

УДК: 550.343.3

Г. Х. МАРДИРОСЯН, Д. Н. МИШЕВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНОЙ НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ СИНХРОННЫХ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ПНСССИ) В СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Показаны возможности применения Мобильной наземной станции для синхронных спутниковых измерений (ПНСССИ) в сейсмологических исследованиях. Вкратце рассмотрены основные направления, в которых ведутся полевые и экспедиционные сейсмологические исследования, а также требования к мобильным сейсмологическим станциям. Дана аппаратурная комплектация ПНСССИ и показано, что путем незначительных изменений эту аппаратуру можно использовать также для полевых и экспедиционных сейсмологических исследований. Обосновано применение и рекомендованы наиболее подходящие сейсмоприемники, а также возможные способы регистрации сейсмического сигнала. В конце приведены наиболее характерные виды полевых и экспедиционных сейсмологических исследований, которые можно проводить с помощью ПНСССИ.

Большой круг задач теории и практики сейсмологии решается не только данными, полученными в сейсмологических обсерваториях, но и посредством экспедиционных и полевых исследований. Эти исследования ведутся в следующих основных направлениях:

1. Регистрация афтершоков в эпицентральной зоне.

Одной из основных задач после сильного землетрясения является локализация очага в эпицентральной зоне. Эта задача решается, в основном, посредством регистрирования последовательности афтершоков, которые следуют за сильным землетрясением.

2. Детальные сейсмологические исследования.

Для детального изучения строения земной коры в сейсмоактивных зонах и физики очага землетрясения необходимо регистрировать микросейсмический шум (фон) и наиболее слабые землетрясения.

3. Регистрация сейсмических волн, порожденных искусственным источником.

При этом виде исследования регистрируются как поведение грунта, так и поведение крупных промышленных и транспортных сооружений, высоких зданий, плотин и других при воздействии сейсмических волн, порожденных искусственным источником, чаще всего взрывом. Данные таких исследований могут использоваться как для целей инженерной сейсмологии и антисейсмического строительства, так и для детальных сейсмологических исследований.

4. Для целей прогнозирования землетрясений.

Известно, что сильным землетрясениям предшествуют аномальные изменения ряда геофизических параметров. Для прогнозирования этих землетрясений необходимо регистрировать соответственные параметры в специальных полигонах, организованных в эпицентральных зонах.

По понятным соображениям целесообразнее экспедиционные и полевые сейсмологические исследования проводить специальными мобильными сейсмологическими обсерваториями (станциями). Для обеспечения высококачественных и высокоэффективных исследований на высоком современном техническом уровне, эти мобильные сейсмологические станции должны отвечать следующим основным требованиям: а) высокие ходовые качества и повышенная проходимость, обеспечивающие передвижения по пересеченным местностям с большим уклоном, по грунтовым дорогам и в условиях бездорожья; б) возможность установки и пуска в нормальную эксплуатацию за минимальное время; в) укомплектовка малогабаритной высоконадежной и экономичной по отношению к электропитанию аппаратурой; г) возможность экспрессной первичной и частичной обработки данных на самом месте исследований; д) вооруженность системами для радиотелеметрических передач и приема данных; е) совместимость и возможность участия, как элемент более сложных исследовательских комплексов.

За последние двадцать лет в СССР и НР Болгарии был реализован ряд мобильных сейсмологических станций. С некоторыми из них и до сегодняшнего дня проводятся экспедиционные и полевые сейсмологические исследования. Используются как различные перевозные прицепы, так и автомобили и автофургоны типа «КУНГ», «АПО-8», «УАЗ-450», «УАЗ-452», «ЖУК», «НИСА» и другие. Эти мобильные сейсмологические станции выполняли и выполняют в основных линиях свое предназначение, но из-за некоторых объективных и технологических причин не вполне отвечают вышеуказанным требованиям высокого современного научно-технического уровня.

В связи с выполнением Программы «ИНТЕРКОСМОС» и Космического проекта «БОЛГАРИЯ-1300» в Центральной лаборатории космических исследований Болгарской академии наук разработан и изготовлен прототип мобильной наземной станции для синхронных спутниковых измерений (ПНСССИ) [1, 2]. Эта станция является одним из возможных вариантов разработанной Универсальной мобильной лаборатории для синхронных и комплексных космических и геономических исследований [3, 16].

ПНСССИ реализована на основе шасси автобуса «Чавдар-5С» с двумя ведущими мостами и повышенной проходимостью. Двигатель — четырехтактный, дизельный, типа Д-3900 с максимальной мощностью 85 л. с. [4]. Благодаря функциональности и гибкой аппаратурной и организационной структуре, эта мобильная станция с незначительными изменениями и, притом, только в измерительной аппаратуре может быть использована при решении ряда научно-теоретических, научно-прикладных и народнохозяйственных задач в области геофизики, геологии, географии, гидрологии, метеорологии, изучения и охраны природной среды, изучения природных ресурсов, сельского хозяйства и др. [5, 6].

Наиболее типичное приложение ПНСССИ — приложение при экспедиционных и полевых сейсмологических исследованиях. Этой мобильной станцией при незначительных изменениях в аппаратурной укомплектовке можно проводить исследования в каждом (или в нескольких) из

вышеперечисленных направлений экспериментальной сейсмологии; более того, некоторые аппаратуры и системы, входящие в состав укомплектовки ПНСССИ, разработаны специально для нужд сейсмической практики.

На рис. 1 показана структурная блок-схема аппаратурной укомплектовки ПНСССИ [7].

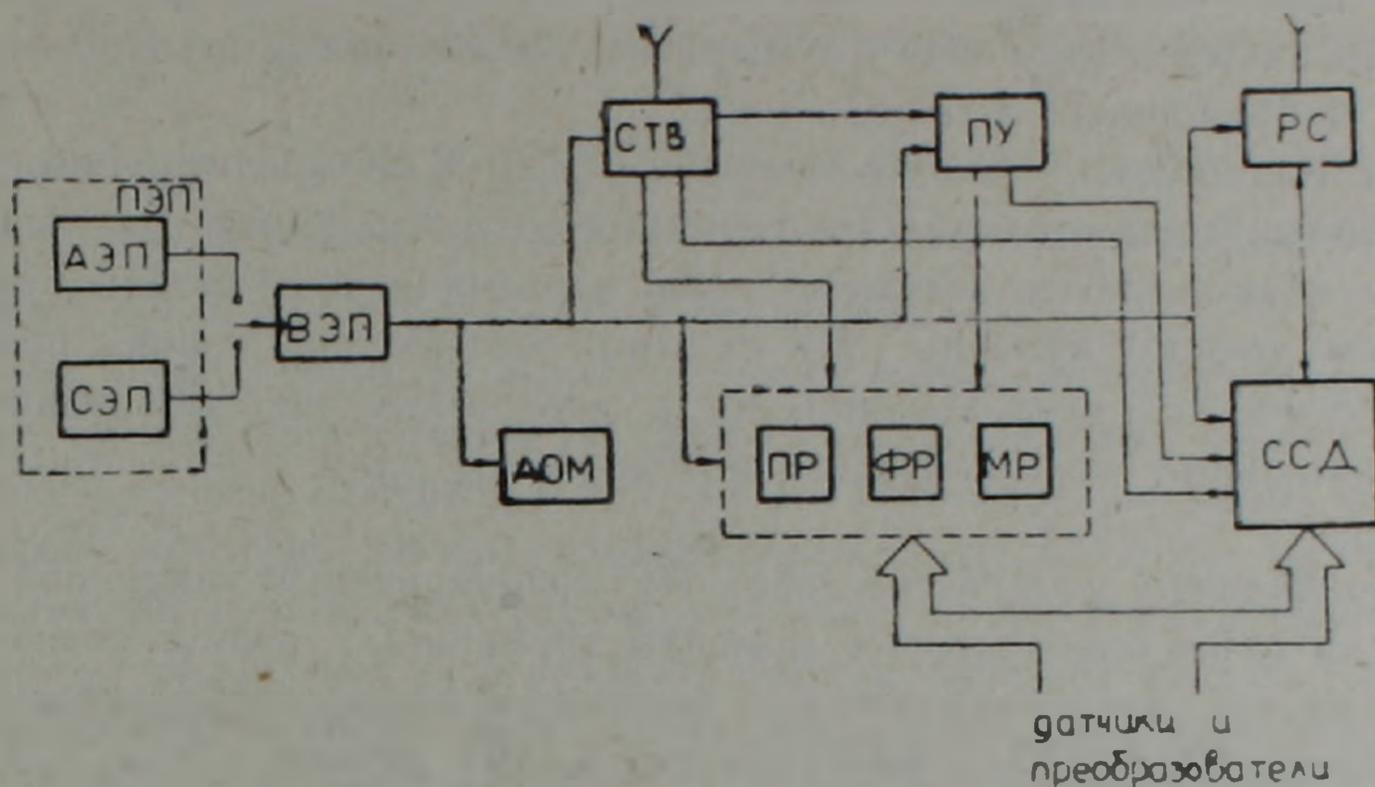


Рис. 1. Наиболее общая блок-схема аппаратурной укомплектовки ПНСССИ. ПЭП—первичное электропитание (АЭП—аккумуляторное, СЭП—от сети 220В/50 Гц); ВЭП—вторичное электропитание; АОМ—аппаратура для определения местоположения; СТВ—система единого точного времени; ПУ—программное устройство; ПР—перописующие регистраторы; ФР—фоторегистраторы; МР—магнитные регистраторы; РС—радиосвязь; ССД—система сбора данных.

В наиболее общем случае основными аппаратурными блоками являются:

Первичное электропитание. Первичное электропитание ПНСССИ можно осуществить двумя способами:

а) аккумуляторное—вмонтированы $2 \times 6В$ и $2 \times 12В$ Ni-Kd аккумуляторные батареи емкостью 60 Ач. На специальном щитке от них можно получить электропитательные напряжения от +6 до $\pm 18В$;

б) от электрической сети $\sim 220В/50$ Гц или от бензинового или дизельного агрегата для $\sim 220В/50$ Гц. Для этой цели реализованы специальное электропитательное оборудование и катушка с кабелем питания длиной 100 метров.

Вторичное электропитание. Во вторичной системе электропитания преобразовываются и стабилизируются различные электрические напряжения, полученные с первичной системы электропитания. Здесь реализованы и различные регулируемые предохранители по току.

Измерительная аппаратура. В общем случае ПНСССИ измерительная аппаратура состоит из различных датчиков и преобразователей параметров исследуемых объектов: а) измерители спектральных характеристик отражения; б) измерители температуры приземного воздушного слоя, поверхностного слоя почвы и температурных профилей в глубине; в) измерители влажности поверхностного слоя почвы и профилей

влажности в глубине; г) измерители градиента электропроводимости почвы; д) аппаратура для гидрологических измерений; е) сейсмоприемники; ж) магнитометры; з) счетчики аэрозольных частиц; и) стандартный метеорологический комплект.

Аппаратура для определения местоположения. Это различные геодезические приборы: теодолит, компас и другие, при помощи которых можно точно установить местоположение ПНСССИ, а также монтировать различные сооружения и измерительные аппараты в точно необходимых направлениях и положениях.

Система единого точного времени—СТВ. СТВ представляет собой электронные часы с кварцевым генератором и вделанным радиоприемником с возможностью автоматической коррекции по эталонным радиосигналам точного времени. Эта система разработана специально для сейсмологических исследований, из-за чего имеет ряд специфических функциональных возможностей, необходимых для этих исследований [8].

Программное устройство—ПУ. По предварительно заданной программе, в точно определенные моменты времени ПУ подает команды к измерительной, регистрирующей и вспомогательной аппаратурам: для включения, выключения, изменения их режима работы и т. д., а также подает кодовые комбинации-марки для автоматического маркирования абсолютного времени непосредственно на трассе аналоговой сейсмологической регистрации [9]. Разработан вариант программного устройства—УПУГО 4—6, предназначенный для сейсмологических обсерваторий [11, 15].

Система сбора данных (ССД). Система сбора данных, вариант ССД-5 состоит из Центрального пункта ЦП, вмонтированного в ПНСССИ, и четырех периферийных пунктов ПП-А, ПП-Б, ПП-В и ПП-Г. Телеметрическая связь между центральным и периферийными пунктами осуществляется посредством УКВ радиосвязи. Данные передаются ПП, принимаются и записываются в ЦП в цифровом виде, где производится и их визуализация и первичная обработка. Максимальные расстояния между ПП и ЦП зависят от особенностей профилей местности и могут достигать 70 км. Работу ССД-5 можно управлять вручную, при помощи программного устройства или посредством микропроцессора [14].

Автономные регистрирующие устройства. Это различные переносимые регистраторы с чернильной и тепловой записью, фоторегистраторы и магнитофоны.

Служебная радиосвязь. Она реализована переносимыми УКВ радиотелефонами, посредством которых осуществляется служебная связь между отдельными звеньями исследовательских комплексов, с центральным диспетчерским пунктом.

Подсобная аппаратура. Она представляет собой самую необходимую аппаратуру для контролирования, настройки и ремонта в полевых условиях.

Очевидно, что с такой аппаратурной укомплектовкой ПНСССИ можно использовать исключительно успешно для сейсмологических исследований. Как уже было сказано, для этого необходимо только незна-

чительное изменение в составе измерительной аппаратуры-датчиков и преобразователей. Это изменение состоит в следующем: выключение преобразователей параметров, когда они не представляют интереса и включение на их место сейсмоприемников. А при комплексных полигонных исследованиях для целей прогнозирования землетрясений могут быть использованы и различные температурные датчики, измерители градиента электропроводимости почвы, магнитометры и гидрологические аппаратуры.

В принципе, в зависимости от целей и объектов исследований, могут быть зарегистрированы как отклонение (перемещение) X , так и производные по времени—скорость \dot{X} и ускорение \ddot{X} .

Типы, число, структура и конфигурация расположения сейсмоприемников и организация измерений зависят от конкретных задач, целей, объектов и условий измерений. Могут быть использованы любые сейсмоприемники, которые имеют преобразователи, получающие на выходе электрический сигнал: магнитоэлектрические, электродинамические, индукционные, емкостные и пьезоэлектрические преобразователи. Каждый из этих преобразователей имеет свои преимущества и недостатки, хотя комплексно самыми подходящими являются магнитоэлектрические преобразователи. Такие преобразователи имеют и большинство сейсмоприемников, выпускаемых и используемых в мировой практике. Сейсмоприемники с магнитоэлектрическими преобразователями предусмотрены и в аппаратной укомплектовке ПНСССИ.

В таблице 1 ориентировочно даны осредненно некоторые основные, с точки зрения требований к экспедиционным и полезным исследованиям, технико-эксплуатационные характеристики наиболее широко распространенных сейсмоприемников с магнитоэлектрическим преобразователем [12]. Очевидно, что выбор необходимо сделать компромиссно, сообразываясь с: а) мощностью, соответственно чувствительности преобразователя; б) амплитудным диапазоном; в) частотным диапазоном; г) габаритами и массой; д) климатическими условиями.

Имея в виду высокие качества усилительных и регистрирующих устройств ПНСССИ, а также и некоторых специализированных фирменных устройств, можно считать, что первый показатель не является решающим, тогда как остальные и, особенно, последние два—актуальны при экспедиционных и полевых исследованиях. Так что, к укомплектовке ПНСССИ предлагаются магнитоэлектрические сейсмоприемники типа СМ-2, СМ-3 и С5-С.

Электродвижущее напряжение, полученное на выходе магнитоэлектрического сейсмоприемника, дается выражением [13].

$$U_{\text{вых}} = \frac{2\pi \cdot G_s \cdot F_s \cdot X}{L_s \cdot T_x},$$

где G_s —магнитоэлектрическая постоянная; L_s —приведенная длина маятника сейсмоприемника; F_s —амплитудно частотная характеристика сейсмоприемника; X —отклонение грунта; T_x —период сейсмических волн.

Ориентировочной оценкой уровня электродвижущего напряжения, полученного на выходе магнитоэлектрических преобразователей рекомендованных сейсмоприемников, могут служить графики на рис. 2.

Таблица 1

| № | Тип сейсмоприемника | L_s , м | R_{30} , Ом | T_s , сек | G_s , в. сек/рад | S_s , в. сек/м | X_{max} , мм | Габариты, мм | Вес, кг |
|---|---------------------|-----------|---------------|-------------|--------------------|------------------|----------------|-----------------|---------|
| 1 | СКМ-3 | 0,17 | 35 | 1,5 | 11 | 65 | 1 | 350 × 350 × 700 | 35 |
| 2 | ВЭГИК | 0,10 | 40 | 2 | 2 | 20 | 2 | 340 × 160 × 110 | 10 |
| 3 | ВЭГИК-В | 0,10 | 400 | 2 | 6 | 60 | 2 | 340 × 160 × 110 | 10 |
| 4 | СМ-2М | 0,088 | 130 | 2 | 3,4 | 39 | 3 | 170 × 145 × 230 | 6 |
| 5 | СМ-2М-В | 0,088 | 2000 | 2 | 8,4 | 95 | 3 | 170 × 145 × 230 | 6 |
| 6 | СМ-3М | 0,085 | 65 | 3 | 1,7 | 20 | 5 | 170 × 145 × 230 | 6 |
| 7 | С5-С | 0,425 | 90 | 5 | 5 | 12 | 15 | 360 × 160 × 150 | 11 |
| 8 | С5-С-В | 0,425 | 2000 | 5 | 20 | 48 | 15 | 360 × 160 × 150 | 11 |

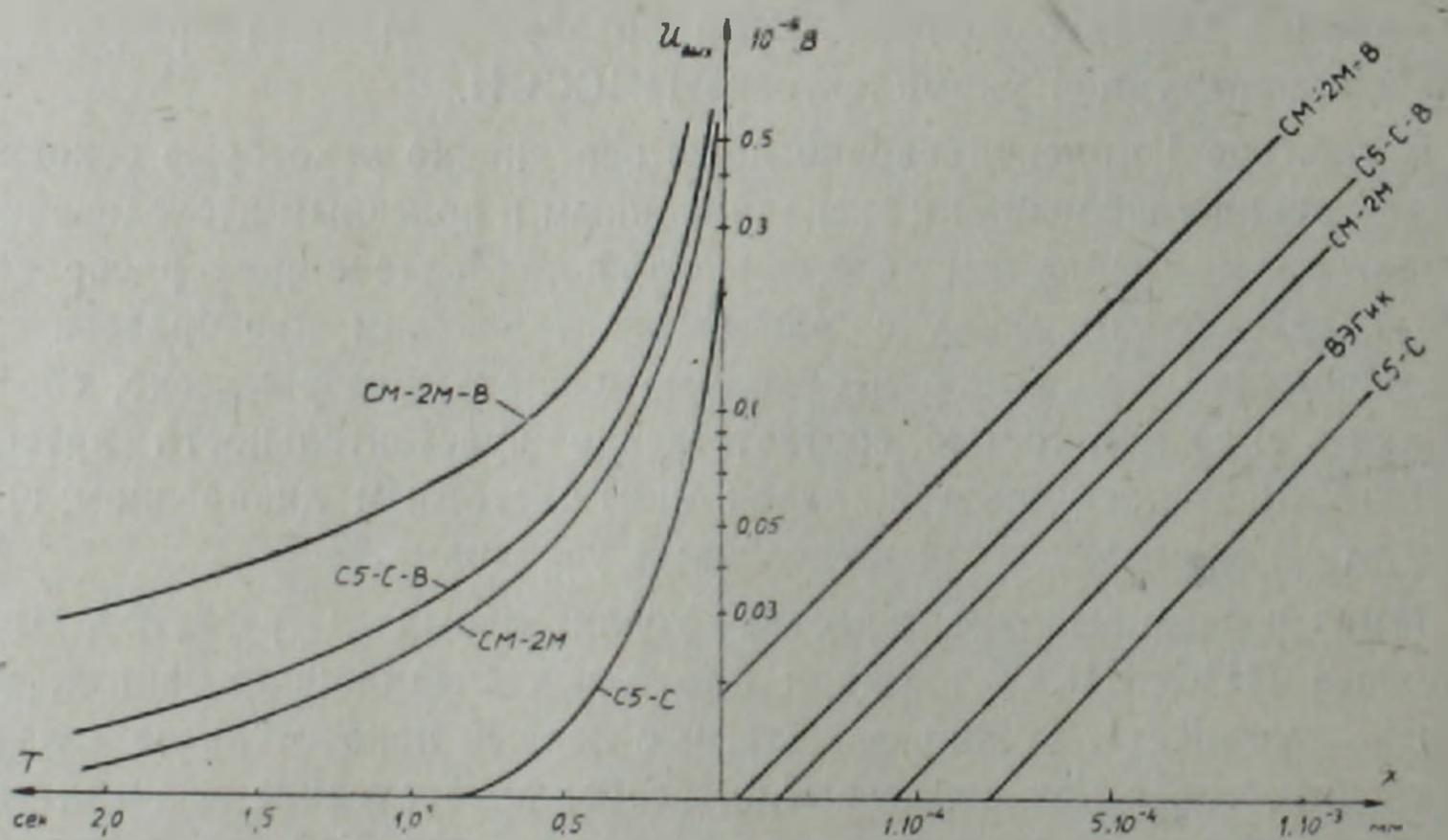


Рис. 2. Графики зависимости индуктированного электродвижущего напряжения $U_{вых}$: $U_{вых} = f(T_x)$ для $X = 10^{-4}$ мм и $U_{вых} = f(X)$ для $T_x = 1$ сек.

На рис. 2 показан график зависимости электродвижущего напряжения $U_{вых}$, полученного на выходе сейсмоприемника, от периода колебания T_x грунта для принятого значения амплитуды $X = 10^{-4}$ мм: $U_{вых} = f(T_x)$ и от амплитуды отклонения грунта X для периода $T_x = 1$ секунда: $U_{вых} = f(x)$.

И для обеих зависимостей принято $F_s = 1 [10]$.

Видно, что соответствующие уровни индуктированных электродвижущих напряжений для самых характерных параметров сейсмических

волн являются подходящими для обработки и регистрации в аппаратах и системах ПНСССИ.

На рис. 3 иллюстрирован наиболее общий вариант связывания сейсмоприемника с аппаратурой ПНСССИ. Можно реализовать одну или несколько из следующих возможностей:

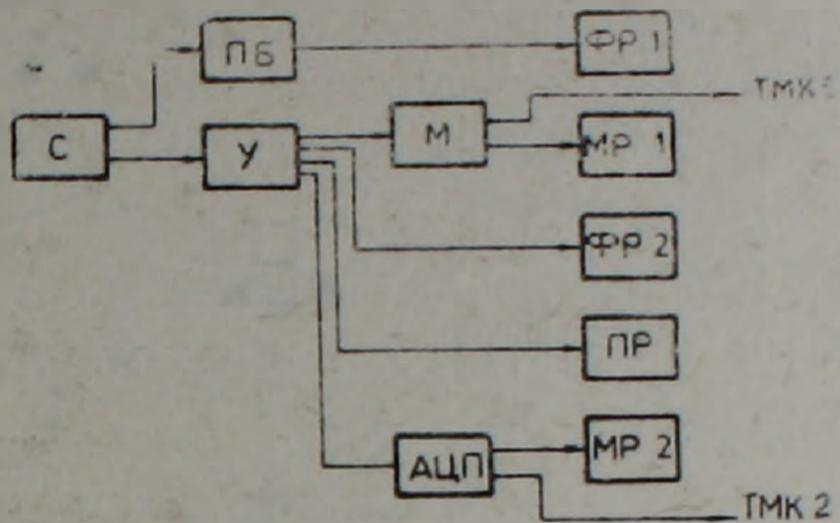


Рис. 3. Наиболее общий вариант связывания сейсмоприемника с аппаратурой ПНСССИ.

Сигнал от сейсмоприемника С подается на пассивный блок ПБ и усилитель У. К пассивному блоку подключены гальванометры от фоторегистратора ФР1. Усиленное в У электрическое напряжение может быть подано к модулятору М, фоторегистратору ФР2, перописущему регистратору ПР и аналогоцифровому преобразователю АЦП. С выхода модулятора М можно реализовать магнитную регистрацию МР1 и связь с телеметрическим каналом ТМК1. С другой стороны цифрованный в АЦП сейсмический сигнал можно подать на магнитный регистратор МР2 и к телеметрическому каналу ТМК2.

На рис 4 схематично даны некоторые из различных видов организаций сейсмологических исследований при помощи ПНСССИ.

На рис. 4-а: измерение в одном пункте с тремя трехкомпонентными комплектами сейсмоприемников. Связь кабельная, и регистрация проводится в ПНСССИ.

На рис. 4—б: измерения в 5 пунктах. В каждом пункте включен один трехкомпонентный комплект сейсмоприемников. Связь между периферийными пунктами А, Б, В, Г и ПНСССИ радиотелеметрическая, а связь между сейсмоприемниками центрального пункта ЦП и ПНСССИ кабельная.

На рис. 4-в: связь между сейсмоприемниками и ПНСССИ кабельная. Данные передаются по телеметрическому каналу и регистрируются в стационарной обсерватории.

На рис. 4-г: регистрация сейсмических волн искусственного происхождения, например от взрыва.

На рис. 4-д: инженерно-сейсмологическое исследование высоких строек.

На рис. 4-е: комплексное исследование некоторых геофизических параметров для нужд прогнозирования землетрясений. В состав комплексного измерительного пункта входят: сейсмометрическая система—С, магнитометрическая система—М, система для измерения температуры—Т, измерители электропроводимости почвы—ЭП, гидрологические измерительные приборы—Г и другие.

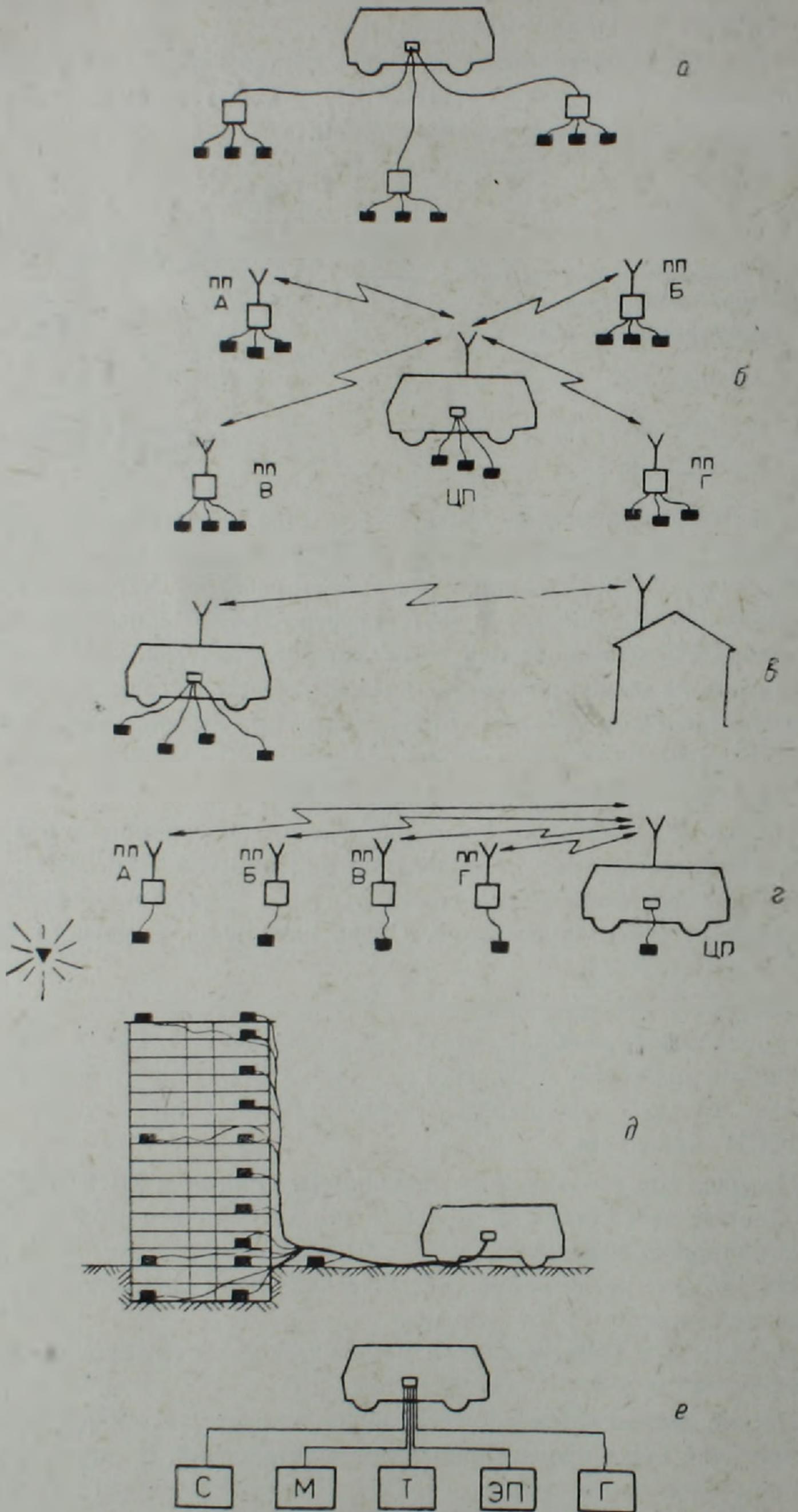


Рис. 4. Некоторые из различных видов организаций сейсмологических исследований при помощи ПНСССИ.

Не претендуя на полную исчерпаемость и детальность, здесь проделан анализ возможностей Мобильной наземной станции для синхронных спутников измерений (ПНСССИ) в сейсмологических исследованиях. Без сомнения, возможно применение более эффективной и целесообразной в конкретных случаях реализации системы: вида и числа сейсμοприемников, аппаратурной структуры, схемы и организации измерений и т. д. Надо подчеркнуть, что с помощью ПНСССИ можно проводить на высоком современном научно-техническом уровне любые измерения в области теоретической, экспериментальной и инженерной сейсмологии.

Центральная лаборатория
космических исследований,
Болгарская Академия наук, София

Поступила 12. III. 1984.

Գ. Խ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Գ. Ն. ՄԻՇԵՎ

ՀԱՄԱԺԱՄԱՆԱԿՅԱ ԱՐԲԱՆՅԱԿԱՅԻՆ ՉԱՓՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ ՇԱՐԺՈՒՆԱԿ
ՎԵՐԵՐԿՐՅԱ ԿԱՅԱՆԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՍԵՅՍՄՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԵՋ

Ա մ փ ո փ ո Վ մ

Հոդվածում ցույց են տրված շարժունակ կայանի կիրառման հնարավորությունները սեյսմոլոգիական հետազոտությունների ընթացքում: Համառոտակիրեն քննարկված են այն հիմնական ուղղությունները, որոնցով տարվում են դաշտային և արշավախմբային սեյսմոլոգիական հետազոտությունները, ինչպես նաև այդ կայանների նկատմամբ եղած պահանջները: Բերված է կայանի սարքային կոմպլեկտավորումն ու ցույց է տրված, որ սարքավորման մեջ աննշան փոփոխություններ մտցնելուց հետո այն կարելի է օգտագործել նաև դաշտային և արշավախմբային հետազոտությունների ընթացքում: Հանձնարարված են սեյսմաբնդունիչների առավել հարմար տեսակները և նշված են սեյսմիկ ազդանշանի ընդունման հնարավոր ձևերը: Հոդվածի վերջում բերված են դաշտային և արշավախմբային սեյսմոլոգիական հետազոտությունների ամենարևոտ տեսակները, որոնք կարելի է կատարել տվյալ կայանների միջոցով:

G. Kh. MARDIROSIAN, D. N. MISHEV

APPLICATION OF MOBILE GROUND STATION FOR SYNCHRONOUS
SATELLITE MEASUREMENTS DURING SEISMOLOGICAL
INVESTIGATIONS

Abstract

The possibilities of mobile ground station application for synchronous satellite measurements (MGSSSM) during seismological investigations are shown. The main trends of field and expeditional seismologi-

cal investigations are considered as well as the requirements to mobile seismological stations are briefly brought. A complete instrumental set of MGSSSM is given. It is shown that by means of insignificant changes this instrumental set can also be applied for field and expeditional seismological investigations. Substantiation of the application is made and the most suitable seismoreceivers as well as possible ways of registering the seismic signals are recommended.

The most characteristic kinds of field and expeditional seismological investigations which can be carried on with the help of MGSSSM are also given.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Научная программа «БЪЛГАРИЯ-1300-11», ЦЛКИ-БАН, 1980.
2. Отчет Рабочей группы дистанционного зондирования Земли. «ИНТЕРКОСМОС», Смоленице, ЧССР, 1981.
3. Д. Н. Мишев, Г. Х. Мардиросян, Д. П. Инджева. Мобильная наземная станция для синхронных спутниковых измерений. Доклад пред съвместно българо-съветско съвещание за първите резултати от обект «Метеор-Природа», ЦЛКИ-БАН, София, 1981.
4. Проспективни материали за микробус «Чавдар-5С». БАЛКАНКАРИМПЕКС, София.
5. Г. Х. Мардиросян, Д. П. Инджева. Универсальная мобильная наземная станция для синхронных и комплексных космических и геонимических исследований. Советация Рабочей группы дистанционного зондирования Земли. «ИНТЕРКОСМОС» Бърно, 1983.
6. Д. Мишев, Г. Мардиросян, Д. Инджева, Д. Панчев. Приложение на подвижната наземна станция за синхронни спътникови измервания в географските изследвания. Проблеми на географията № 2, БАН, София, 1982.
7. Д. Мишев, Г. Мардиросян, Д. Инджева. Подвижна наземна станция за синхронни спътникови измервания. Списание на БАН кн. 3, год. XXVII, София, 1928.
8. Г. Мардиросян. Система за осигуряване на точно време в сеизмологични обсерватории. Българско геофизично списание, т. V, 2, София, 1979.
9. Г. Мардиросян. Някои технически известности и подобрения в регистриращата апаратура на сеизмологичните обсерватории в НР България. Българско географско списание, V, 4, София, 1979.
10. Б. Григоров, Г. Мардиросян, С. Овчаров. Автоматично регулиране експозицията на сеизмологичен фоторегистратор. Българско геофизично списание, т. V, 4, София, 1979.
11. Д. Н. Мишев, Г. Х. Мардиросян, С. К. Живков. Модернизирано програмно устройство для геофизических обсерваторий. Българско геофизично списание, т. VI, 1, София, 1980.
12. Апаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР, «Наука», Москва, 1974.
13. Саваренский Е., Курнос Д. Элементы сеизмологии и сейсмометрии, Гостехиздат, Москва, 1955.
14. Mishev D., Angelov A., Mardirossian G., Tzenov B., Fratev M., Madjtrov A. Data logging sistem for synchronous and complex space and geonomic investigations. Space Research in Bulgaria. Sofia, 1983.
15. Mishev D., Mardirossian G., Zhivkov S. Universal programming device for geophysical observatories. Compt. rend. Acad. bulg. Sci., tome 33, № 4, Sofia, 1980.
16. Universal mobile ground station for synchronous and complex space and geonomic investigations, CLSR—BAS, Sofia, 1982.