	e	10	22.9	09	56.6		10	31.9		0	+9.0
SIM/Смф	-			e	10	23.0	-			отброшена			-	-
Днз	e	09	57.2	e	10	25.2	09	57.2		10	33.2		0	+8.0
FEO/Фдс	e	10	07.9	e	10	41.8	10	07.9		10	52.0		0	+10.2
ANN/Анп	e	10	23.5				10	23.5		11	18.6*		0	

Можно привести еще множество записей землетрясений, которые демонстрируют несоответствие «исправленных» фаз наблюдаемым вступлениям волн. «Исправленные» фазы во всех случаях не имеют отношения к вступлениям волн, видимых на сейсмограммах.

**Примеры абсурдных значений скоростей сейсмических волн при произвольной манипуляции временами вступлений волн.** Особо следует обратить внимание на отсутствие у авторов [4, 5] какого-либо анализа полученных «исправленных» результатов хотя бы для наиболее сильных событий. Ранее при описании «переопределенных» параметров землетрясения 17 апреля 2003 г. была показана абсурдная скорость продольной волны (52.6 км/с), приходящей на ближайшую турецкую станцию «Boyabat» (BYBT). Вернемся к землетрясению 10 декабря 2012 г. (см. табл. 2). Какие же нереальные скорости волн должны быть, чтобы при глубине очага  $h=257$  км станция «Анапа» зарегистрировала разность времен вступлений поперечной и продольной волн  $t_S-t_P=5$  с? (табл. 2). Время первого вступления в Анапе  $iPg$   $16^h57^m02.4^s$ . Время пробега продольной волны  $t_P=8.1$  с (от времени в очаге по В.Ю. Бурмину  $57^m02.4^s$ ). Если величину гипоцентрального расстояния 268 км разделить на  $t_P=8.1$  с, то получим «суперволновод» со скоростью свыше **33 км/с!** Не нужно никаких сложных вычислений, чтобы приблизительно оценить минимальное значение разности  $t_S-t_P$  на станции «Анапа» при глубине очага  $h=257$  км. Оно должно быть не менее 19 с, что противоречит реально наблюдаемым данным:  $t_S-t_P=5$  с [25].

Аналогичных примеров достаточно много. Например, для землетрясения 1 мая 1985 г. в  $14^h53^m$  из Керченско-Анапской зоны. Данные Бюллетеня [32]:  $t_0=14^h53^m52^s$ ,  $\varphi=44.9^\circ$ ,  $\lambda=37.5^\circ$ ,  $h=33$  км. Землетрясение зарегистрировано пятью станциями. Данные «переопределения»:  $t_0=14^h53^m54.0^s$ ,  $\varphi=45.477^\circ$ ,  $\lambda=35.767^\circ$ ,  $h=238.63$  км. Для «переопределения» координат использованы времена вступлений только трех станций: «Алушта», «Ялта», «Севастополь». Информация по ближайшей станции «Анапа» вновь «отброшена», хотя там зарегистрированы фазы  $iP$   $14^h53^m59.0^s$ ,  $eS$   $54^m04.0^s$ . В результате «переопределенный» эпицентр смещается из района Нижней Кубани в Крым к мысу Казантип на 150 км в северо-западном направлении относительно данных по Бюллетеню. Время пробега волны  $P$  до станции «Анапа» относительно «переопределенных» параметров составляет:  $iP-t_0=5.0$  с. Эпицентральное расстояние равно 138.3 км, гипоцентральное – 275.8 км. Отсюда следует, что  $P$ -волна по кратчайшему расстоянию распространялась со скоростью  $V_P=275.8$  км/5.0 с=**55.2 км/с**, что представляет собой явную нелепость.

В табл. 7 представлены результаты расчетов скоростей  $P$ -волны по трассе «очаг–Анапа» для некоторых землетрясений Керченско-Анапской зоны относительно «переопределенных» координат гипоцентров. При этом кинематические данные по станции «Анапа» не использованы.

**Таблица 7.** Список землетрясений, для которых рассчитаны скорости  $P$ -волны на пути «очаг–станция Анапа» от «переопределенных» координат гипоцентров

Дата	$t_0$ ч мин с	$K_{II}$	$h$ , км (по Бурмину В.Ю.)	$V_P$ , км/с	Дата	$t_0$ ч мин с	$K_{II}$	$h$ , км (по Бурмину В.Ю.)	$V_P$ , км/с
19.04.1981	01 01 55	7.9	239	35.2	20.04.1999	05 17 37	10.0	34	43.6
09.04.1982	00 18 08	9.2	263	35.8	18.10.2001	17 28 12	8.9	167	28.9
01.05.1985	14 53 52	8.2	239	55.2	19.03.2006	02 00 22	7.9	232	38.2
26.07.1990	00 46 37	7.1	14	31.3	02.10.2009	11 44 17	8.2	174	26.9
16.06.1994	08 56 27	8.1	220	48.5	10.12.2012	16 56 56	12.1	257	33.0
22.02.1995	03 02 44	7.5	142	33.4					

Ясно, что такие нелепые результаты, противоречащие физическим представлениям о глубинном строении Земли, получены в результате «отбрасывания» при расчетах данных ближайшей станции «Анапа» и «исправления» первичных данных.

**Другие примеры абсурдных результатов «исправления» экспериментальных данных** рассмотрим для двух землетрясений с «переопределенными» координатами гипоцентров.

1. Землетрясение 17 июля 1982 г. в  $18^h09^m58^s$  [33].

В этом примере «исправленная» фаза в  $P$ -волне **регистрируется** на станции «Анапа» **раньше времени** возникновения землетрясения  $t_0$  (по Бурмину)!?? А скорректированное время  $S$ -волны практически совпадает со временем  $P$ -волны (разница только на 0.1 с). При таких  $t_S-t_P=0.1$  с очаг должен быть прямо под фундаментом станции «Анапа», а не на севере степной части Крыма (табл. 8). Встает вопрос, исходя из каких физических соображений и каким образом рассчитаны параметры землетрясения, если время «исправленных» *первых вступлений сейсмических волн опережает начало процесса в очаге*  $t_0$  (!?). (табл. 8).

**Таблица 8.** Времена вступлений волн  $P$  и  $S$  землетрясения 17 июля 1982 г. в  $18^{\text{h}}09^{\text{m}}58^{\text{s}}$  с  $K_{\text{П}}=9.0$  по данным Бюллетеня [33] и «исправленные»

Дата	Данные Бюллетеня						Данные В.Ю. Бурмина						$dt_{\text{P}}$ , с	$dt_{\text{S}}$ , с
	ч	мин	с	$\varphi^{\circ}$	$\lambda^{\circ}$	$h$ , км	ч	мин	с	$\varphi^{\circ}$	$\lambda^{\circ}$	$h$ , км		
17.07.1982	18	09	58	44.8	37.0	20	18	10	05.4	45.81	34.37	90		
Станция	$P$	мин	с	$S$	мин	с	$P$	мин	с	$S$	мин	с		
ANN/Анп	i	10	05.2	e	10	08.9		10	05.2		10	05.1*	0	-3.8
FEO/Фдс	<i>unk</i> i	10	29.3	e	10	35.0		10	26.3		10	41	-	6
ALU/Алш	i	10	27.7	e	10	50.0		10	27.7		10	44	0	-6
YAL/Ялт	e	10	30.3	i	10	54.1		10	30.3		10	49.1	0	-5
SIM/Смф				e	10	55.2					отброшена		-	-
SEV/Свс	i	10	35	e	11	02.7		отброшена			отброшена		-	-

Примечание. *unk* – неидентифицированная фаза

## 2. Землетрясение 9 августа 1990 г. в $13^{\text{h}}33^{\text{m}}36.6^{\text{s}}$ (см. табл. 9) [34].

Все станции Крыма зарегистрировали только поперечные волны  $S$  этого события. Лишь ближайшая станция «Анапа» зарегистрировала полную волновую картину с четкими вступлениями  $P$  и  $S$  фаз, тем не менее эти самые важные данные отброшены. Кроме того, проигнорированы данные ближайшей станции «Казантип» (Кзн) с четкой фазой  $S$ -волны [34]. Скорректированные по «загадочному» графику Вадати времена  $S$ -волн и снятые с него не зарегистрированные фазы  $P$  совпали со временем в очаге  $t_0$  у четырех фаз, в том числе обеих фаз  $P$  и  $S$  на станциях «Феодосия» и «Судак». Даже на это авторы «переинтерпретации» не обратили внимания. При этом момент возникновения землетрясения  $t_0$  вновь, как и в предыдущем случае, наступает значительно позже, т.е. «отстает» от наблюдаемых времен вступлений сейсмических колебаний на станциях «Анапа», «Феодосия», «Судак»! Расчет по таким нелепым, не имеющим физического смысла данным, «уносит» очаг на 377 км к западу из района Кубани под г. Симферополь. А на станции «Симферополь» при этом зарегистрированы только очень слабые колебания  $S$ -волн, вступившие на 53.5 с позже, чем по станции «Анапа»! [34]. Отсутствие анализа распространения фронта волны является характерным для авторов «переопределения» координат гипоцентров.

**Таблица 9.** Времена вступлений волн  $P$  и  $S$  землетрясения 9 августа 1990 г. в  $11^{\text{h}}33^{\text{m}}36.6^{\text{s}}$  с  $K_{\text{П}}=9.2$  по данным Бюллетеня [34] и «исправленные»

Дата	Данные Бюллетеня						Данные В.Ю. Бурмина						$dt_{\text{P}}$ , с	$dt_{\text{S}}$ , с
	ч	мин	с	$\varphi^{\circ}$	$\lambda^{\circ}$	$h$ , км	ч	мин	с	$\varphi^{\circ}$	$\lambda^{\circ}$	$h$ , км		
09.08.1990	11	33	36.6	45.79	38.63	25	11	34	59.8	44.7	34.07	0.9		
Станция	$P$	мин	с	$S$	мин	с	$P$	мин	с	$S$	мин	с		
ANN/Анп	i	34	02.5	i	34	20.5	отброшена			отброшена			-	-
Кзн				i	34	39.5	отброшена			отброшена				
FEO/Фдс	<i>unk</i> e	34	43.4	e	34	46.6		34	59.8*		34	59.8*	-	13.2
SUDU/Суд	<i>unk</i> e	34	27.7	e	34	57.0		34	59.8*		34	59.8*	-	2.8
ALU/Алш				e	35	10.5		35	06.0*		35	10.5	-	0
SIM/Смф	<i>unk</i> e	35	08.0	e	35	14.0		35	08.0		35	14.0	-	0
YAL/Ялт				e	35	14.6		35	08.3*		35	14.6	-	0
SEV/Свс				e	35	15.8		35	09.0*		35	15.8	-	0

Можно привести еще множество подобных парадоксальных результатов. Возникают естественные вопросы: достаточно ли надежно и на каких примерах тестировалась программа [17] и можно ли после этих парадоксов доверять ее расчетам?

**Использование малого количества станций в узком азимутальном секторе.** Сопоставление результатов всего массива «переопределений» (1645) с данными каталогов Крыма показало, что, в основном, большие глубины  $h=150-300$  км получаются для землетрясений из краевых районов региона только по данным станций Крыма, расположенных на расстояниях  $\Delta=150-300$  км в узком азимутальном секторе относительно эпицентра.

Данное обстоятельство при малом количестве станций и искажениях во временах вступлений волн вызывает значительные отклонения в глубинах очагов, в основном заглабляя их. Приведем пример такого «переопределения» параметров слабого ( $K_{II}=7.6$ ) землетрясения 19 июня 1989 г. в  $14^h22^m$  [35], перерасчет которого проводился по временам вступлений волн на станциях «Ялта» ( $S$ ), «Севастополь» ( $P, S$ ), «Судак» ( $S$ ). При этом на 2 с «исправлены» времена вступления  $S$ -волн на станциях «Ялта» и «Севастополь» и на 5 с – фазы  $S$ -волны на станции «Судак». Кроме того, добавлены вымышленные времена вступлений  $P$ -волн («Ялта», «Судак»), вероятно, вычисленные из графика Вадати, построенного с использованием одного значения  $t_S-t_P$  на станции «Севастополь» (табл. 10). Такой способ расчета времени в очаге регулярно использовался при «переопределениях» параметров землетрясений, о чем свидетельствует цитата из [4]: «Время в очаге определяется по графикам Вадати, для чего достаточно задать времена прихода поперечных волн хотя бы на одну станцию. В этом случае отношение скоростей продольных и поперечных волн принимается равным 1.73. Предусмотрено также определение времени в очаге при фиксированном значении  $V_P/V_S$ ».

В результате координаты «поднялись» по широте на 2 градуса с юга Черного моря (вблизи Синопского мыса Турции) на побережье южного берега Крыма, в Ялтинский район (№ 2), глубина очага увеличилась с 33 км до 300 км (почти в 10 раз) (табл. 10).

**Таблица 10.** Времена вступлений волн  $P$  и  $S$  землетрясения 19 июня 1989 г. в  $14^h22^m23^s$  с  $K_{II}=7.6$  по Бюллетеню [35] и «исправленные»

Дата	Данные Бюллетеня						Данные В.Ю. Бурмина						$dt_P,$ с	$dt_S,$ с
	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	h, км	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	h, км		
19.06.1989	14	22	23	42.4	34.8	33	20	36	23.5	44.53	34.27	299.9		
Станция	$P$	мин	с	$S$	мин	с	$P$	мин	с	$S$	мин	с		
YAL/Ялт		–		e	23	31		23	01.3*		23	29		–2
SEV/Свс	e	23	02.1	e	23	32.3		23	02.1		23	30.3	0	–2
SUDU/Суд	unk e	23	08.9	e	23	37.2		23	03.2*		23	32.2		–5

С такими «исправленными» координатами  $\varphi=44.53^\circ$  и  $\lambda=34.27^\circ$  при  $K_{II}=7.6$  (а это представительное землетрясение для района № 2 [1]) все станции Крыма должны были записать четкие вступления не только поперечных, но и продольных волн, особенно ближайшие станции «Ялта» и «Алушта», что противоречит реальным фактам.

Этот пример ясно говорит о том, что использование при определениях параметров землетрясений малого количества станций в узком азимутальном секторе и искажение наблюдаемых времен вступлений приводят к значительному заглаблению очага.

**Отбрасывание наблюдаемых данных на ближайших к очагу станциях регистрации** – наиболее распространенная практика «корректировки» параметров гипоцентров. Несколько таких случаев было описано выше. Массово эта процедура применена для группы Анапских очагов землетрясений (район № 5), где в 151 случае из 162 землетрясений, данные ближайшей к эпицентру станции «Анапа», что составляет 93.2 % фаз, при «переопределении» не использовались, т.е. «отбрасывались». Известно, что отсутствие информации о кинематических параметрах сейсмических волн по ближайшей к эпицентру землетрясения станции приводит к увеличению определяемой глубины очага, что неоднократно было отмечено в сейсмологической литературе [36].

**Игнорирование данных мировой сети наблюдений – еще одна особенность «методики» выбора материала для «перерасчетов».** Для наиболее сильных землетрясений Крыма с энергетическими классами  $K_{II} \geq 10$  в большинстве случаев известны данные о временах вступлений на многочисленных сейсмических станциях мировой сети. Иногда их количество достигает сотни и более. Авторы [4, 5] не используют эти данные в своих переопределениях, довольствуясь тремя-четырьмя «исправленными» временами вступлений волн на станциях сети Крыма, расположенных на эпицентральных расстояниях от 200 до 300 км. Это приводит к многочисленным случаям отклонения значений параметров землетрясений относительно данных мировой сети станций, особенно глубин очагов.

Рассмотрим это на примере хорошо изученного осязательного Змеиногоского землетрясения в Северо-Западном районе региона 7 мая 2008 г. в  $08^h00^m$  с энергетическим классом  $K_{II}=12.7$ ,

$M_c=5.1$  [37–39]. По различным данным [3, 37], в том числе по глубинным фазам 9 станций (табл. 11), установлено, что глубина очага приурочена к верхней части земной коры, находясь в диапазоне от  $h=11$  км до  $h=15$  км. Землетрясение зарегистрировано 1674 станциями (по данным международного бюллетеня ISC). Отметим, что при определении гипоцентра по Крымской сети использованы записи 20-ти сейсмических станций, часть из которых не входит в Международную сеть (в том числе ближайшая станция «Одесса»), расположенных в широком азимутальном секторе на эпицентральных расстояниях от 143 км до 750 км. Авторы [4, 5] «переопределение» параметров гипоцентра провели по данным четырех станций: «Анапа», «Феодосия», «Ялта», «Севастополь», расположенных односторонне по отношению к очаговой зоне в узком азимутальном створе ( $90^\circ$ – $110^\circ$ ). При этом опять же отброшены данные ближайших станций: «Одесса» (ODS1), румынской TLCR, «Тирана» TIRR, «Кишинёв» (KIS), сейсмические волны к которым пришли в противоположном направлении (2, 245, 268).

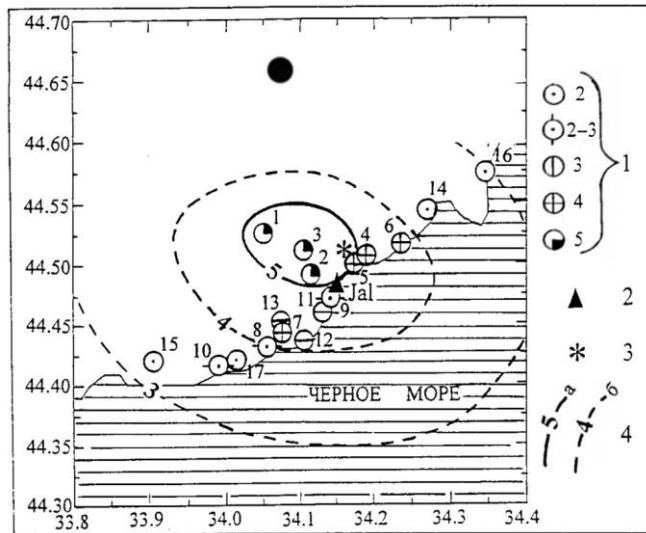
**Таблица 11.** Времена вступлений глубинных волн землетрясения 7 мая 2008 г. на удаленных станциях и глубина очага согласно годографу Кеннета [11]

Станция	$\Delta^\circ$	$P$ мин с	$pP$ мин с	$sP$ мин с	$S$ мин с	$sS$ мин с	$pP-P(h)$ с (км)	$sP-P(h)$ с (км)	$sS-S(h)$ с (км)
GTA	49.86	09 15.3	09 19.5	09 22.7			3.7 (12)	7.4 (17)	
LGN	54.33	09 49.0	09 53.0	09 54.1	17 24.3	17 31.0	4.0 (13)	5.1 (12)	6.7 (13)
XAN	58.91	10 19.9	10 23.1	10 24.5	18 25.7	18 31.1	3.2 (11)	4.6 (11)	5.4 (11)
HHS	56.74	10 06.1	10 10.9	10 13.2	17 56.9	18 04.5	4.8 (15)	7.1 (16)	7.6 (15)
CD2	57.26	10 11.0	10 15.6	10 18.0	18 04.2	18 12.2	4.6 (15)	7.0 (16)	8.0 (15)
NI2	66.70	11 12.3	11 16.8	11 19.6	20 05.5	20 14.0	4.5 (14)	7.3 (17)	8.5 (16)
YSS	70.35	11 35.3	11 38.7				3.4 (11)		
RSSD	82.37	12 44.1	12 49.0				4.9 (15)		
NEW	82.68	12 45.0	12 49.8				4.8 (15)		
Среднее значение станционных определений глубины							13.4±1.6	14.8±2.4	14±1.8
Среднее значение глубины очага по всем глубинным фазам							$h=14\pm 2.0$ км		

Примечание. Код и название станции с указанием страны: GTA – «Gaota», Китай; LGN – «Lagunillas», Венесуэла; XAN – «Xi'an», Китай; HHS – «Hurricane», USA; CD2 – «Chengdu», Китай; NI2 – «Chengdu», Китай; YSS – «Южно-Сахалинск», Россия; RSSD – «Black Hills», USA; NEW – «Newport», USA.

«Переопределенная» глубина очага  $h=139.26$  км противоречит не только указанным выше инструментальным определениям  $h$  по большому объему первичных экспериментальных данных, но и наблюдаемой макросейсмической интенсивности  $I=4$  балла на территории Одесской области [38]. Например, в г. Белгород-Днестровский интенсивность сотрясений составляла 4 балла. Для «переопределенного» эпицентра эпицентральное расстояние равно 245 км. Расчет по уравнению макросейсмического поля [39, с. 30] для глубины очага  $h=139$  км дает интенсивность в данном пункте не более 1–2 баллов.

То же можно сказать о землетрясении 22 ноября 1996 г. в  $11^h 17^m 41.4^s$ , эпицентр которого находился на суше Крымского полуострова [40]. Землетрясение ощущалось с интенсивностью до 5 баллов в северо-западной части



**Рис. 12.** Схема изосейст Ялтинского землетрясения 22 ноября 1996 г. с  $K_{II}=9.1$

1 – интенсивность сотрясений  $I$  в баллах по шкале MSK-64; 2 – сейсмическая станция; 3 – инструментальный эпицентр; 4 – изосейста, уверенная (а) и неуверенная (б), соответственно; черный круг сверху – «исправленный» эпицентр по В.Ю. Бурмину.

г. Ялта [41]. Расчет по формуле Шебалина-Блейка для расстояния от «переопределенного» гипоцентра до г. Ялта дает значение  $I=2$  балла, что противоречит реально наблюдаемой интенсивности (рис. 12). Несоответствие данным по [40, 41] объясняется тем, что при расчетах гипоцентра по В.Ю. Бурмину вновь отбрасывались времена ближайшей станции «Ялта» (практически расположенной в эпицентре) и станции «Судак». Время вступления  $S$ -волны на станции «Алушта» «исправлено» в сторону уменьшения на 1 с (табл. 12).

**Таблица 12.** Времена вступлений волн  $P$  и  $S$  землетрясения 22 ноября 1996 г. в  $11^{\text{h}}17^{\text{m}}41.4^{\text{s}}$  с  $K_{\text{П}}=9.1$  по Бюллетеню [41] и «исправленные»

Дата	Данные Бюллетеня						Данные В.Ю. Бурмина						$dt_p,$ с	$dt_s,$ с
	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h,$ км	ч	мин	с	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$h,$ км		
22.11.1996	11	17	41.4	44.51	34.16	10	11	17	41.9	44.67	34.07	2.0		
Станция	$P$	мин	с	$S$	мин	с	$P$	мин	с	$S$	мин	с		
YAL/Ялт	i	17	43.2	e	17	44.4	отброшена			отброшена				
ALU/Алш	i	17	45.9	e	17	49.1	17	45.9		17	48.1		0	-1
SEV/Свс	i	17	47.7	e	17	52.3	17	47.7		17	52.3		0	0
SIM/Смф	i	17	49.6	e	17	55.5	17	49.6		17	55.5		0	0
SUDU/Суд	e	17	54.4	e	17		отброшена			отброшена				

Отметим еще некоторые особенности «перерасчета». Довольно часто отбрасывается и не используется в расчетах информация о записях землетрясений на станциях с четко выделяемыми фазами. При этом расчетная «исправленная» глубина очага превышает 100 км.

Например, землетрясение 7 декабря 2001 г., время в очаге  $07^{\text{h}}18^{\text{m}}44.9^{\text{s}}$ ,  $K_{\text{П}}=9.2$  [42]. Отброшены данные станций: «Симферополь» с четкими фазами  $iP$ ,  $iS$ , «Судак» с фазами  $iP$ ,  $iS$ , которые не используются в расчетах. Расчет ведется по слабым фазам. Такие случаи не единичны.

### Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать заключение, что появление в работах [4, 5] глубокофокусных очагов Крымско-Черноморских землетрясений связано со следующими манипуляциями с экспериментальными данными:

1. Грубое искажение наблюдаемых на сейсмограммах времен вступлений продольных и поперечных волн. Эти искажения являются следствием «привязки» к теоретическому отношению скоростей продольных и поперечных волн, близкому к  $V_p/V_s = \text{const} = 1.73$ . Сопоставление времен наблюдаемых фаз и «исправленных» (по В.Ю. Бурмину) показывает явную нелепость: «исправленные» времена отмечаются произвольно, после или перед реально наблюдаемыми фазами и не связаны ни с какими наблюдаемыми вступлениями волн. Это приводит к искажению метода определения основных параметров землетрясений, при котором используются только реально наблюдаемые времена вступлений волн. По сути дела, авторы [4, 5], «исправляя» времена, используют в качестве исходных данных для расчета информацию о несуществующих, вымышленных временах вступлений основных фаз;

2. Довольно частое использование минимальной сейсмологической информации на станциях, находящихся на расстояниях 200–300 км от эпицентров землетрясений в очень узком азимутальном секторе. Причем иногда времена этих немногочисленных фаз необоснованно искажаются;

3. В преобладающем количестве случаев не используется (отбрасывается) имеющаяся информация о временах вступлений на сейсмических станциях, ближайших к эпицентру землетрясений, наиболее чувствительных к глубине очага. В основном это относится к землетрясениям из района Керченско-Анапской группы очагов. Некоторые землетрясения из других краевых частей региона регистрируются станциями соседних государств, расположенных намного ближе к эпицентрам, чем станции Крыма, данные о временах вступления на которых также не используются;

4. Игнорирование богатой информации о кинематических параметрах, в том числе глубинных фаз землетрясений, зарегистрированных мировой сетью станций.

Таким образом, можно сделать вывод о произвольной манипуляции экспериментальными данными и, соответственно, о недостоверности результатов «переопределения» координат гипоцентров землетрясений Крыма и необоснованности их пространственного распределения, представленных в работах [4, 5].

Появление в [4, 5] глубоких, вплоть до 300 км, мантийных землетрясений в Крымско-Черноморском регионе есть следствие некорректного использования наблюдаемых времен вступления сейсмических волн на станциях Крымской сети и станциях, ближайших к Крыму, что недопустимо в практике обработки записей землетрясений. Поэтому результаты «переопределения» параметров гипоцентров Крымско-Черноморских землетрясений, представленные В.Ю. Бурминым и Л.А. Шумлянской в работах [4, 5], следует считать только математическим экспериментом при грубой фальсификации экспериментальных данных. Естественно, что **результаты такого эксперимента не могут быть использованы в научных и научно-прикладных сейсмологических исследованиях не только в Крыму, но и в других регионах.**

### Л и т е р а т у р а

1. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона (инструментальный период наблюдений 1927–1986 гг.). – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.
2. Пустовитенко Б.Г., Лушик А.В., Боборыкина О.А., Кульчицкий В.Е., Можжерина А.В., Насонкин В.А., Панков Ф.Н., Поречнова Е.И., Пустовитенко А.А., Тихоненков Э.П., Швырло Н.И. Мониторинг сейсмических процессов в Крымско-Черноморском регионе – Севастополь: НПЦ ЭКОСИ «Гидрофизика», 2014 г. – 264 с.
3. **International Seismological Centre (ISC)**, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
4. Бурмин В.Ю., Шумлянская Л.А. Современная сейсмичность Крыма // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2015. – 42. – № 2. – С. 5–16.
5. Бурмін В.Ю., Шумлянська Л.О. Просторовий розподіл гіпоцентрів землетрусів Кримсько-Чорноморського регіону // Доповіді Національної академії наук України. – 2015. – № 9. – С. 67–73.
6. Кульчицкий В.Е. Программа расчета координат гипоцентров землетрясений (ГИРО-08) // Сейсмологический бюллетень Украины за 2008 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2010. – С. 28–33.
7. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Международной сейсмологической школы, посвященной 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург». – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
8. Nelder J.A., Mead A. A simplex method for function minimization // Computer Journal. – 1965. – 7. – P. 308–313.
9. Кульчицкий В.Е., Сафонова Г.П., Свидлова В.А. Годографы сейсмических волн Крымско-Черноморских землетрясений // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым – Карпаты) за 1983 г. – Киев: Наукова Думка, 1986. – С. 94–103.
10. **Руководство** по производству и обработке наблюдений на сейсмических станциях СССР. Часть 2 – М.: АН СССР, 1954. – 183 с.
11. **Seismological Tables: ak135**. Compiled by Kennett B.L.N., Research School of Earth Sciences the Australian National University – Canberra, 2005. – 289 p.
12. Кетков Ю.Л., Кетков А.Ю., Шульц М.М. MATLAB 7: программирование, численные методы. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 752 с.
13. **Сейсмологический бюллетень** западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым – Карпаты) / Ежегодный сборник с 1970 г. по 1990 г. под ред. И.И. Попова, Б.Г. Пустовитенко – Киев: Наукова думка, 1980–1994 гг.
14. **Сейсмологический бюллетень Украины** / Ежегодный сборник с 1991 г. по 2012 г. под ред. Б.Г. Пустовитенко. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 1995–2013 гг.



15. **Гобаренко В.С.** Анализ результатов расчетов гипоцентров в крымской сейсмогенной зоне // Сейсмологический бюллетень Украины за 2001 г. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2003. – С. 110–114.
16. **Гобаренко В.С.** Новые данные о параметрах землетрясений Черноморской впадины // Сейсмологический бюллетень Украины за 2006 год.– Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. – С. 98–103.
17. **Бурмин В.Ю.** Новый подход к определению параметров гипоцентров близких землетрясений // Вулканология и сейсмология. – 1992. – № 3. – С. 73–82.
18. **Кулагин В.К., Николаев А.В.** Временной ход  $V_p/V_s$  в районе Нурекской ГЭС // Физические процессы в очагах землетрясений. – М.: Наука, 1980. – С. 37–45.
19. **Кондратенко А.М., Нерсесов И.Л.** Некоторые результаты изучения изменений скоростей продольных волн и отношений скоростей продольных и поперечных волн в очаговой зоне // Тр. ИФЗ АН СССР, №25(192), 1962. – С. 130–150.
20. **Славина Л.Б.** Методика и результаты изучения  $V_p/V_s$  в фокальной зоне Камчатки // Исследование по физике землетрясений. – М.: Наука, 1976.– С. 217–236.
21. **Славина Л.Б., Пивоварова Н.Б.** Динамика поля скоростей сейсмических волн в периоды сейсмической и вулканической активизации на Камчатке. – Москва: ИФЗ РАН, 2009. – 77 с.
22. **Зубков С.И.** Предвестники землетрясений. – М: ОИФЗ РАН, 2002. – 140 с.
23. **Завьялов А.Д.** Среднесрочный прогноз: основы, методика, реализация. – М.: Наука, 2006. – 254 с.
24. **Каталог сейсмических предвестников землетрясений.** – Москва: ИФЗ АН СССР, 1982.–264 с.
25. **Козиненко Н.М., Свидлова В.А., Сыкчина З.Н. (отв. сост.).** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 2012 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2012 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2013. – С. 57–85.
26. **Габсатарова И.П., Малянова Л.С., Селиванова Е.А., Якушева В.Н.** Землетрясение 10 декабря 2012 года с  $M_w=4.6$  вблизи Анапы // Сейсмологический бюллетень Украины за 2012 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2013. – С. 35–45.
27. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2011 год /** Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2011–2012. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2011](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2011).
28. **Козиненко Н.М., Свидлова В.А., Сыкчина З.Н. (отв. сост.).** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 2010 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2010 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. – С. 58–108.
29. **Свидлова В.А., Сыкчина З.Н., Козиненко Н.М.** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 2003 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2003 г. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2005. – С. 15–38.
30. **Инструкция о порядке производства** и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
31. **Каталог и подробные данные** о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 1976 год // Сейсмологический бюллетень западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым – Карпаты за 1975–1976 гг.). – Киев: Наукова думка, 1982. – С. 70–84.
32. **Свидлова В.А. (отв. сост.).** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 1985 год // Сейсмологический бюллетень западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым – Карпаты, 1985.). – Киев: Наукова думка, 1988. – С. 4–48.
33. **Свидлова В.А. (отв. сост.).** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 1982 год // Сейсмологический бюллетень западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым – Карпаты, 1981–1982 гг.). – Киев: Наукова думка, 1985. – С. 84–121.
34. **Свидлова В.А. (отв. сост.).** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 1990 год // Сейсмологический бюллетень западной зоны ССН Украины и Молдовы за 1990 год. – Киев: Наукова думка, 1994. – С. 5–69.
35. **Свидлова В.А. (отв. сост.).** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 1989 год // Сейсмологический бюллетень западной зоны ЕССН СССР за 1989 г. – Киев: Наукова думка, 1992. – С. 5–59.
36. **Гусев А.А.** Определение гипоцентров близких землетрясений Камчатки на ЭВМ // Вулканология и сейсмология. – 1979. – № 1. – С. 74–81.

37. **Свидлова В.А., Сыкчина З.Н., Козиненко Н.М. (отв. сост.).** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 2008 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2008 год – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2010. – С. 51–88.
38. **Пустовитенко Б.Г., Пустовитенко А.А., Скляр А.М., Князева В.С.** Змеиное землетрясение 5 мая 2008 г. с  $K_{II}=12.7$ ,  $M_c=5.1$ ,  $M_w=4.8$ ,  $I_0^p=5-6$  (Северо-западная часть шельфа Черного моря, Украина) // Землетрясения Северной Евразии в 2008 г.– Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 313–325.
39. **Кульчицкий В.Е., Зарайский М.П. (отв. сост.), Каменобродский А.Г., Попов И.И., Шеба-лин Н.В., Якушева В.Н.** II а. Крым и Нижняя Кубань [150 до н.э.–1974 гг.,  $M \geq 3.5$ ,  $I_0 \geq 5$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука. – С. 55–68.
40. **Свидлова В.А.** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 1996 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 1995–1996гг. – Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС, 1997. – С. 9–20.
41. **Пустовитенко А.Н.** Ялтинское землетрясение 22 ноября 1996 года с  $M_c=2.9$ ,  $I_0=5$  (Крым) // Землетрясения Северной Евразии в 1996 г.– Обнинск: ГС РАН, 2002. – С. 198–2002.
42. **Свидлова В.А., Сыкчина З.Н.** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 2001 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2001 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2003. – С. 13–26.