

## АНАЛИЗ МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ КРИВОГО РОГА

*А.П. Иванова, Л.В. Феськова, Национальный горный университет, Украина*

В статье исследованы факторы, вызывающие техногенные землетрясения. Проанализирован мониторинг техногенной сейсмичности города Кривой Рог. Представлена информация о землетрясениях и сдвигах.

**Введение.** Техногенная сейсмичность в регионах Украины поставила новые задачи перед наукой и практикой в части сохранности объектов и людей. Их решение достаточно сложное и экономически затратное. Еще большая сложность предвидится на предприятиях, эксплуатирующих взрывопожароопасное оборудование, технические устройства и др. Объекты газовой, нефтяной, химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслей, даже при интенсивности землетрясений 5 баллов из-за нарушения систем автоматики и управления технологическими процессами способны значительно повысить степень риска и вызвать катастрофические последствия. Само технологическое оборудование, выполненное в несейсмическом исполнении представляет собой также большую потенциальную опасность [4].

Кривой Рог – современный промышленный город, который занимает территорию площадью 431,0 км<sup>2</sup> и играет ведущую роль в экономике Украины (рис.1). Он является основной сырьевой базой для развития черной металлургии, имеет стратегическое значение для экономической независимости и безопасности государства. В общем внутреннем валовом продукте Украины доля продукции Кривого Рога составляет около 6,4%, в экспортном потенциале страны - 7%. Экономический потенциал города представляют около 6000 предприятий. Промышленность города насчитывает 87 крупных предприятий различных отраслей: черной металлургии, машиностроительной, стройматериалов, химической, полиграфической, деревообрабатывающей, легкой, пищевой и др. В Криворожском бассейне расположено 8 из 11 предприятий Украины по добыче и переработке железорудного сырья, а также предприятия по обслуживанию основного производства. Удельный вес горно-металлургического комплекса составляет 86% общих объемов промышленного производства в городе. Единственный в стране Криворожский суриковый завод производит железный сурик, пользующийся большим спросом в Украине и за ее пределами

Общая площадь территорий, занятая отдельными предприятиями, промышленными формированиями и другими объектами промышленности в пределах города составляет 16216,47 га, что составляет значительный процент в общем земельном балансе города. Часть промышленных территорий, площадью 15282,0 га, расположенная за пределами города на землях районов, но граничат с городскими промышленными территориями.

**Состояние вопроса.** Линейность расположения месторождения полезных ископаемых - железных руд - с юго-запада на северо-восток обуславливают месторасположение предприятий, осуществляющих разработку полезных ископаемых открытым и подземным способами.

Развитие планировочной структуры Кривого Рога преимущественным образом осуществлялся вдоль территорий месторождения железных руд, рядом с горнорудными предприятиями располагаются районы жилой и общественной застройки. Со временем эти территории получили дальнейшее развитие и были объединены городскими пределами. Промышленная деятельность повышает риск возникновения техногенной сейсмичности, которая может нанести огромный вред жилому фонду и гражданским объектам.

В результате ведения горных работ и извлечение из недр миллиардов тонн горной массы в Криворожском регионе сформирован значительное техногенное нарушение геологической структуры, по площади превышающее размеры блоков, которые составляют эту структуру. Эти нарушения проявляются на земной поверхности. Зона нарушений простирается на 80 км

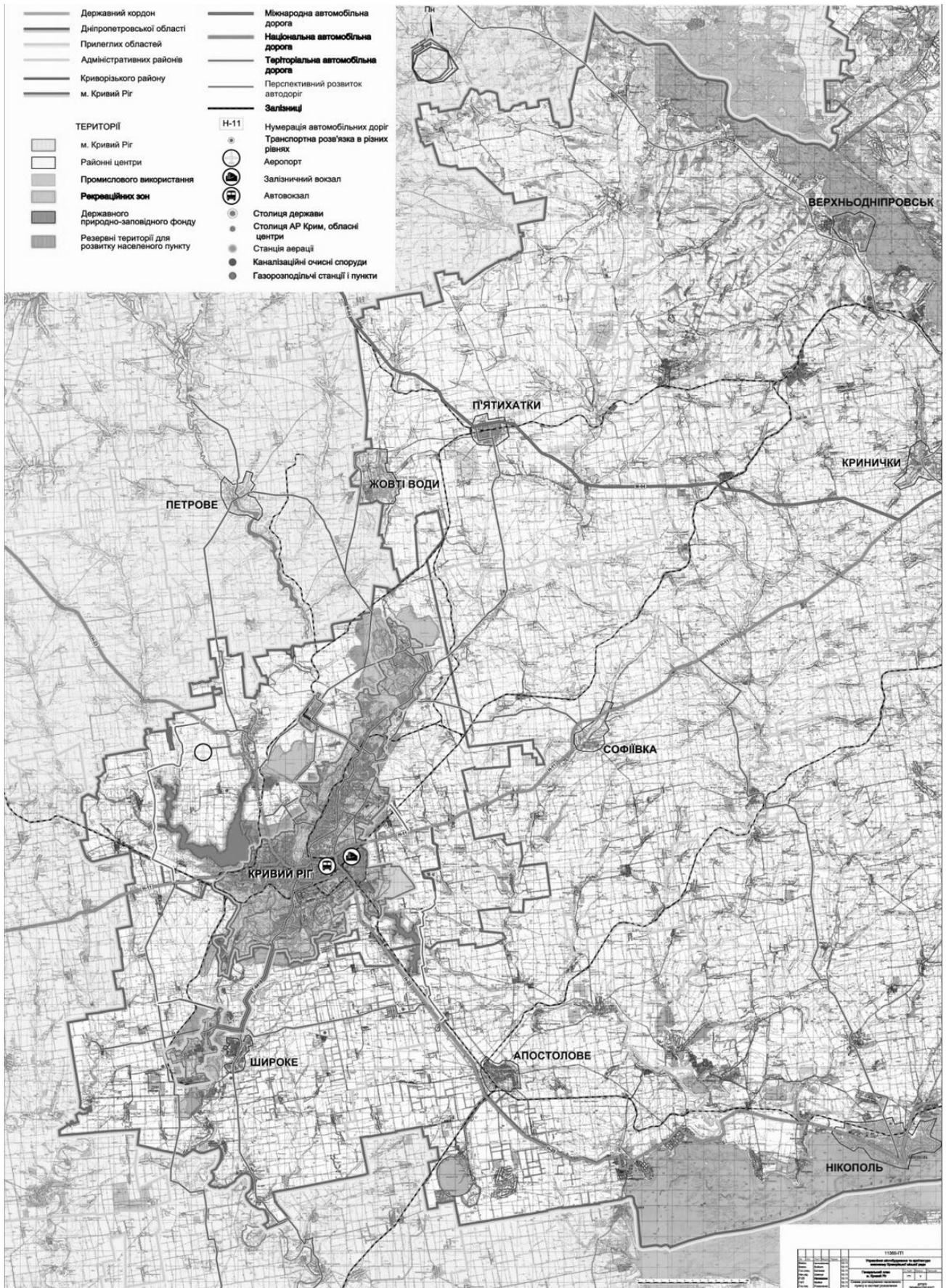


Рис.1. План Кривого Рога

вдоль бассейна и представляет непрерывное чередование карьеров, шахт, зон смещения пород, зон обрушения пород, локальных зон подделки пород без обвала поверхности шламохранилищ, отвалов пустых пород. Все это можно сравнить с масштабами крупных природных тектонических нарушений.

Решение проблем сейсмической активности возможно путем организации мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций в Криворожском бассейне. Система мониторинга обеспечит получение информации о состоянии геологической среды в регионе и процессах, происходящих в результате ведения хозяйственной деятельности горных предприятий.

Анализ существующих промышленных территорий показал, что функционально-планировочная структура промышленных территорий города не претерпела значительных изменений. Отдельные градообразующие предприятия горно-металлургического комплекса города продолжают функционировать в своих пределах землевладений, планировочно сформированы промышленные районы сохраняют свою функцию и территориально приближенные к районам жилой застройки[3].

Стоит подчеркнуть, что все жилые типовые крупнопанельные здания начали проектироваться еще в 1950-1960 гг., срок службы которых в пределах 100 лет [1]. Половина эксплуатационного периода жилых зданий уже использована, а соответственно, их прочность постепенно исчерпывается. Также при проектировании первых крупнопанельных зданий не учитывалось возможное влияние сейсмического воздействия. Поэтому актуальным является усиление и защита существующих зданий от сейсмического воздействия, которые невозможны без качественного мониторинга.

Целью данной работы является исследование и анализ комплекса мероприятий по предотвращению техногенных аварий в районах с повышенной техногенной сейсмичностью.

**Анализ исследования.** Особенностью города Кривой Рог является то, что градообразующими являются крупнейшие предприятия добывающей и металлургической отраслей промышленности, которые формируют особый рельеф и географию городских территорий. Согласно характера производства, технологиям и сосредоточению сырьевой базы, эти предприятия расположены в северной, западной, центральной и южной частях города. В пределах этих промышленных территорий находятся значительные по площади зоны неэффективного использования, которые преимущественным образом непригодные для дальнейшего использования этих территорий в интересах городской общины (карьеры, отвалы, хвостохранилища, отстойники, зоны подделки поверхности).

По условиям рудообразования и структурно-тектоническим особенностям Криворожский бассейн условно разделяется на четыре рудоносные района: Ингулецкий, Южный, Саксаганский и Северный.

Общие запасы богатых и бедных железных руд в Кривбассе до глубины 1500-2060м оцениваются в 23600000000 т. Балансовые запасы бассейна состоянию на 01.01.2011. составляют 17900000000 т. Запасы полезных ископаемых Криворожского бассейна расположены в субмеридиальном направлении. В местах их добычи, возникали поселки, которые впоследствии слились, образовав город Кривой Рог.

Территориально, в пределах городских территорий, отдельные предприятия горно-металлургического комплекса расположены: в северной части города - ПАО «Северный ГОК»; в северо-западной части города - ПАО «Центральный ГОК»; в центральной части города - ПАО «Кривбассжелезрудком»; ПАО «Евраз Сухая Балка»; металлургическое, коксохимическое производство и горно-обоганительный комбинат ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»; структурное подразделение ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им.Ильича» - горно-обоганительный комплекс «Укрмеханобр»; в южной части города - ПАО «Южный ГОК»; ПАО «Ингулецкий ГОК»;

Промышленные территории, на которых функционируют предприятия и другие объекты промышленности имеют сложившуюся инженерно-транспортную инфраструктуру.

Отдельные предприятия, базы, склады и другие объекты промышленности расположены бессистемно по территориям города в разных административных районах.

Действующие карьеры и шахты обеспечены запасами на 10-50 лет. Возникает вопрос работы горнодобывающих предприятий города с возможной защитой от сейсмического воздействия.

Границы зоны охраны недр проведены по границам зоны сдвижения земной поверхности от разработки богатых руд и магнетитовых кварцитов до глубины утвержденных запасов и санитарных (1500 метровых) зон перспективных карьеров. Застройка площадей залегания полезных ископаемых допускается в исключительных случаях при соответствующем технико-экономическом обосновании и согласовании с территориальным геологическим учреждением и органами государственного горного надзора.

Разработка полезных рудников подземным способом на Криворожье ведется системами разработки с обрушением налегающих пород. На поверхности при этом образуются зоны сдвига, трещин, террас, воронок и провалов. С глубиной разработок, зоны увеличиваются, занимают все большие и большие территории городских земель. Площади зон сдвига приведены в таблице 1.

Табл.1. Площади зон сдвига на Криворожье

№	Название предприятия	Название объекта	Площадь, га
1	ПАО СевГОК	Шахта «Первомайская», не работает	80
2	ПАО «КЖРК»	Шахта им Ленина	150
		Шахта Гвардейская	170
		Шахта «Октябрьская»	250
		Шахта «Батькивщина»	460
3	ПАО «ЦГОК»	Шахта «Орджоникидзе»	25
		Шахта им. Артема №2, не работает	440
4	ПАО «АрселорМетал Кривой Рог»	Шахта им. Артема №21	660
5	ПАО «ЕВРАЗ Сухая Балка»	Шахта «Юбилейная»	400
		Шахта им. Фрунзе	200
6		Шахта №10	95
7		«ГПУ»	50
8		ш. Южная	70
9		ш. им. Валявко	180
		<b>ИТОГО</b>	<b>3150</b>

В результате изучения и анализа местных природных условий, при наличии плановых и картографических материалов и учета архитектурно-планировочных решений, принятых в генплане города, был определен перечень наиболее актуальных вопросов гидротехнического профиля.

Ниже приводится краткое содержание этих вопросов. Все они решены на стадии схемы и не могут служить документом для выполнения работ, а являются дополнением к генеральному плану, который разрабатывается.

Основными мерами гидротехнического профиля являются:

- 1) благоустройство и расчистка русел рек Ингулец и Саксагань полностью в пределах города;
- 2) защита застроенных территорий от подтопления грунтовыми водами от хвостохранилищ, водохранилищ, прудов и рек Саксагань, Ингулец.

Управление по вопросам чрезвычайных ситуаций и гражданской защиты населения исполкома городского совета предоставляет следующие данные:

«Организация системы мониторинга техногенной части коры и предупреждения

чрезвычайных ситуаций в Кривбассе» с начала 2000-х годов на территории Кривбасса зафиксировала 5 землетрясений с магнитудой колебаний от 3.0 баллов (09.12.2000, 21.05.2001, 25.12.2007, 14.01.2011, 24.06.2013).

За последние года ощутимые землетрясения наблюдались поблизости Тернополя – 03.01.2002 г. с  $M=3,2$ ; в Луганской области поблизости с. Ново-Даривка – 11.05.2004 г. с  $M=3,2$  и 19.04.2006 г. с  $M=3,0$ ; в Житомирской области – 12.03.2006 г с  $M=3,6$ . Землетрясение с  $M=2,9$  происходило поблизости г. Купянск Харьковской области 22.11.2009г.

В пределах Ингулец-Криворожской шовной зоны (ИКШЗ) и примыкающей к ней Саксаганского (Криворожская) железорудного синклинали на протяжении последнего двадцатилетия было зарегистрировано ряд землетрясений и сейсмических событий с магнитудой ( $M$ ) не превышающей значения 4,0. Эпицентры землетрясений приведены на рисунке 1.

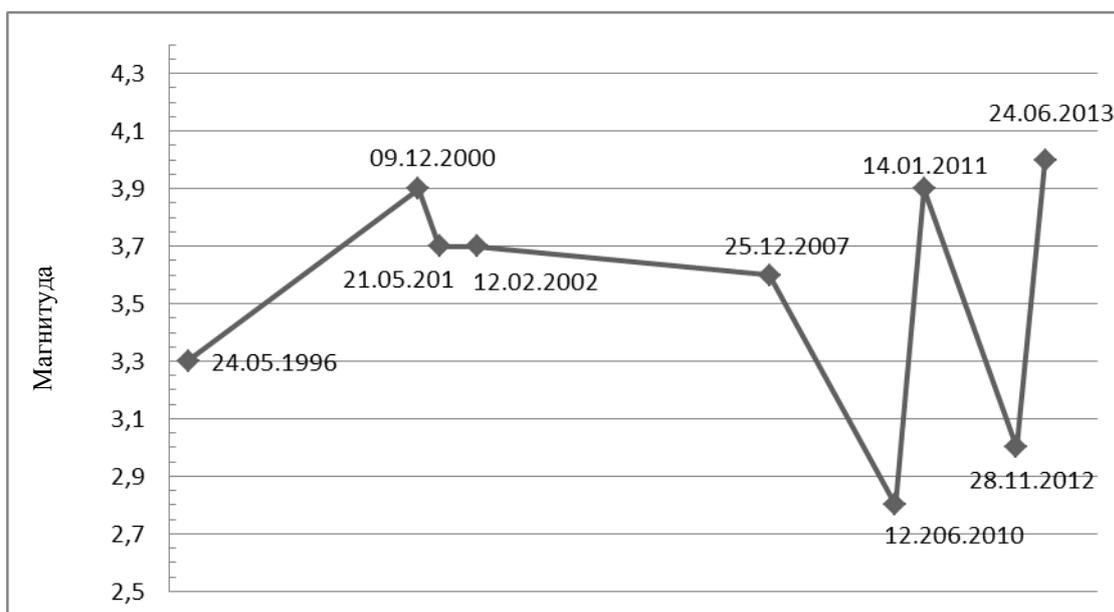


Рис.2. Информация о землетрясениях в районе Кривого Рога

С целью изучения и предупреждения данных явлений в июле 2013 года исполком городского совета согласовал проект Постановления Кабинета Министров Украины «Об утверждении государственной программы исследования состояния Криворожского железорудного бассейна с целью предупреждения возникновения на его территории катастроф техногенного и природного характера на период 2013-2016». Согласно информации Института геофизики имени С.И. Субботина Национальной академии Наук Украины со второго квартала 2013 года в Кривом Роге функционирует сейсмическая станция «Кривой Рог». С целью более оперативной и достоверной обработки информации по факту возникновения чрезвычайной ситуации природного характера – землетрясения и контроля за движением земной коры в пустотах подземного Кривбасса к концу 2013 года данная станция будет модернизирована и перемещена в один из корпусов Научно-исследовательского горнорудного института государственного высшего учебного заведения «Криворожский национальный университет». По последнему землетрясению в Институте геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины был сделан вывод, что «в существующих горно-геологических условиях Кривбасса, организация сейсмогенного мониторинга его территории является актуальной задачей обеспечения экологической и техногенной сейсмичности. Обеспечение надежного и бесперебойного функционирования системы сейсмологического мониторинга, с выходом на оптимальные рекомендации о том, что достижение надежного уровня

сейсмической безопасности, требуют также подготовки определенных специалистов для обслуживания системы. Для достижения принятой стоимости работ, формирования системы необходимо выполнять поэтапно»

По инициативе исполкома городского совета, поддержанной Днепропетровской областной государственной организацией, и на выполнение распоряжения Кабинета Министров Украины от 06.03.2013 №178-р «Про схвалення Концепції Державної програми дослідження стану техногенної частини земної кори Криворізького залізрудного басейну для запобігання виникненню на його території техногенного та природного характеру на 2013-2016 роки» розробтан проект програми, который был дважды (в июле 2013 и в апреле 2014 года) согласован заинтересованными министерствами и ведомствами. Но через изменения и реорганизацию органов центральной исполнительной власти данный проект не был принят. Предусмотренные госбюджетом 2014 года 5 млн грн не освоены. Ситуация обостряется и характеризуется увеличением сейсмичной активности земной коры [2].

**Выводы.** Организация сейсмогенного мониторинга территории Кривого Рога является актуальной задачей обеспечения экологической и техногенной сейсмичности. Обеспечение надежного и бесперебойного функционирования системы сейсмологического мониторинга, с выходом на оптимальные рекомендации о том, что достижение надежного уровня сейсмической безопасности, требуют также подготовки определенных специалистов для обслуживания системы.

Половина эксплуатационного периода жилых типовых крупнопанельных зданий, которые проектировались еще в 1950-1950 гг, уже использована, а соответственно, их прочность постепенно исчерпывается. Также при проектировании первых крупнопанельных зданий не учитывалось возможное влияние сейсмического воздействия. Поэтому актуальным является усиление и защита существующих зданий от сейсмического воздействия, которые невозможны без качественного мониторинга и создания наивыгоднейшей программы.

На данный момент существуют программы мониторинга сейсмичности района Кривбасса, которые, к сожалению, не были внедрены в промышленную деятельность из-за огромной стоимости бюджета. Поэтому необходимо далее создавать новые экономичные мероприятия по защите от техногенной сейсмичности, либо оптимизировать уже существующие мероприятия в плане уменьшения их стоимости.

#### Список литературы

1. ДБН В.2.2-9-99. Здания и сооружения. Общественные здания и сооружения. Основные положения. // Киев. – 1999.
2. Концепція Державної програми дослідження стану Криворізького залізрудного басейну для запобігання виникненню на його території катастрофи техногенного та природного характеру на 2013-2016 роки. // розпорядження Кабінету Міністрів України №178-р – 2013. – С. 5.
3. Перегудов В.В., Нетяженко В.О., Мойся І.І. Кривий Ріг. Генеральний план населеного пункту: ДП «ДП «Кривбаспроект», 2011. - 561 с.
4. Феськова Л. В. Анализ проблемы техногенной сейсмичности / Л. В. Феськова. // Ресурсоенергозберігаючи технології гірничого виробництва. – 2015. – №1. – С. 114–122.