

УДК 550.34

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИДНЕПРОВЬЯ

Пигулевский П.И.^{1,2}, Тяпкин О.К.², Бурлакова А.О.²

¹*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина, pigulev@ua.fm*

²*Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Днепр, Украина*

Введение.

Вся современная инженерная деятельность человека может рассматриваться как дополнительное внешнее воздействие на сложную цепь взаимосвязанных природных процессов, масштабы которых способны радикально изменять состояние земной коры, в т.ч. генерировать природно-техногенные землетрясения. Для Украины опасность последних (особенно вызванных добычей полезных ископаемых) усиливается их проявлением в экономически освоенных районах с экологически опасными объектами. В первую очередь, это касается ее центральной части – Промышленного Приднепровья, где сосредоточена основная добыча железа, марганца, урана, угля и др. полезных ископаемых. Поэтому здесь в юго-западной части Восточно-Европейской платформы, которая традиционно считается асейсмической, к одной из самых важных задач необходимо отнести создание системы сейсмомониторинга, направленного на изучение повышенной техногенной сейсмичности.

В частности, за последние 20 лет среди сейсмических регионов Украины оказалась и территория Криворожского железорудного бассейна – Кривбасса, расположенного в центральной части асейсмического Украинского щита. Широкомасштабная деятельность горнодобывающих предприятий, в технологический цикл которых входит использование таких экологически опасных технических сооружений как водохранилища, отстойники, хвостохранилища, отвалы, карьеры, подземные горные выработки, работа которых сопровождается значительными перемещениями горных масс. Последние, в свою очередь, приводят к необратимым антропогенным изменениям в верхней части литосферы этого региона. Объем техногенных отходов только на стадии разработки месторождения в 4-5 раз превышает объем добычи, а на стадии производства концентрата при обогащении – в 3-10 раз и больше. В Кривбассе в хвостохранилищах (площадью ~7 тыс. га) уже накоплено свыше 2.5 млрд. т отходов. «Быстрое» перемещение горных пород приводит к нестабильности верхнего слоя земной коры мощностью до 20 км, которая усугубляется непостоянными во времени и по площади мощными взрывами в карьерах и шахтах.

Организация сейсмических наблюдений.

Для изучения геодинамических последствий природно-техногенных процессов в этом регионе Институтом геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины совместно с Днепропетровской геофизической экспедицией (ДГЭ) «Днепрогеофизика» [1] на производственной базе Криворожской геофизической партии в 2012 г. (г. Кривой Рог, ул. Геологическая, 2-а) была установлена сейсмическая станция UK15 (рис.1) и начат сбор данных инструментальных наблюдений активизации природно-техногенной сейсмичности, которая может иметь опасные социо-эколого-экономические последствия в условиях техногенно-нагруженной территории Кривбасса. Это позволило организовать оперативную службу сейсмических наблюдений в непрерывном онлайн-режиме с дальнейшим анализом генезиса локальных сейсмических событий (на основе их пространственно-временного сопоставления с ближайшими промышленными взрывами в шахтах и карьерах). В пользу приведенного характера сейсмичности указывают результаты сопоставления координат эпицентров ряда землетрясений (в т.ч. 25.12.2007, 14.01.2011 и 24.06.2013) и ближайших шахт «Ленина», «Орджоникидзе» и «Гвардейская», где были проведены взрывы. Местоположения эпицентра землетрясения 24.06.2013 (по данным UK-15) и указанных шахт мало отличаются: по широте $\Delta\varphi=0.02-0.04^\circ$ и долготе $\Delta\lambda=0.02-0.03^\circ$. Это значительно меньше расхождений этих координат, которые регистрировались до начала функционирования UK-15, в т.ч. для сейсмического события 27.12.2007 $\Delta\varphi=0.03-0.05^\circ$, $\Delta\lambda=0.05-0.06^\circ$ и для сейсмического события 14.01.2011 $\Delta\varphi=0.03-0.05^\circ$, $\Delta\lambda=0.19-0.21^\circ$ [2].



Рис. 1. Сейсмическая станция UK15 (фото 2016 г.) на производственной базе Криворожской геофизической партии

Краткое обсуждение результатов.

На рисунке 2 показана запись и спектрограмма землетрясения 24 июня 2013 г. в 00 час. 16 мин. по Киевскому времени, записанное сейсмической станцией UK15 [1]. Оно имеет тектоническую природу со значением магнитуды в пределах 4.5-4.7. При изучении волновой картины на записи станции UK-15 выделено время регистрации вступления волны pP , согласно которого установлено, что его очаг находился на глубине 2 км [1].

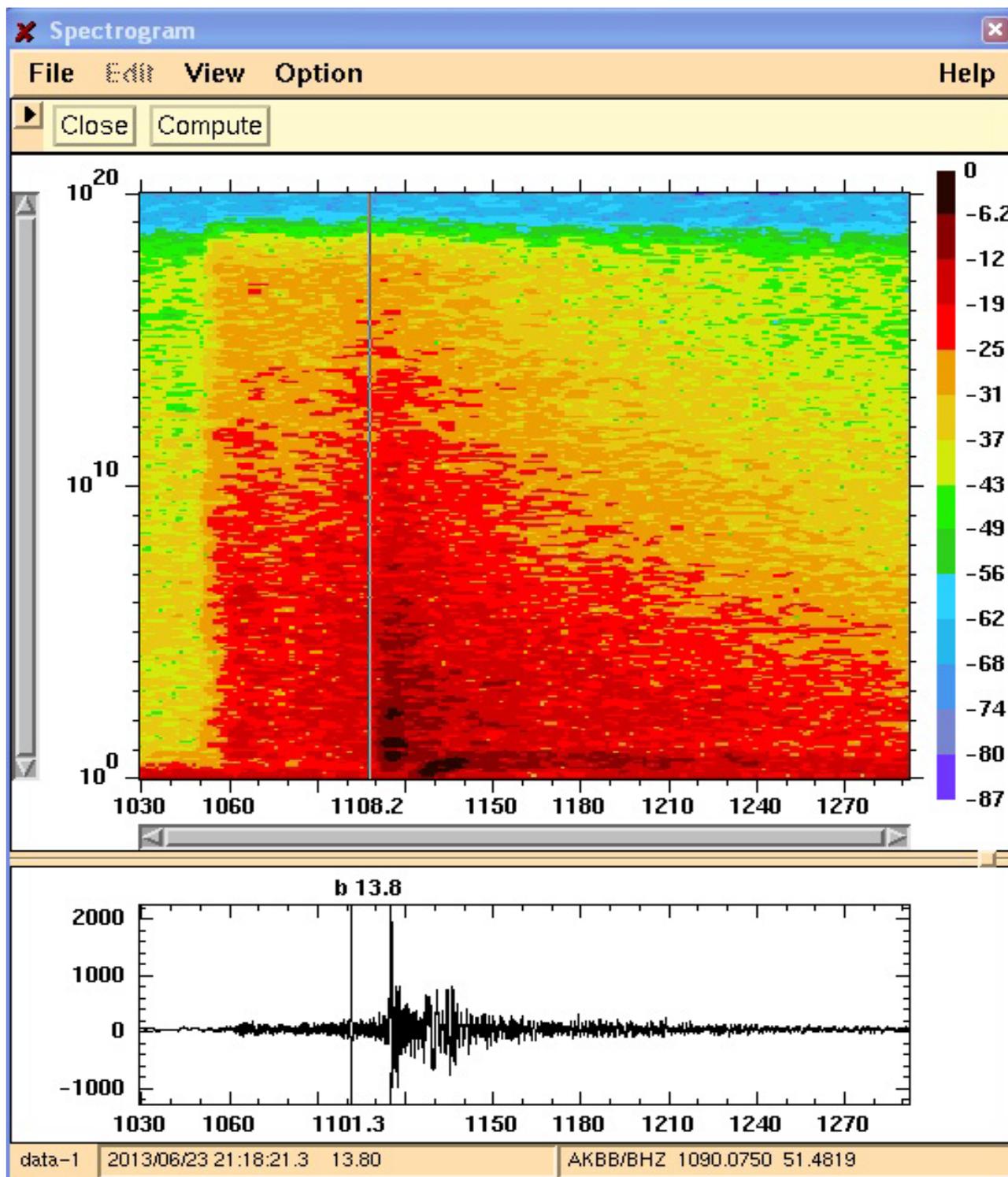


Рис. 2. Спектрограмма и запись землетрясения 24 июня 2013 г. в 00 час. 16 мин. по Киевскому времени

Надо также отметить, что с декабря 2007 г. ДГЭ «Днепрогеофизика» в буровой скважине №14431, расположенной на левом берегу реки Саксагань в г. Кривой Рог, выполняет гидрогеодинамический мониторинг (рис.2). Полученные данные позволяют уточнить время сжатия. На рис. 3 видно, что максимум основного (быстрого) сжатия приходится на 4 часа утра 23 июня, то есть за 17 часов до землетрясения 24 июня 2013 г. Также следует отметить, что перед этим землетрясением не было зарегистрировано взрывов с $m_b \geq 3.0$ [2].

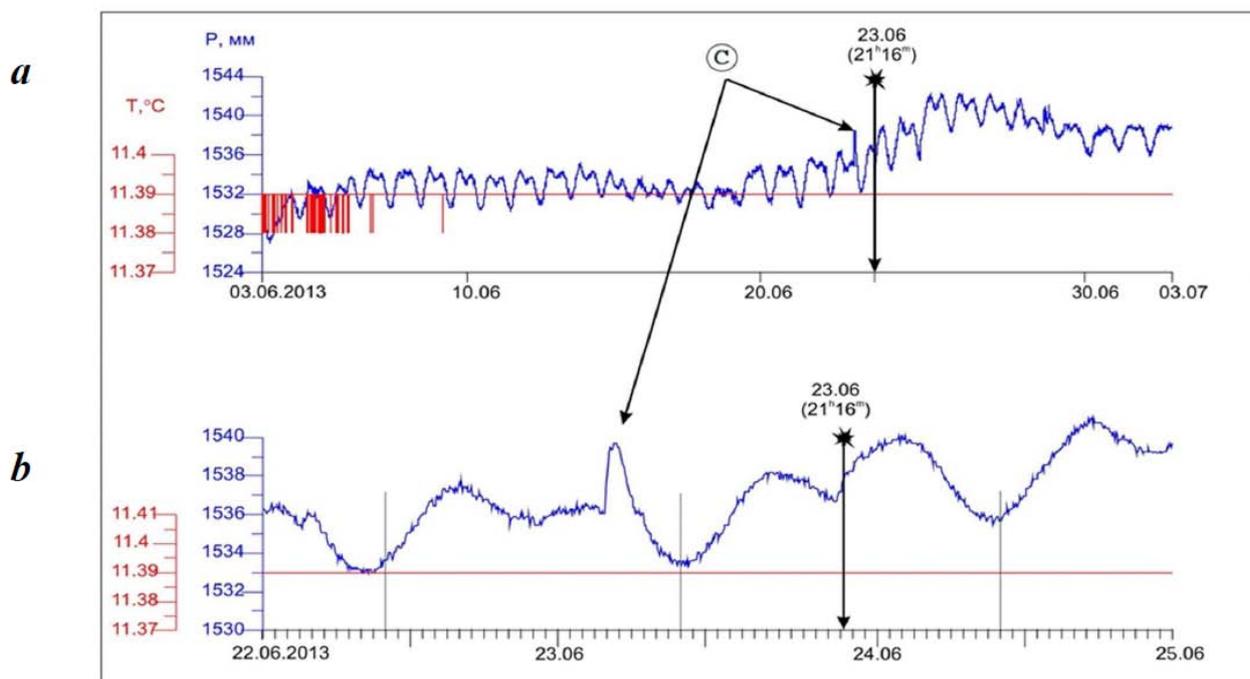


Рис. 3. Результаты гидрогеодинамического мониторинга уровня P и температуры T воды в скважине: 03-26.06.2013 (a) и подробно 23-24.06.2013 (b) (время UTC)

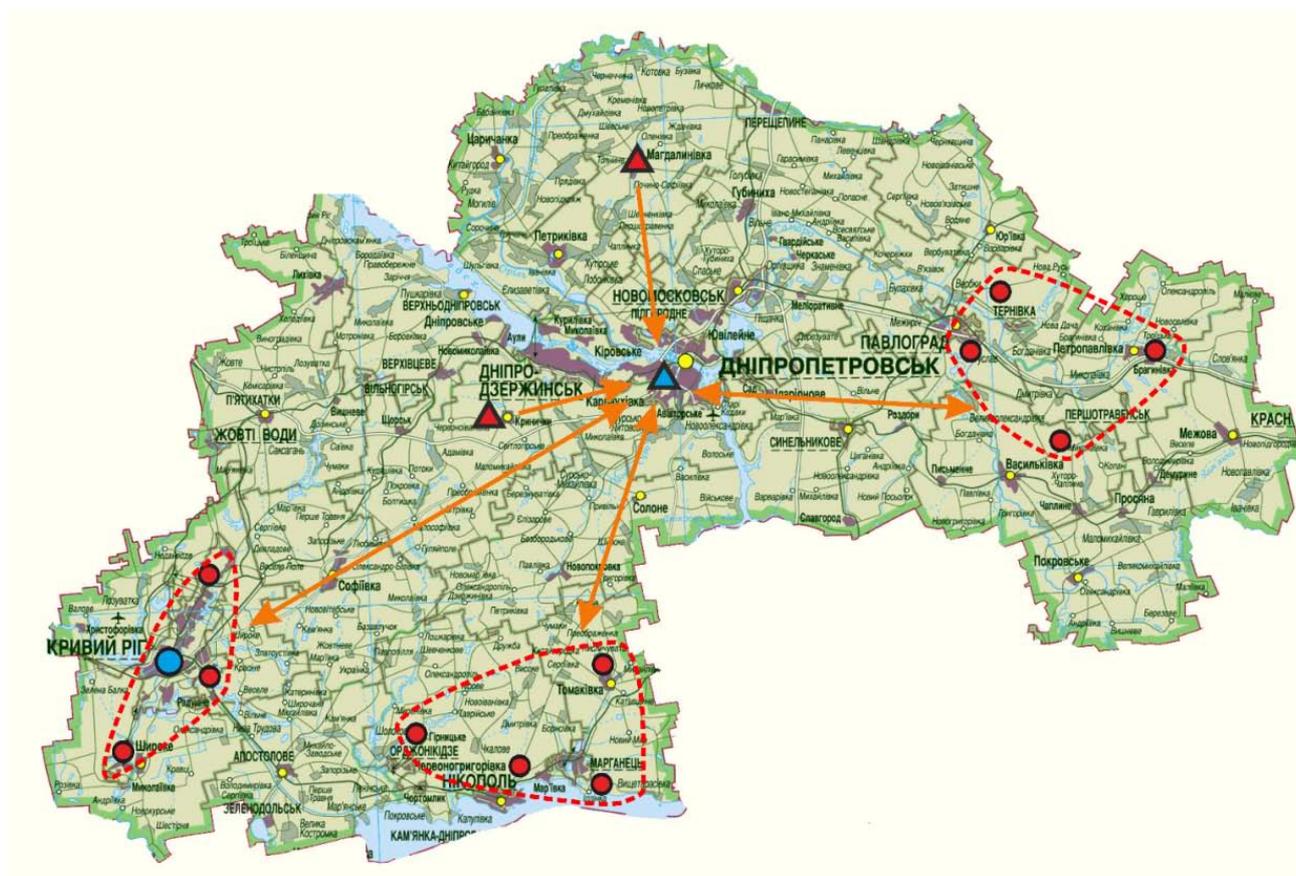


Рис. 4. Проектная сеть сейсмомониторинга на территории Днепропетровской области (центр Промышленного Приднепровья)

Организация региональной системы мониторинга

Приведенные результаты позволяют сделать вывод, что локальная система сейсмомониторинга вместе с подобными системами на территориях других бассейнов (районов добычи) полезных ископаемых Промышленного Приднепровья должна интегрироваться в региональную систему экологического мониторинга Днепропетровской области – СЭМ «Приднепровье» (рис.4), которая постоянно развивается с начала 1990-х годов. Вместе с объектовым и городским уровнями указанная система включает полигонный (региональный) уровень организации.

Проанализировав современное состояние СЭМ «Приднепровье», предлагается дополнить эту систему блоком сейсмомониторинга с центром управления в г. Днепр, где с 2014 года установлена сейсмологическая станция МІ 05. Для этого необходимо создание не менее 3-х локальных подсистем (полигонов) сейсмомониторинга в основных районах добычи полезных ископаемых в регионе: 1) Кривбассе, 2) Никопольском марганцевом бассейне и 3) Западно-Донбасском угольном бассейне (рис.4). На каждом из этих полигонов необходимо оборудование не менее 4-х сейсмостанций, в т.ч. одной базовой. В частности, на территории Криворожья, где уже установленная станция УК-15 (синий кружок), необходимо добавить еще 3 станции (проектное положение – красные кружки). Также на территории области должны быть оборудованы не меньше 2-х «фоновых» сейсмостанций (красные треугольники), в т.ч. для юго-западной части области (Украинский щит) – в районе пгт Кринички и для северо-восточной части области (склон Днепровско-Донецкой впадины) – в районе пгт Магдалиновка [3].

Список литературы

1. Пигулевський П.Г., Щербіна С.В., Свистун В.К. Про розвиток системи реєстрації і аналізу неординарних сейсмічних подій в Кривбасі // Сборник научных трудов. Качество минерального сырья. Изд. ФОП Чернявский Д.А. Кривой Рог. 2017. Т.1. С.301–318.
2. Tiapkin O.K., Kendzera O.V., Pihulevskii P.H. Research of the increased induced seismicity in complex geoeological monitoring of shallow subsurface of Ukrainian mini // 23rd European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics. Near Surface Geoscience'17. Malmö, Sweden, 2017. Paper Tu 23P2 25. 5 p.
3. Burlakova A., Tiapkin O., Pihulevskiy P. Research of the induced seismicity in complex geoeological monitoring of Central Ukraine // Smart Bio: Proceeding of II International Conference. Kaunas, Lithuania, 2018. P.356.