

С.В. Щербина, П.И. Пигулевский, И.Ю. Гурова, О.А. Калиниченко

РЕГИСТРАЦИЯ И АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В г. КРИВОЙ РОГ

Сейсмические события в г. Кривой Рог и на окружающих его территориях в последний период могут быть как естественными, связанными с локальными тектоническими процессами, так и техногенными, обусловленными работами по добыче руды в различных шахтах и карьерах. Для выяснения природы и геофизических свойств таких событий в г. Кривой Рог рассматриваются результаты обработки и анализ сейсмических событий разного типа, которые получены с помощью локальной криворожской станции “UK15” и других сейсмостанций международной системы USGS и Украины.

Ключевые слова: системы сейсмических наблюдений, обработка и интерпретация сейсмических событий локальной природы, промышленные взрывы, техногенные землетрясения.

Введение. Сложное геологическое строение Криворожского железорудного бассейна, постоянно проводимые шахтная выработка и карьерная добыча полезных ископаемых, безусловно, требуют повышенного внимания к сейсмическому мониторингу данного региона [1]. Со времени создания Национального центра сейсмологических данных на базе Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины появилась возможность сбора и анализа данных о сейсмических событиях, происходящих в районе Криворожского бассейна и регистрируемых различными сейсмическими станциями как украинской, так и международной сейсмологической сети. В табл. 1 приведены данные о сейсмических событиях в районе Кривого Рога, произошедшие за последние шесть лет, хотя о подобных событиях в данном районе упоминалось и ранее. В частности, 09.12.2000 г. в 12:20 в этом районе зафиксировано землетрясение, в определении эпицентра которого принимали участие сейсмические станции Крымской региональной сети, станция “Кишинев” и военные станции городов Макаров и Любер. Интенсивность колебаний I_{\max} в Кривом Роге и Днепропетровске не превышала 2 баллов.

Неординарным событием было ошутимое платформенное землетрясение в указанном районе, которое произошло 25 декабря 2007 г. в 04 ч 09 мин. Это событие зарегистрировано сетью крымских станций, сетью карпатских и румынских станций, сейсмическими станциями России, Казахстана, Чехии, Турции. Отсутствие сейсмической станции вблизи данного события и достаточная удаленность ($\Delta > 200$ км) всех регистрирующих станций не позволили получить решение по определению параметров очага с минимальными погрешностями.

Сейсмическое событие 14 января 2011 г. (05 ч 04 мин) в районе г. Кривой Рог зарегистрировано 74 станциями мировой сейсмологической сети с

максимальной дальностью регистрации около 7500 км и минимальной – 129 км [3].

Обработка и интерпретация сейсмических событий. Из всех сейсмических станций, расположенных на платформенной части территории Украины, криворожские сейсмические события наиболее качественно регистрируются международной станцией “Киев-IRIS” (Макаровский р-н Киевской обл.). На рис. 1–3 представлены результаты обработки сейсмических событий, произошедших в районе Кривого Рога и зарегистрированных на сейсмической станции “Киев-IRIS”.

Есть некоторые различия в координатах, полученных в результате обработки данных станции “Киев-IRIS” и приведенных в табл. 1. Такое расхождение свидетельствует, прежде всего, о недостаточной плотности сейсмологической сети, способной регистрировать локальные сейсмические события платформенной части территории Украины.

В конце 2012 г. в районе Кривого Рога была установлена станция “UK15” [4, 5], цель работы которой – повышение контроля сейсмической обстановки района. На рис. 4–7 представлены результаты обработки по программе WSG сейсмического события 28.11.2012 (время в очаге 20:48) по трем станциям: “UK15”, “Севастополь” (SEV), “Судак” (SUDU(MI18)). Запись сейсмического события вблизи г. Кривой Рог (станция UK15) четкая, с хорошо выделяемыми фазами (рис. 4). Обработка по одной станции с учетом направления вступлений по фазе P при определении азимута дала координаты: $\varphi = 47,715$; $\lambda = 32,792$, с невязкой 0,001. Ближайшие станции, где зафиксировано данное событие, – сейсмические станции Крымского региона: записи нечеткие (как без фильтра, так и с фильтрацией), не везде однозначно выделяются первые вступления волн P и S (рис. 5, 6). При повторной обработке в определенные параметры очага сейсмического события

Таблица 1. Список сейсмических событий разной природы в г. Кривой Рог и его районе [2]

№ п/п.	Дата	Широта φ	Долгота λ	Магнитуда M	Глубина H , км
1	25.12.2007 04:09:31	47,79	33,38	3,3	0
2	13.06.2010 03:58:17	48,02	32,35	4,3	0,447–0,527
3	18.09.2010 04:00:35	47,84	33,30	3,3	0,447–0,527
4	14.01.2011 05:03:12	48,10	33,40	3,5	1,200–1,300
5	26.06.2011 04:04:30	48,02	32,99	2,5	0,447–0,527
6	22.10.2011 04:06:45	48,89	33,24	3,1	1,200–1,270
7	31.03.2012 04:00:42	48,20	32,50	3,0	1,200–1,270
8	17.06.2012 04:03:16	47,70	33,57	3,0	1,270–1,300
9	28.11.2012 20:47:43*	48,10	33,50	3,1	0

* С учетом данных станции UK15.



Рис. 1. Результат обработки сейсмического события 14.01.2011 г. (05:04), зарегистрированного станцией “Киев-IRIS” ($\varphi = 47,545$; $\lambda = 33,764$)

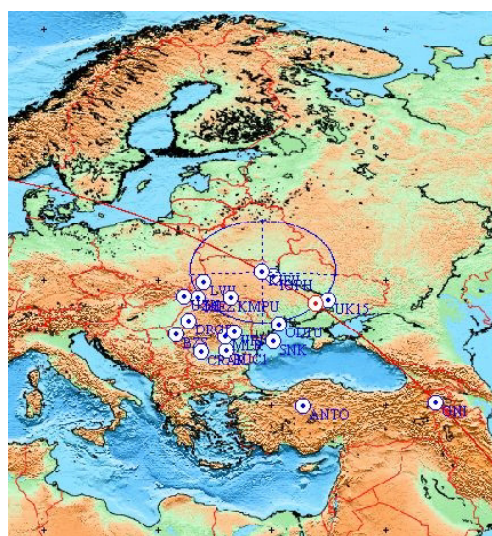


Рис. 2. Результат обработки сейсмического события 31.03.2012 г. (04:01), зарегистрированного станцией “Киев-IRIS” ($\varphi = 47,656$; $\lambda = 33,921$)

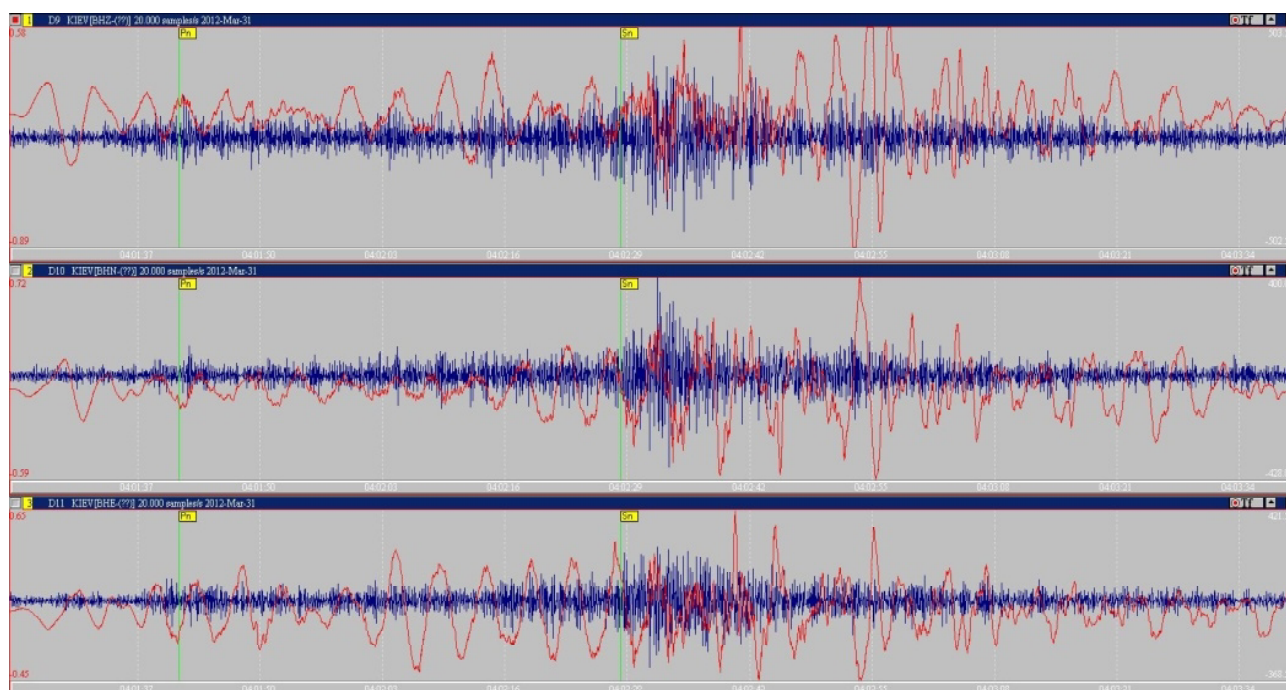


Рис. 3. Запись криворожского сейсмического события 31.03.2012 г. (04:01) на станции “Киев-IRIS”

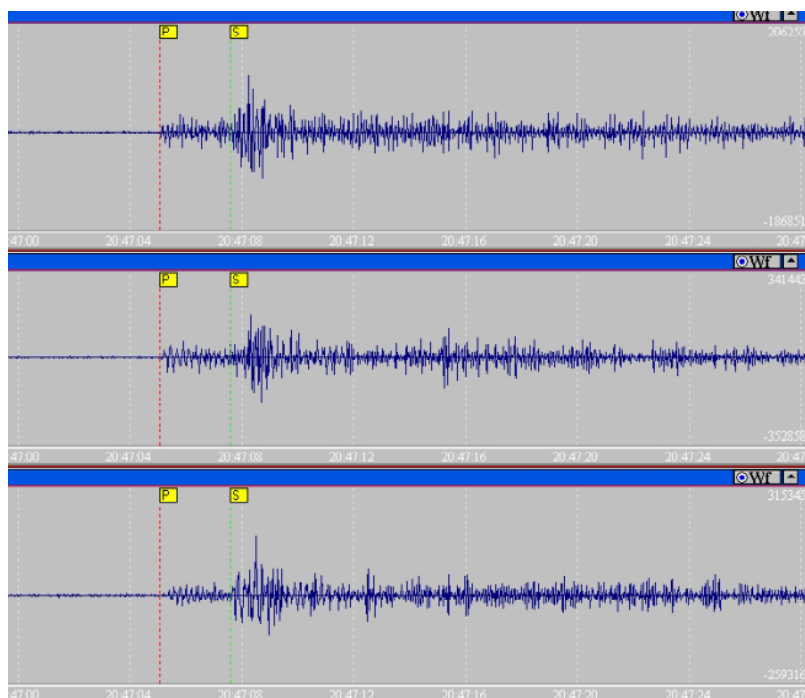


Рис. 4. Запись сейсмического события в г. Кривой Рог 28.11.2012 г. (20:48), записанного станцией “UK15”

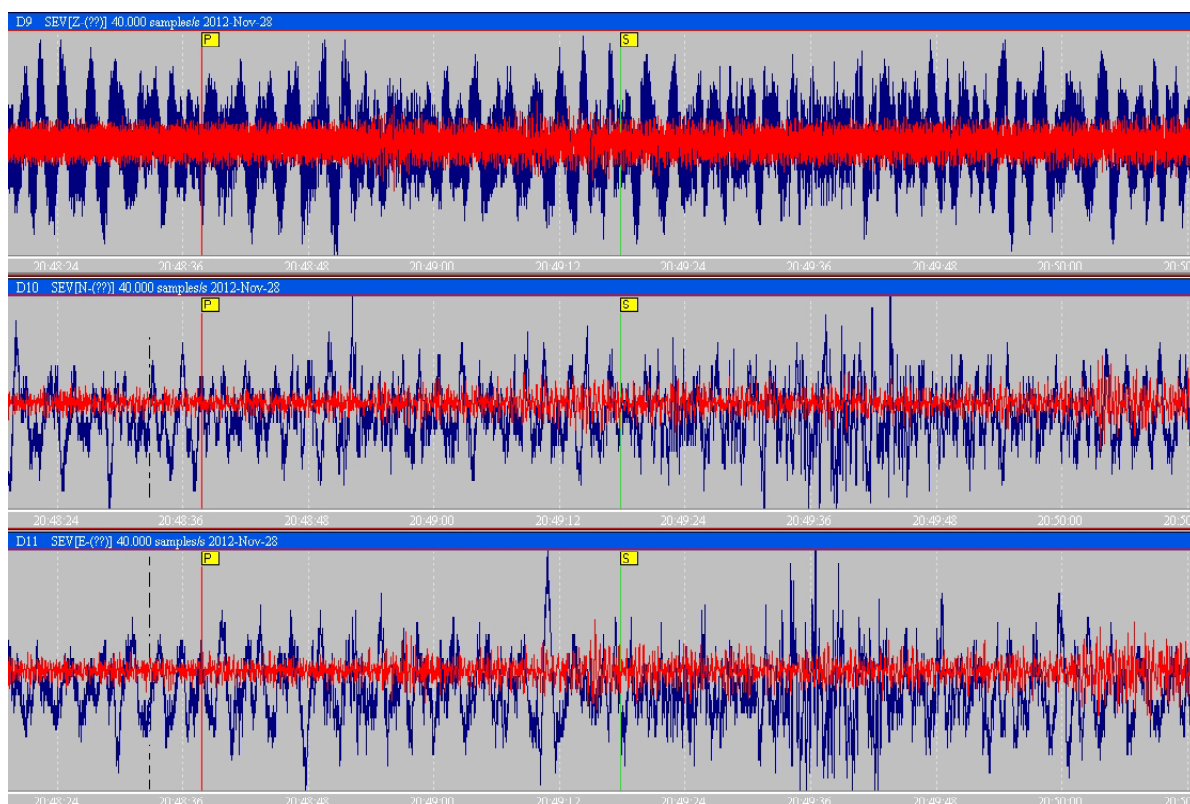


Рис. 5. Запись сейсмического события 28.11.2012 г. (20:48) на станции “Севастополь” (SEV)

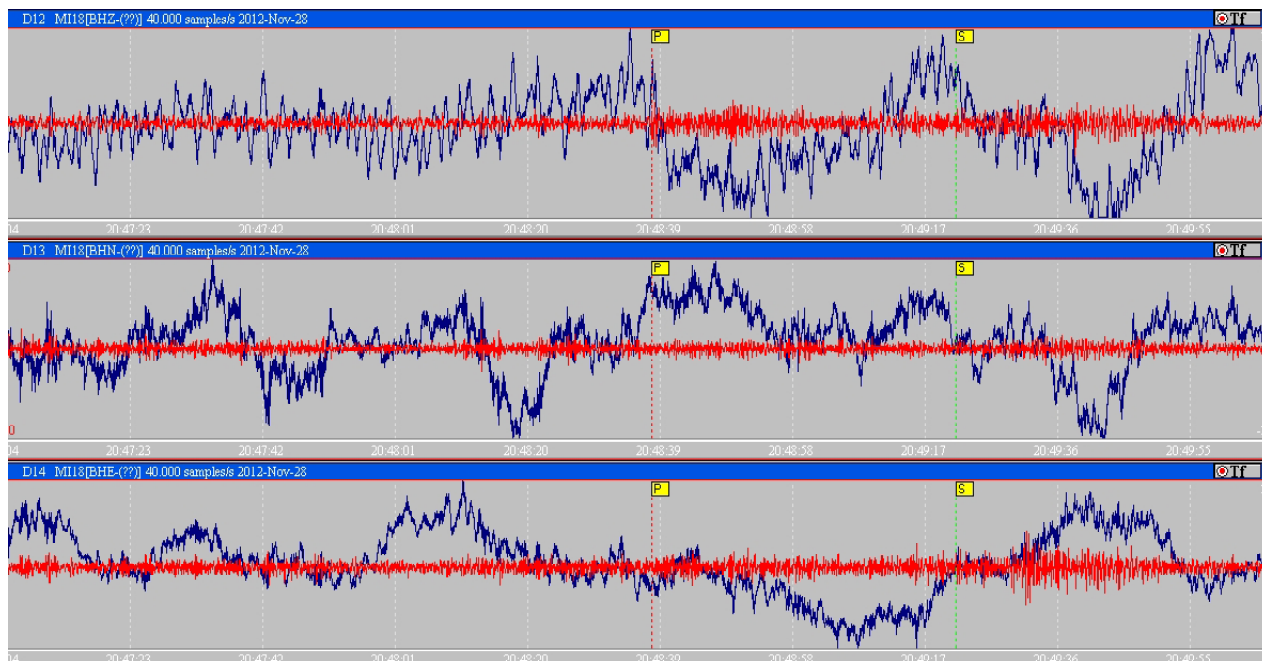


Рис. 6. Запись криворожского сейсмического события 28.11.2012 г. (20:48) на станции “Судак” (SUDU(MI18))

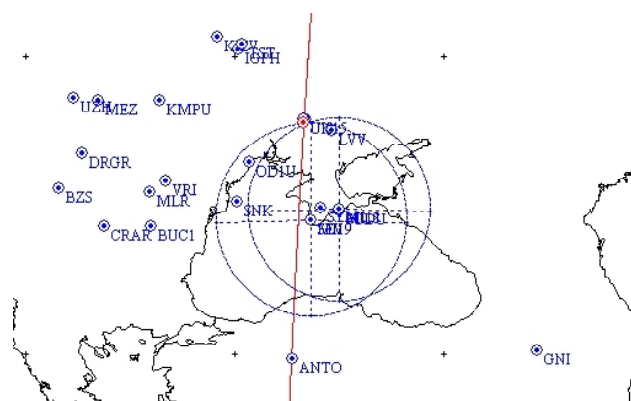


Рис. 7. Результат обработки сейсмического события в г. Кривой Рог, произошедшего 28.11.2012 г. (20:48), по станциям “UK15”, “Севастополь” (SEV), “Судак” (SUDU(MI18))

были включены дополнительно записи сейсмических станций “Севастополь”, “Судак”. Получены координаты: $\varphi = 47,787$; $\lambda = 33,341$ (рис. 7.)

Анализ сейсмических событий последних лет (табл. 1), произошедших в районе Кривого Рога, показал, что все они имеют достаточно близкие координаты очагов. В геологическом плане – это Терновский район г. Кривой Рог, где находится карьер массовых взрывов ($\varphi = 48^{\circ} 12' N$, $\lambda = 33^{\circ} 55' E$).

Общая структурно-тектоническая позиция Криворожского железорудного бассейна. Криворожско-Кременчуцкий глубинный разлом (ККГР) многие исследователи рассматривают как разлом мантийного заложения, который прослеживается далеко за границы бассейна [6]. Разлом очень хорошо выражается в геофизических полях и на аэрокосмоснимках. Он является одним из крупнейших по протяженности в пределах Украинского щита (УЩ). Данные сейсморазведки ОГТ (гео-

траверс “Гранит”, сейсмический профиль 02-88 ОГТ) показывают западное падение разлома. Он трассируется через всю земную кору по смещению отражающих элементов и изменению петрологического состава в низах коры (по данным плотностного моделирования). Углы падения изменяются от $75-80^{\circ}$ вблизи поверхности фундамента до $40-45^{\circ}$ – в низах коры. Тектоническая структура ККГР почти на всем протяжении очень хорошо фиксируется по данным МТЗ как субвертикальный проводник, который отделяет более высокопроводящие образования Ингулецко-Криворожской шовной зоны (с запада от нее) от высокоомных (до 10 000 Ом·м) Среднеприднепровского мегаблока – на востоке. Вдоль разлома прослеживаются фрагменты складчатых структур, которые представлены неполными разрезами криворожской серии.

Как показано на рис. 8, с востока от ККГР расположен Саксаганский (Криворожский) син-

клинорий, имеющий сложное внутреннее строение. Здесь выделяются синклинальные и антиклинальные складки высоких порядков. Шарнир синклинория погружается в северном направлении, максимальная глубина структуры по геофизическим расчетам установлена в районе рудников им. XX Партсъезда и им. Р. Люксембург на глубине 7–7,5 км (вместе с подстилающими породами сурской свиты). Восточное крыло синклинория представлено полным разрезом криворожской серии, западное – срезано ККГР и субмеридиональным ему разломом (последний проходит в 1,5 км на восток от ККГР). Западное крыло синклинория разбурено сверхглубокой скважиной КГС-8. Сложность внутреннего строения структуры, по всей видимости, объясняется наличием здесь древней зоны субдукции, что подчеркивается большой областью протяженных сейсмических площадок, которые падают в низах коры на восток под углами 45–40°, и утолщением литосферы под этой зоной [6]. Н.П. Семенов выделил в этом районе четыре деформационных цикла и полагал, что первый прошел до накопления пород гданцевской и глееватской свит. В первом цикле была сформирована изоклинали складчатость, во втором – образовались открытые складки, в третьем – на субмеридиональные структуры первых двух была наложена поперечная складчатость. С четвертым циклом связано образование блоков, надвигов и разломов.

Особенности геологического строения территории сейсмологической станции. Как показано на рис. 8, сейсмическая станция “UK15” расположена вблизи зоны влияния Ингуло-Криворожской шовной зоны и ККГР в юго-западной части Саксаганской (Криворожской) структуры. В более детальном структурном отношении территория сейсмостанции приурочена к северной части Тарапако-Лихмановской антиклинали, усложняющей юго-западную часть основной структуры Криворожского железорудного бассейна. Протяженность антиклинали, которая простирается от балки Ионовой до устья балки Тимашева, достигает 15 км, а ширина изменяется от нескольких сотен метров на севере до 2,5 км на юге. В районе сейсмостанции размах крыльев антиклинали составляет порядка 550 м. Ее западное крыло ограничено зоной Тарапаковского разлома. В строении антиклинали принимают участие породы скелеватской (PR_{1ck}), саксаганской (PR_{1sx}) и гданцевской (PR_{1gd}) свит криворожской серии палеопротерозоя (рис. 9).

Породы скелеватской свиты (PR_{1ck}), слагающей ядро антиклинали, погружены в районе станции на глубину свыше 300 м и представлены кварцевыми метапесчаниками, филлитовидными сланцами.

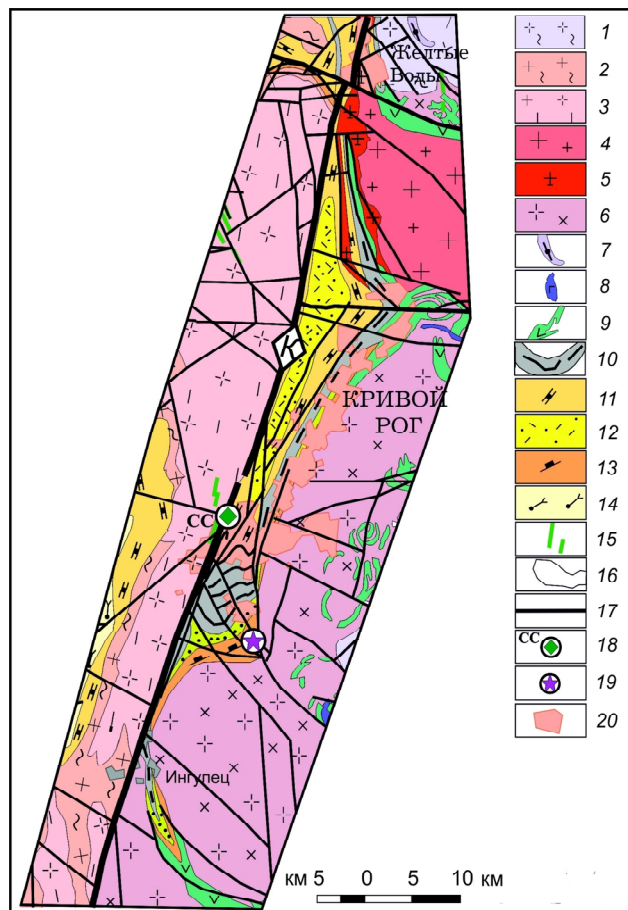


Рис. 8. Фрагмент геолого-формационной карты строения Криворожского железорудного бассейна (по материалам В.М. Кичурчака, П.И. Пигулевского, 2003): К (буква в ромбе) – Криворожско-Кременчугский глубинный разлом; 1 – плагиограниты и плагиомигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые; 2 – граниты и мигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые порфиробластические; 3 – плагиограниты и плагиомигматиты, амфиболиты и диориты; 4 – аплито-пегматоидные граниты, граниты биотитовые, амфибол-биотитовые равномернозернистые и порфиробластические, плагиомигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые; 5 – аплито-пегматоидные граниты, граниты биотитовые, амфибол-биотитовые равномернозернистые и порфиробластические; 6 – граниты аплито-пегматоидные, граниты биотитовые, амфибол-биотитовые порфиробластические, плагиомигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые; 7 – гнейсы и кристаллосланцы биотитовые, амфибол-биотитовые, амфиболовые, амфиболиты; 8 – габброиды; 9 – амфиболиты и сланцы плагиоклаз-амфибол-хлоритовые, плагиоклаз-амфиболовые гранатсодержащие, актинолититы, силикатно-магнетитовые кварциты; 10 – железистые кварциты, кварциты силикатно-магнетитовые, богатые железные руды; 11 – метапесчаники, кварциты, сланцы слюдисто-хлоритовые, мраморы, кальцифиры, офикальциты, гнейсы и сланцы биотитовые, гранат-биотитовые, слюдисто-графитовые, линзы железистых кварцитов; 12 – метапесчаники, метаконгломераты, метаалевролиты, сланцы слюдистые; 13 – гнейсы амфиболовые, биотитовые, гранат-биотитовые, амфиболиты, амфиболовые сланцы; 14 – гнейсы и кристаллосланцы амфибол-пироксеновые, пироксен-биотитовые, часто магнетитсодержащие, гранат-пироксен-биотитовые; 15 – дайки; 16 – литологические границы; 17 – разломы разных рангов, установленные по материалам бурения; 18 – местоположение сейсмологической станции “UK-15”; 19 – расположение эпицентра Криворожского землетрясения от 28.11.2012 г.; 20 – территории городов

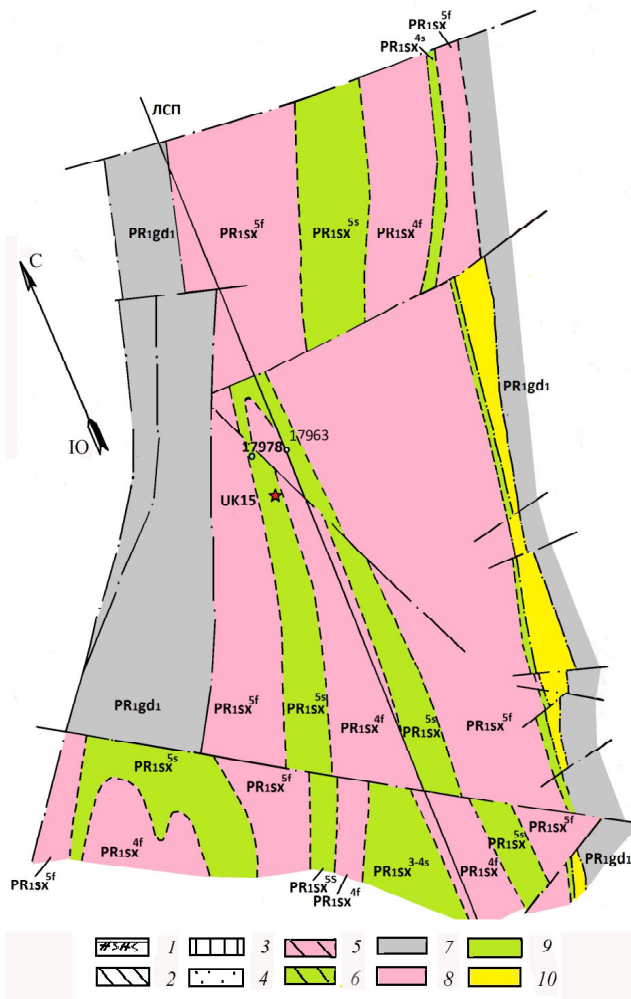


Рис. 9. Геологическая карта района расположения сейсмостанции "UK15" (участок Северный Тарапак): 1 – почвенно-растительный слой, насыпной грунт; 2 – глины желто-бурые четвертичные; ниже – красно-бурые плиоцена; 3 – глины серые; 4 – песок средне-верхнесарматского региона юруса миоцена; 5 – кора выветривания четвертого железистого горизонта (sx^{4f}); 6 – кора выветривания пятого сланцевого горизонта; 7 – сланцы гданцевской свиты; 8 – железистые кварциты первого, второго, четвертого, пятого железистых горизонтов саксаганской свиты; 9 – сланцы и безрудные кварциты первого, второго, третьего, четвертого и пятого сланцевых горизонтов саксаганской свиты; 10 – карбонат-хлорит-тальковые сланцы (метаморфизованные протрузии пород ультраосновного состава). ЛСП – линия среднего простирания

В строении разреза саксаганской свиты (PR_{1sx}), образующей крылья антиклинали, принимают участие четыре железистых (sx^{1f}, sx^{2f}, sx^{4f}, sx^{5f}) и четыре сланцевых (sx^{2s}, sx^{3s}, sx^{4s}, sx^{5s}) горизонтов (рис. 10). Все сланцевые горизонты подобны по минеральному составу. Они представлены кварц-амфибол-хлоритовыми, кварц-хлорит-амфибол-овыми и хлорит-биотитовыми сланцами с прослоями безрудных кварцитов. Близкими по составу являются первый, второй и четвертый железистые горизонты, в строении которых преобладают амфибол-магнетитовые, карбонат-амфибол-магнетитовые кварциты; породы пятого железистого горизонта представлены железослюдко-мартитовыми и железослюдко-магнетитовыми кварцитами.

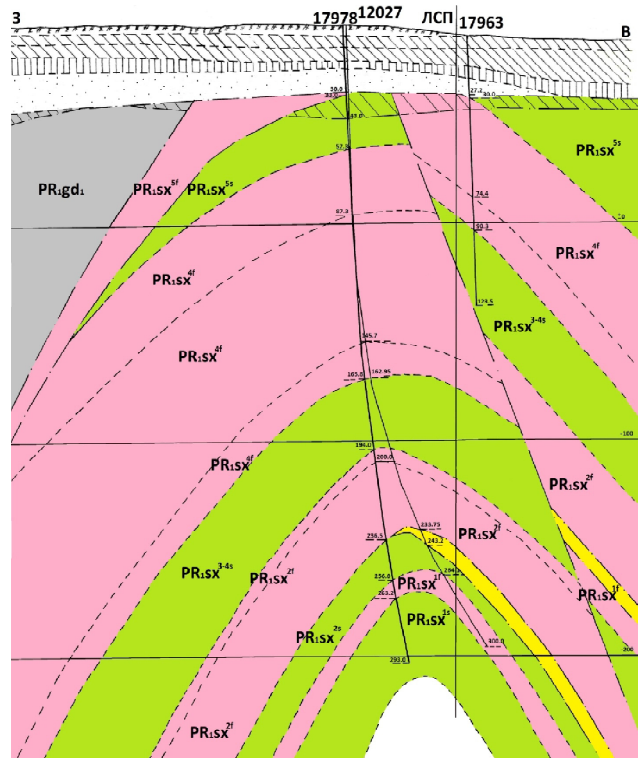


Рис. 10. Геологический разрез по скважинам 17978, 12027, 17963. Условные обозначения см. на рис. 9

Наибольшую мощность (до 100 м) имеет четвертый железистый горизонт, мощность второго – 35, первого – 7 м. Мощность сланцевых горизонтов изменяется от 35 до 13 м. Пятый железистый и пятый сланцевый горизонты в районе станции до глубины 43,0 м изменены в площадной коре выветривания и сложены соответственно мартит-лимонитовыми кварцитами, кварц-биотит-серицитовыми, кварц-серицитовыми сланцами и лимонитизированными глинистыми продуктами выветривания амфибол-хлоритовых сланцев.

Породы гданцевской свиты, распространенные к западу и востоку от сейсмостанции, представлены охристыми, кварц-серицит-углистыми, кварц-биотитовыми сланцами и глинистыми продуктами их выветривания.

Участками к зонам разломов приурочены карбонат-хлорит-тальковые сланцы, образовавшиеся при метаморфизме протрузий ультраосновного состава.

Породы докембрия перекрыты сравнительно маломощными отложениями неоген-четвертичного возраста общей мощностью до 30 м. Они представлены (сверху вниз) насыпным грунтом (4 м), четвертичными глинами желто-бурого цвета (7 м), глиной красно-бурой плиоцена (N₂cb) (8 м), серой глиной и мелкозернистым кварцевым песком средне-верхнесарматского региона юруса миоцена (N_{1s2+3}) (14,6 м).

Анализ техногенных записей сейсмической станции "UK15". Одна из важнейших задач интерпретации сейсмических наблюдений – иден-

тификация природы очага зарегистрированного сейсмического события. Особенно сложной эта задача становится при разделении местных землетрясений и взрывов, когда при идентификации необходимо учитывать время зарегистрированного события, принадлежность к разрабатываемым карьерам, характер записи и т. д. Факт наличия обширных карьеров и глубоких шахт указывает на то, что сейсмические события, происходящие в данном районе, могут быть вызваны техногенными процессами или представлять собой непосредственную регистрацию рассредоточенных взрывов и обвалов.

Как известно, степень точности определения параметров зависит, прежде всего, от количества станций, на записях которых зафиксированы конкретные сейсмические события, иными словами, от плотности сейсмологической сети наблюдений. В настоящее время центральная часть территории Украины контролируется, в основном, сейсмическими станциями “Киев-IRIS” ($\varphi = 50,694$; $\lambda = 29,208$), “UK15” ($\varphi = 8,368$; $\lambda = 34,968$); “LVV” ($\varphi = 47,54$; $\lambda = 34,645$). К сожалению, станции “UK15” (район г. Кривой Рог) и “LVV” (район г. Запорожье) расположены в местах с большой шумовой нагрузкой, в связи с чем запись небольших локальных сейсмических событий часто бывает затруднена.

Для оптимизации процесса выделения записей локальных криворожских сейсмических событий в зашумленных сейсмических записях станции “UK15” необходимо найти разницу форм записей транспортных помех и естественных сейсмических криворожских событий. Достаточная аналитическая и визуальная статистика записей, зашумленных транспортными помехами, позволит обработчикам находить временные вступления локальных событий более качественно и эффективно. На рис. 11 показаны все трехкомпонентные суточные зашумленные сейсмические записи, на которых уровень амплитуды показывает уровень интенсивности микросейсмических техногенных сотрясений точки расположения станции. Очевидно, что свойства этих микросейсмических сотрясений определяются свойствами почвенных покрытий геологической структуры, расположенной под станцией и показанной на рис. 9 и 10. Следует отметить, что подробные геолого-тектонические качественные описания свойства малой области расположения станции (рис. 9, 10), представленные в этой статье, и анализ микросейсмических записей позволяют находить связь между амплитудой и частотой микросейсмических нетранспортных вибраций и временной вариацией их геолого-механических свойств.

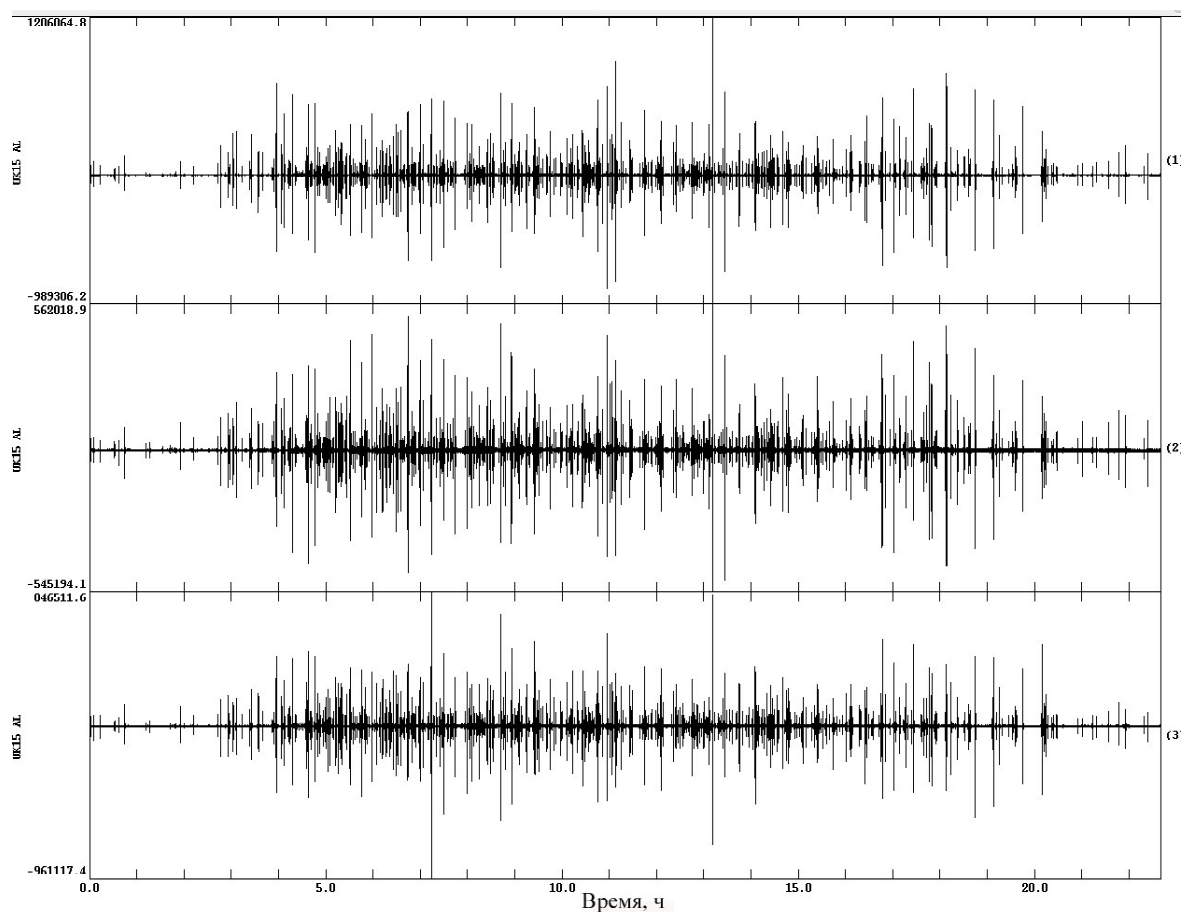


Рис. 11. Все записи сейсмической станции “UK15” за 17 марта 2013 г.

Для подробного и углубленного анализа воздействия транспортных помех на микросейсмические и сейсмические записи станции “УК15” [7] было проведено наблюдение прохождения транспортных средств различного типа – маршрутное такси, легковые автомобили, автобусы, грузовики и др. Время прохождения транспортных средств разной конструкции мимо точки расположения станции, направление и короткое описание их механического типа приведены в табл. 2.

На рис. 12 представлена сама микросейсмическая запись вибрации земной поверхности с наложенными на нее транспортными помехами, времени и уровни интенсивности которых приведены в табл. 2. Подсчитав количество транспортных средств, прошедших мимо точки расположения станции, находим, что за два часа периода наблюдений движения транспорта мимо станции проехало почти 70 транспортных средств разной конструкции. Простой расчет показывает, что временной

Таблица 2. Расписание движения и направления движения транспорта относительно станции “УК15”, расположенной по адресу г. Кривой Рог, ул. Геологическая, 2а

№ п/п	Время на 17.03.2013 г., ч:мин:с	Вид автомобиля	Направление (по отношению к зданию станции)	Скорость
1	10:31:34	Легковой	Направо	Быстро
2	10:32:24	Маршрутка	Налево	”
3	10:32:44	Легковой	”	”
4	10:34:29	”	Направо	”
5	10:40:20	”	”	”
6	10:42:16	”	Налево	”
7	10:42:20	”	Направо	”
8	10:42:25	Автобус	”	”
9	10:43:59	Легковой	”	”
10	10:44:26	”	Налево	”
11	10:45:39	Автобус	”	Медленно
12	10:47:02	Легковой	Направо	Быстро
13	10:48:10	Маршрутка	Налево	”
14	10:51:06	Легковой	Направо	Медленно
15	10:53:59	”	Налево	”
16	10:56:06	Грузовой	Направо	”
17	10:58:17	Легковой	Налево	Быстро
18	10:59:45	”	Направо	”
19	11:00:17	Легковой с прицепом	Налево	”
20	11:00:55	Легковой	”	”
21	11:01:50	”	Направо	”
22	11:02:14	”	”	”
23	11:02:30	”	”	Медленно
24	11:03:01	”	”	Быстро
25	11:04:15	”	”	”
26	11:05:16	”	”	”
27	11:05:29	Маршрутка	Налево	Медленно
28	11:06:25	”	Направо	”
29	11:09:02	”	Налево	Быстро
30	11:09:09	Легковой	Направо	”
31	11:15:08	Грузовой	Налево	”
32	11:17:03	Легковой	”	”
33	11:18:02	”	Направо	Медленно
34	11:23:48	”	”	Быстро
35	11:23:50	Автобус	Налево	”
36	11:24:41	Легковой	”	”

№ п/п	Время на 17.03.2013 г., ч:мин:с	Вид автомобиля	Направление (по отношению к зданию станции)	Скорость
37	11:25:43	Автобус	Направо	Медленно
38	11:28:09	Маршрутка	”	”
39	11:29:26	Легковой	Налево	Быстро
40	11:31:30	Маршрутка с прицепом	Направо	”
41	11:33:33	Легковой	Налево	”
42	11:35:42	Маршрутка	”	”
43	11:40:13	Легковой	”	”
44	11:41:25	”	”	”
45	11:44:50	Маршрутка	”	Медленно
46	11:45:12	”	Направо	Быстро
47	11:47:13	Легковой	Налево	Медленно
48	11:50:20	”	”	Быстро
49	11:52:27	”	”	”
50	11:57:51	”	Направо	”
51	11:59:15	”	”	”
52	12:00:40	”	Налево	”
53	12:00:48	”	”	”
54	12:05:29	Велосипед	”	Медленно
55	12:06:12	Автобус	”	”
56	12:06:24	”	Направо	”
57	12:09:15	Легковой	”	”
58	12:10:06	”	”	”
59	12:11:04	Маршрутка	”	”
60	12:12:40	Легковой	”	”
61	12:13:15	”	”	”
62	12:15:54	”	Налево	Медленно
63	12:20:06	”	”	Быстро
64	12:21:25	”	”	”
65	12:25:34	Маршрутка	”	Медленно
66	12:26:15	”	Направо	Быстро
67	12:28:05	Легковой	”	”
68	12:28:41	”	Налево	”
69	12:30:17	Маршрутка	Направо	”

интервал между последовательным прохождением каждой единицы транспортного средства равен приблизительно в среднем 1 мин 40 с, что указывает на достаточно интенсивное движение.

Для образца записи транспортной помехи рассмотрим запись движения грузовика, который двигался достаточно медленно в направлении слева направо по отношению к расположению станции. Выбор для первичного анализа уровня техногенных микросейсмических сотрясений именно этого типа транспортного средства был сделан по достаточно высокому по амплитуде и длительному по времени уровню его воздействия, что соответствует по времени строке 16 табл. 2 (рис. 13).

На записи движения грузовика относительно станции (рис. 13) видно, что сейсмометры начали чувствовать его воздействие за 15 с до его прохода относительно станции и фиксация его воздействия

значительно уменьшилась по истечении 8 с его прохода относительно точки расположения станции. Уменьшение времени воздействия транспортной помехи обусловлено направлением движения грузовика относительно точки расположения станции – при движении от нее микросейсмическая поверхностная шумовая волна распространялась в том же направлении и потому длительность периода ее воздействия уменьшилась.

Выводы.

1. Размещение первой криворожской станции сейсмических наблюдений “УК15” и регистрация сейсмических событий любого типа на достаточно оптимальном для точки наблюдений по геологии участке позволили произвести четкую фиксацию важного для данного региона сейсмического события, происшедшего 28 ноября 2012 г. в 20 ч 47 мин по Гринвичу, что

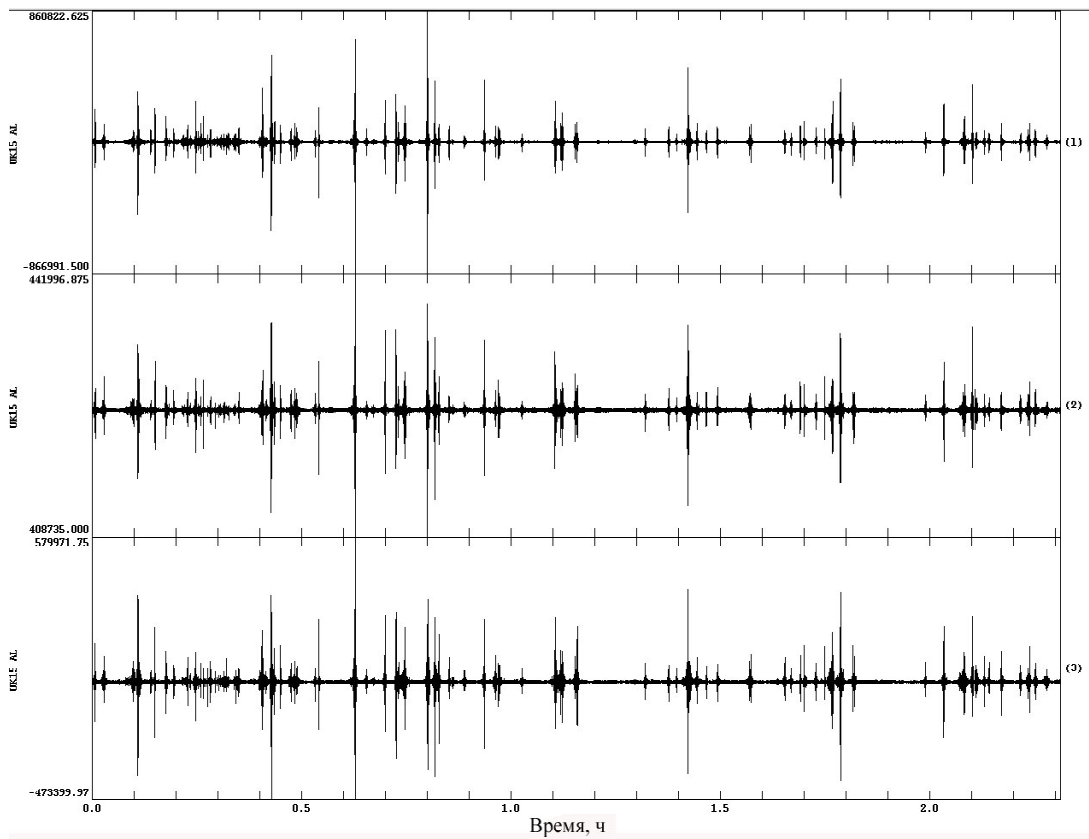


Рис. 12. Записи сейсмической станции “УК15” в период времени наблюдений технических сотрясений с 17.03.2013 10:30:30 по 17.03.2013 12:30:30 (табл. 2)

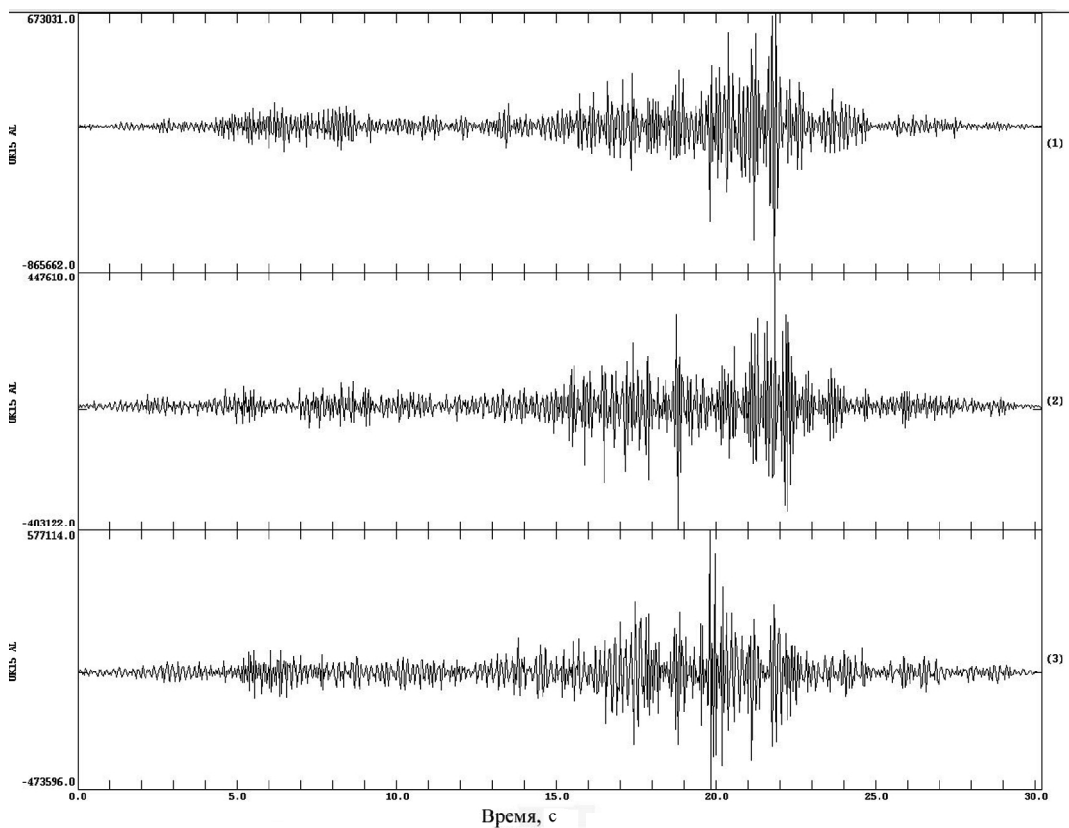


Рис. 13. Максимальная по амплитуде техногенная запись сейсмической станции “УК15” в период времени движения грузовика с 17.03.2013 10:56:06 по 17.03.2013 12:58:38 (см. строку 16 табл. 2)

скорее всего подтверждает возможность наличия в данном регионе не только техногенных, но и естественных сейсмических событий.

2. Организация в г. Кривой Рог сети сейсмических станций аналогичного типа и службы обработки сейсмических данных позволит набрать необходимый объем материалов по обработке сейсмических записей для выяснения природы и источников сейсмических событий разной природы в этом городе и окружающих его районах карьерных и шахтных выработок.
3. Определено, что расположение станций в районах карьерных и шахтных выработок г. Кривой Рог потребует от обработчиков сейсмических записей специального опыта обработки именно таких специфических сейсмических событий, что обусловлено высоким уровнем не исключаемых транспортных вибрационных воздействий на любую точку сейсмических наблюдений в г. Кривой Рог и сопредельных районах.

1. *Бондарь М.Н.* Сейсмическое событие 14 января 2011 г. в районе Кривого Рога (Днепропетровская область) // Сейсмологический бюллетень Украины за 2011 год. – Киев, 2012. – С. 136–139.
2. *Криворожское* землетрясение 14 января 2011 года как локальное следствие сеймотектонических и техногенных процессов / А.В. Кендзера, П.И. Пигулевский, С.В. Щербина, В.К. Свистун, И.Ю. Гурова, Ю.В. Лесовой // Геодинамика. – 2012. – № 1(12). – С. 114–119.
3. *Пигулевский П.И.* О сейсмической активности Криворожско-Кременчугской и Орехово-Палогоградской шовных зон Украинского щита // Научные труды УкрНИИ НАН Украины / Под ред. А.В. Анциферова. – Донецк, 2011. – Вып. 7, ч. 1. – С.122–131.
4. *Щербина С.В.* Оценка сейсмической опасности жилых зданий в г. Кривой Рог на основе микросейсмических наблюдений / П.И. Пигулевский, Т.В. Криль // Геоинформатика. – 2012. – № 4 (44). – С. 66–71.
5. *Щербина С.В.* Цифровые сейсмические регистраторы и их калибровка // Геофиз. журн. – 2011. – Т. 33, № 2. – С. 156–158.
6. <http://seismo.kiev.ua/KrivoRig/KrivoRigExpl02a.html>
7. <http://seismo.kiev.ua/Records/records.html>

*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,
Киев, Украина
E-mail: nohur@ukr.net*

Поступила в редакцию 21.06.2013

С.В. Щербина, П.И. Пигулевский, И.Ю. Гурова, О.А. Калиниченко

РЕЄСТРАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОГЕННИХ І ПРИРОДНИХ СЕЙСМІЧНИХ ПОДІЙ У м. КРИВОЙ РІГ

Сейсмічні події в м. Кривий Ріг і на суміжних територіях останнім часом можуть бути як природними, пов'язаними з локальними тектонічними процесами, так і техногенними, зумовленими роботами з видобутку руди в різних шахтах і кар'єрах. Для з'ясування природи та геофізичних властивостей таких подій у м. Кривий Ріг розглянуто результати обробки та аналіз сейсмічних подій різного типу, які виконані локальною криворізькою станцією "UK15" та іншими сейсмостанціями міжнародної системи USGS і України.

Ключові слова: системи сейсмічних спостережень, обробка та інтерпретація сейсмічних подій локальної природи, промислові вибухи, техногенні землетруси.

S.V. Shcherbina, P.I. Pigulevskij, I.Yu. Gurova, O.A. Kalinichenko

REGISTRATION AND ANALYSIS OF NATURAL AND MAN-MADE SEISMIC EVENTS IN KRIVOY ROG

Seismic events in Krivoy Rog and its surrounding areas in recent times can be natural, associated with local tectonic processes, and man-made, caused by ore mining in various mines and quarries. To determine the nature and geophysical properties of such events in Krivoy Rog, this article discusses the processing results and analysis of seismic events of different types, done by the local station Krivoy Rog "UK15" and other seismic stations of the international system USGS and Ukraine.

Keywords: system of seismic observations, processing and interpretation of the local nature of seismic events, industrial explosions, man-made earthquake