

УДК 550.24

К ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ДНЕПРОВО-ДОНЕЦКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

Вольфман Ю. М., Скляр А. М., Королев В. А., Князева В. С.
(Отдел сейсмологии Института геофизики им. С. И. Субботина
НАНУ, г. Симферополь, Украина)

Виконано аналіз макросейсмічної інформації про сейсмічні події техногенного і природного походження, що відбулися на території Дніпрово-Донецького регіону. Рекомендовано низку заходів щодо організації сейсмологічного моніторингу в регіоні з метою забезпечення безпеки населення і зменшення матеріальних втрат.

The Executed analysis makroseismical information on seismological event technical and natural origin happened on territory Dnepr-Donetsk regions. Recommend row action on organizations of the seismological monitoring in region for the reason provision of safety population and reduction of the material losses.

Состояние проблемы. Восточная часть территории Украины относится к регионам интенсивного промышленного освоения с многомиллионным населением и многоотраслевым производством, насыщенным опасными и особо ответственными объектами. Важной составляющей промышленного потенциала региона является добыча различных полезных ископаемых (уголь, железные руды, киноварь, калийные соли и др.) с применением подземных горных выработок. Значительное количество шахтных полей (иногда многоярусных), расположенных на разных глубинных горизонтах и занимающих колоссальные территории, а также огромные объемы складированных отходов горнодобывающего про-

изводства создают дополнительную техногенную нагрузку на геологическую среду, приводя к резкому изменению напряженно-деформированного состояния верхних горизонтов земной коры, нарушению гидрогеологического режима, активизации негативных экзогенных процессов и явлений. Все эти факторы способствуют повышению уязвимости геологической среды к внешним воздействиям, к числу которых относятся и землетрясения, создавая при этом определенную угрозу, как для процесса освоения земных недр, так и для населения, проживающего на этих территориях.

Оценка сейсмической опасности территорий интенсивного промышленного освоения – задача весьма актуальная и в методическом плане требующая существенных доработок. В общем виде сейсмическая опасность той или иной территории определяется в баллах международной шкалы сейсмической интенсивности **MSK-64** по результатам общего сейсмического районирования (ОСР) и сейсмического микрорайонирования (СМР) и отражает интенсивность возможных сейсмических воздействий с соответствующими категориями повторяемости за нормативный срок. Карты ОСР, имеющие статус нормативных государственных документов [1], отражают прогнозируемую интенсивность сейсмических воздействий на данную территорию от всех известных и потенциальных сейсмогенных зон. Устанавливаемая при этом нормативная или фоновая балльность относится к «средним» грунтовым условиям, т.е. характеризует уровень сейсмичности для площадей, сложенных грунтами II-й категории по сейсмическим свойствам. Однако, в зависимости от особенностей инженерно-геологического строения территорий, реальная интенсивность сейсмических воздействий может локально изменяться на 1-2 балла. Степень влияния конкретных инженерно-геологических условий на уровень сейсмической интенсивности определяется по результатам СМР, которое представляет собой комплекс специальных исследований по оценке влияния особенностей строения приповерхностной части разреза (состав и консистенция грунтов, особенности рельефа, наличие зон современных тектонических нарушений, оползней и т.п.) на сейсмический эффект и параметры колебаний грунта [1].

Подобный методологический подход применяется при оценке сейсмической опасности участков размещения проектируемых объектов различного назначения, однако он не затрагивает некоторых весьма существенных проблем, касающихся непосредственно территорий интенсивного промышленного освоения. В частности, в методическом плане досконально не проработана методология оценки влияния отработываемых и законсервированных подземных горных выработок на площадное распределение сейсмической интенсивности при сильных землетрясениях, поскольку это влияние не является объектом исследований по ОСР и в то же время выходит за рамки исследований по СМР. В теоретическом и методическом плане не изучена взаимообусловленность естественных (тектонических) и техногенных (спровоцированных) землетрясений, не определены условия и параметры состояния геологической среды, способные спровоцировать интенсивные землетрясения.

Следует также отметить еще один важный фактор сейсмического риска для территорий крупных промышленных агломераций – возможность возникновения катастрофических последствий даже при относительно небольших сейсмических воздействиях, с одной стороны из-за насыщенности этих территорий опасными и особо ответственными объектами, с другой – по причине значительной изношенности основных средств.

Сеймотектонические условия и прогнозные оценки сейсмической опасности региона. Восточная часть территории Украины относится к Днепровско-Донецкой сеймотектонической провинции, не входящей в число особо опасных в сейсмическом отношении регионов. Существующие оценки сейсмической опасности региона отражают уровни сейсмических воздействий на данную территорию местных землетрясений, землетрясений Крымско-Северокавказской зоны и зоны Вранча (Румыния). Вторая и третья из этих зон входят в состав Средиземноморско-Гималайского сейсмогенного пояса Земли, возникшего вследствие столкновения Африканской, Аравийской и Индостанской литосферных плит с Евразийской плитой. Местная сейсмичность обусловлена близостью к этому поясу, а также гетерогенным строением самого региона, который включает варисциды

Складчатого Донбасса и Днепровско-Донецкий рифей-палеозойский прогиб (авлакоген), разделяющие древнейшие консолидированные массивы земной коры – Украинский щит (УЩ) и Воронежской кристаллический массив (ВМ).

Согласно действующим в настоящее время нормативным документам (*ДБН В.1.1.12-2006: «Будівництво в сейсмічних районах України»*[1]), на востоке Украины один раз в 500 и 1000 лет могут реализоваться землетрясения с интенсивностью 5 баллов, и один раз в 5000 лет - с интенсивностью 6 баллов (исключение составляют южные районы Донецкой и Запорожской областей, в пределах которых прогнозные оценки сейсмической опасности выше на 1 балл, составляя, соответственно, 6 и 7 баллов). С учетом местных инженерно-геологических условий (по результатам исследований по СМР) эти оценки могут увеличиваться на 1-2 балла. Приходится констатировать, что эти прогнозы основаны не на результатах инструментальных наблюдений за региональной сейсмичностью, а на крайне ограниченном количестве макросейсмических данных и на опосредованных оценках сейсмоэнергетического потенциала основных тектонических элементов земной коры региона, поскольку ближайшие сейсмические станции расположены на значительном удалении от него: на территории Крыма (станции Института геофизики НАНУ) и в пределах ВМ (станции Геофизической службы РАН). Процесс сейсмологического мониторинга усложняется также особенностями геологического строения: крымская сеть наблюдений отделена от восточной части Украины протяженным Индоло-Кубанским прогибом, сложенным многокилометровой толщей преимущественно глинистых отложений, которые играют роль демпфера, в пределах которого происходит резкое нелинейное затухание сейсмической энергии. Аналогичную роль играют осадочные комплексы Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) при регистрации сейсмическими станциями РАН землетрясений, локализованных в Приазовской части региона. Вследствие этого, существующие сейсмические станции фиксируют только сильные землетрясения на данной территории и не в состоянии обеспечить надежный контроль местной сейсмичности и прогноз количественных параметров реальной сейсмической

опасности. Тем более, они не способны обеспечить регистрацию, идентификацию и определение параметров техногенных катастрофических явлений в регионе, по некоторым признакам сходных с землетрясениями и вызывающих сильную обеспокоенность населения. Примером этого являются события, происходившие в декабре 2008 г. в пос. Белое Лутугинского района Луганской области.

Уже после составления карт ОСР на территории Луганской области в районе Ново-Дарьевки (11.05.2004 г.) [2, 3] и в окрестностях г. Ровеньки (19.04.2006 г.) произошли ощутимые землетрясения. При этом Новодарьевское землетрясение 11.05.2004 г. с интенсивностью в эпицентре $I_0 = 6$ баллов было зарегистрировано 52-мя сейсмическими станциями, расположенными на значительных расстояниях от эпицентра [3]. В этот же период произошло несколько ощутимых землетрясений в пределах УЩ и его склонов: Микулинецкое - в Тернопольской области (03.01.2002 г.) с интенсивностью сейсмических сотрясений в эпицентре $I_0 = 6$ баллов [4], Бердянское (31.07.2006 г.) в 20-25 км к северо-западу от Бердянска (т.е. почти на границе с Донецкой областью) с $I_0 = 5$ баллов [5, 6], Криворожское (25.12.2007 г.) с $I_0 = 5$ баллов [7]. Все землетрясения произошли в приповерхностном слое земной коры, гипоцентры их локализованы на глубинах до 10 км, а ореолы ощутимых сотрясений имели радиусы в несколько десятков километров.

Макросейсмическая оценка последствий землетрясений на территории Луганской области. К сожалению, экспедиционное макросейсмическое обследование последствий Новодарьевского и Ровеньковского землетрясений не было осуществлено из-за критического финансового состояния сейсмологических исследований. Анкетный опрос населения в зоне максимальных сотрясений был осуществлен сотрудниками Управления МЧС в Луганской области, которым авторы признательны за оказанную помощь; обработка данных произведена в Отделе сейсмологии Института геофизики в соответствии с действующей макросейсмической шкалой *MSK-64*. Результаты этой обработки, будучи некондиционными, не были опубликованы, но в известной мере

дают представление об интенсивности сейсмических воздействий.

Новодарьевское землетрясение 11.05.2004 г. Получено 24 анкеты из п. Ново-Дарьевка. Интенсивность сотрясений составила **$I = 6$ баллов**. Все опрошенные находились на 1-2 этажах кирпичных зданий. Землетрясение ощущалось сильно, почти все испугались, большинство опрошенных стремилось покинуть помещение. Наблюдались: звон, раскачивание и дребезжание предметов в зданиях и самих зданий (окна), падение легких предметов (фотографии, мягкие игрушки). В большинстве случаев здания получили легкие повреждения – осыпание побелки, трещины в штукатурке, в одном случае «упала дымовая труба» и в одном – треснуло оконное стекло.

Ровеньковское землетрясение 19.04.2006 г. Получено 50 анкет из г. Ровеньки, 4 анкеты из с. Калиновки и 13 анкет из п. Ново-Дарьевка.

На территории г. Ровеньки интенсивность сотрясений составила **$I = 4-5$ баллов**. Из 37 опрошенных, проживающих на 1-2 этажах кирпичных зданий, 19 человек ощутили землетрясение, из них 11 - испугались, 5 - покинули помещение. Отмечалось раскачивание висячих предметов (люстр), дребезжание посуды, в одном случае упали фотографии. Почти половина опрошенных заметили дребезжание стекол окон и легкие повреждения зданий (осыпание побелки, трещины в штукатурке).

В с. Калиновка интенсивность сотрясений составила **$I = 5$ баллов**. Все опрошенные находились в момент землетрясения в помещении в спокойном состоянии.

В пос. Ново-Дарьевка (**$I = 6$ баллов**) землетрясение сильно ощутило большинство опрошенных, почти все испугались и стремились покинуть помещение. В большинстве случаев отмечены легкие повреждения зданий.

Таким образом, макросейсмический эффект землетрясений, произошедших в последнее время в Луганской области не только достиг величин, указанных на картах ОСР [1] для периодов повторяемости 500 и 1000 лет (5 баллов), но и превышает их на 1 балл (без учета влияния инженерно-геологических условий и техногенной нагрузки), свидетельствуя о наличии реальной сейс-

мической угрозы для некоторых населенных пунктов региона. Аналогичные оценки для рассматриваемой территории получены и при разработке математической модели поля интенсивности сотрясений на территории Украины от максимального расчетного землетрясения зоны Вранча, при этом прогнозные оценки приращения интенсивности сотрясений на значительной части территории региона составляют (+1) балл [8].

Выводы и рекомендации.

1. Анализ инструментальных сейсмологических данных и макросейсмической информации об ощутимых землетрясениях, произошедших в последнее время в Днепрово-Донецком регионе, свидетельствует о том, что существующие оценки сейсмической опасности рассматриваемой территории, вероятно, являются заниженными. Для получения надежных количественных параметров сейсмической опасности, необходимых для разработки мероприятий по обеспечению сейсмотехнической безопасности населения и уменьшению материальных потерь, требуется проведение комплексных геолого-геофизических и инструментальных сейсмологических исследований. В первую очередь, целесообразно создать региональную сеть наблюдений, аналогичную Крымской и Карпатской сейсмологическим сетям Института геофизики НАН Украины с целью изучения параметров сейсмического режима и уточнения прогнозных оценок сейсмической опасности. Кроме этого, информация, полученная региональной сетью сейсмических станций, может быть использована для оперативного принятия адекватных решений компетентными органами при чрезвычайных ситуациях, обусловленных сильными и разрушительными землетрясениями.

2. Представляется целесообразной организация локальных сейсмологических сетей в пределах крупных шахтных полей с целью: 1) разработки методики сейсмологического мониторинга на участках интенсивного промышленного освоения; 2) регистрации и прогноза техногенных катастрофических явлений и процессов в горных выработках; 3) оценки влияния отрабатываемых и законсервированных подземных горных выработок на уровень сейсмической опасности этих территорий; 4) изучения сейсмо-

гических предвестников горных ударов для создания системы прогноза и предупреждения этих явлений.

3. В связи с недостаточным бюджетным финансированием сейсмологических наблюдений, реализация предложенных мероприятий возможна только путем дополнительного целевого финансирования либо создания крупных инвестиционных программ, направленных на обеспечение сейсмобезопасности населения и минимизацию материального ущерба.

Институт геофизики НАН Украины, имеющий большой опыт исследований по оценке сейсмической опасности и сейсмического риска территорий крупных населенных пунктов и площадок размещений особо ответственных объектов (АЭС, ГАЭС и пр.), создания и обеспечения функционирования региональных и локальных сейсмологических сетей, готов совместно с заинтересованными ведомствами и организациями принять участие в решении всех вышеперечисленных проблем.

СПИСОК ССЫЛОК

1. «Будівництво в сейсмічних районах України. ДБН України В.1.1.12-2006». – Київ: Мінбуд України.- 2006.
2. Свидлова В. А. Подробные данные о землетрясении в Луганской области Украины за 2004 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 год – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика». - 2006. - С. 35-36.
3. Габсатарова И. П., Бабкова Е. А. Инструментальные параметры Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 г. с $M_S = 3,8$ (Украина, Луганская обл.) // Там же.- С. 124-131.
4. Пронишин Р. С., Вербицкий С. Т., Стасюк А. Ф. Микулинецкое землетрясение 3 января 2002 года // Сейсмологический бюллетень Украины за 2002 год – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика». - 2004. - С. 97-114.
5. Габсатарова И. П., Бабкова Е. А. Параметры Бердянского землетрясения 31 июля 2006 г. с $M_S = 3,3$ (Украина, Запорожская обл.) // Сейсмологический бюллетень Украины за 2006 год – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика». - 2008. - С. 18-26.

6. Пустовитенко А. Н., Свидлова В. А., Князева В. С., Бушмакина Г. Н. Бердянское землетрясение 31.07.2006 г. // Там же. - С. 27-30.
7. Склад А. М., Князева В. С., Останин А. М. Макросейсмический эффект Криворожского землетрясения 25 декабря 2007 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2007 год – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика». - 2009. - С. 14-16.
8. Лазаренко М. А., Королев В. А. Оценка сейсмической опасности на территории Украины от землетрясений Вранча. // Геофизический журнал, 26, № 3, 2004. – С. 102-110.