УДК 504:055

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ ПОЛТАВЩИНИ ФАКТОРАМИ ТЕХНОГЕННОЇ СЕЙСМІЧНОСТІ

В. І. Бредун
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
проспект Першотравневий, 24, м. Полтава, 36011, Україна. E-mail: bvi37h@gmail.com

Важливим чинником екологічної безпеки нафто-газотранспортних комплексів є сейсмічність. Любий сейсмічний прояв може стати додатковим механічним навантаженням на конструктивні елементи обладнання та ініціювати аварійну ситуацію. Джерела сейсмічності можуть бути зовнішні та внутрішні. Тому, в роботі на основі сучасної теоретичної бази досліджень з питань техногенної сейсмоекології та практичного досвіду комплексного дослідження чинників техногенної сейсмічності проаналізовано процес формування екологічної небезпеки родовищ вуглеводнів та об'єктів нафто-газотранспортних систем внутрішніми та зовнішніми чинниками сейсмічного генезису. Проаналізовано просторові та експлуатаційні аспекти формування негативного впливу техногенної та природно-антропогенної сейсмічності на геологічне середовище та технологічні об'єкти родовищ та систем транспортування нафти і газу, встановлено пріоритетні джерела та напрямки поширення небезпеки в умовах нафто-газоносних районів Дніпровсько-Донецької западини. Встановлено, що інтенсивність сейсмоколивань техногенного генезису та можливих природних сейсмічних проявів на досліджуваних територіях є еквівалентними, що обгрунтовує необхідність проведення районування території за чинниками техногенної сейсмічності при будівництві та експлуатації даних об'єктів.

Ключові слова: техногенний землетрус, екологічна небезпека, родовище, нафто-газотранспортні об'єкти , геологічні умови.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ПОЛТАВЩИНЫ ФАКТОРАМИ ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

В. И. Бредун
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка
Первомайский проспект, 24, м. Полтава, 36011, Украина. E-mail: bvi37h@gmail.com

Важным фактором экологической безопасности нефте-газотранспортных комплексов является сейсмичность. Любое сейсмическое событие может создавать дополнительные механические нагрузки на конструктивные элементы оборудования и инициировать аварийную ситуацию. Источники сейсмичности могут быть внешними и внутренними. Поэтому, в работе на основе современной теоретической базы исследований по вопросам техногенной сейсмоэкологии и практического опыта комплексного исследования факторов техногенной сейсмичности проанализирован процесс формирования экологической опасности месторождений углеводородов и объектов нефте-газотранспортных систем внутренними и внешними факторами сейсмического генезиса. Проанализированы пространственные и эксплуатационные аспекты формирования негативного влияния техногенной и природно-антропогенной сейсмичности на геологическую среду и технологические объекты месторождений и систем транспортировки нефти и газа, установлено приоритетные источники и направления распространения опасности в условиях нефте-газоносных районов Днепровско-Донецкой впадины. Установлено, что интенсивность сейсмоколебаний техногенного генезиса и возможных природных сейсмических событий на исследуемых территориях эквивалентны, что обосновывает необходимость проведения районирования территории по факторам техногенной сейсмичности при строительстве и эксплуатации данных объектов.

Ключевые слова: техногенное землетрясение, экологическая опасность, месторождение, нефтегазотранспортные объекты, геологические условия.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Видобуток власної вуглеводневої сировини в сучасних економічних та геополітичних умовах для багатьох держав стає важливим стратегічним напрямком забезпечення економічного добробуту та енергетичної незалежності. Разом з тим, людству добре відомі негативні екологічні наслідки процесів видобування та транспортування нафти і газу, якими в умовах сучасного техногенного навантаження на природне середовище зневажати вкрай неприпустимо. Тому, питання забезпечення екологічної безпеки об'єктів нафто-газової галузі має бути невід'ємним елементом філософії природокористування будь якої нафтогазовидобувної компанії.

Метою роботи є аналіз просторових та експлуатаційних аспектів формування негативного впливу техногенної та природно-антропогенної сейсмічності на геологічне середовище та технологічні об'єкти родовищ та систем транспортування нафти і газу.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Екологічні аспекти експлуатації нафтогазотранспортних систем можна аналізувати з точки зору впливу на атмосферу, поверхневі та ґрунтові води, ґрунти та ландшафти, біоту. Традиційно вплив систем транспортування вуглеводневої сировини на навколишнє середовище пов'язують з забрудненням нафтою ґрунтів та водного середовища, викидами в атмосферу при горінні газових факелів та ін. Можливість реалізації зазначених чинників значною мірою залежить від надійності функціонування технологічних систем, базовими

елементами якої є технічна й технологічна досконаліть обладнання, грамотна організація робіт, виконання галузевих правил та стандартів безпеки, а також детальне наукове обґрунтування функціонування об'єктів ще на стадії їх проектування. Таке обґрунтування повинно включати аналіз внутрішніх і зовнішніх чинників, що впливають на процес функціонування геологічного середовища, технологічних об'єктів, насамперед, нафтогазопроводів. На даний час досить детально досліджені питання геомеханіки родовищ [1], гідрологічних процесів у зонах видобутку, геотектоніки, технологій транспортування нафто-газової сировини, надійності нафтогазопроводів [2,3].

Важливим чинником екологічної безпеки нафто-газотранспортних комплексів є сейсмічність [4]. Любий сейсмічний прояв може стати додатковим механічним навантаженням на конструктивні елементи обладнання та ініціювати аварійну ситуацію. За останні декілька десятків років відомо багато прикладів сейсмічних проявів, пов'язаних з розробкою та транспортуванням нафто-газової сировини [5]. В більшості досліджень сейсмічна небезпека розглядається як наслідок видобувної діяльності, пов'язаний з утворенням порожнин в геологічному середовищі та просіданням денної поверхні, або як фактор природного впливу на трубопроводи в сейсмонебезпечних зонах.

На наш погляд, такий підхід не в повній мірі розкриває комплексність даного фактору як чиннику формування екологічної небезпеки об'єктів транспортування нафти і газу.

Таким чином, виникає необхідність у поглибленні наукового уявлення про процес формування екологічної небезпеки нафто-газотранспортних систем чинниками сейсмічного генезису.

Механізм формування екологічної небезпеки сейсмічними чинниками [6] передбачає обов'язкову наявність джерела сейсмічності та об'єкту її впливу.

Джерела сейсмічності в даному випадку можна розділити на внутрішні та зовнішні.

До внутрішніх джерел сейсмічності віднесемо технологічне устаткування систем транспортування нафти і газу (головним чином потужні насосні та компресорні станції). Таким чином, внутрішні джерела – це джерела сейсмічності техногенного генезису (техногенної сейсмічності), які формують поля сейсмічного забруднення геологічного середовища.

Об'єктами їх впливу є природні та антропогенні елементи навколишнього середовища та самі технологічні об'єкти родовища.

До зовнішніх джерел сейсмічності відносяться природні землетруси та сторонні техногенні об'єкти, що можуть чинити сейсмічний вплив на технологічне обладнання транспортних мереж.

Дослідження формування екологічної небезпеки сейсмічними чинниками, на нашу думку, доцільно проводити в декілька етапів. На ранній стадії експлуатації родовищ до внутрішніх можуть бути віднесені: насосні та компресорні станції, нафто- та газопроводи. До зовнішніх – природна сейсмічність та сторонні техногенні об'єкти. На пізній стадії експлуатації родовища додається фактор можливого виникнення природно-антропогенних землетрусів з просіданням денної поверхні [4], або без такого.

Слід зазначити, що в кожному окремому випадку структура небезпеки та її рівень буде визначатись регіональними умовами (наявність сусідства потенційно небезпечних об'єктів природних чи техногенних, їх характер та ступінь небезпеки, умови розповсюдження небезпеки).

Нафтогазоносні райони Полтавської області приурочені до Дніпровсько-Донецької западини, що знаходиться на північній окраїні Українського кристалічного щита (рис. 1) [7].

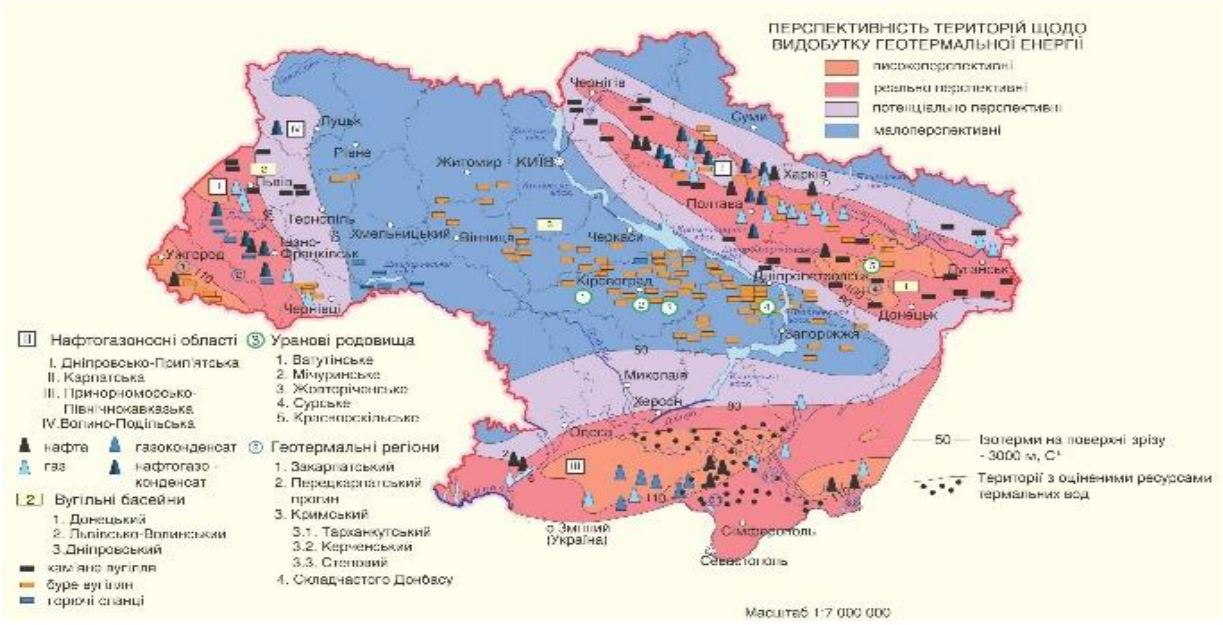

Рисунок 1 – Нафтогазоносні райони України

Дніпровсько-Донецька западина (ДДЗ) – накладена а докембрійський фундамент складна внутрішньоплатформенна тектонічна структур. Природний горючий газ і нафта часто залягають у межах однієї площі. Різні глибини залягання вуглеводнів, а значить різний тиск, температура та інші геологічні умови сприяли утворенню газоконденсатних, газових, нафтових, нафтогазових, газонафтових, нафтогазоконденсатних родовищ. Серед родовищ вуглеводнів переважають газоконденсатні. Менше поширені нафтогазоконденсатні і нафтогазові. На північному заході області поширені переважно нафтові родовища, а на південному сході переважають газові й газоконденсатні. Нині в області видобувається 38 % природного газу, 58 % газового конденсату та 13 % нафти від загальнодержавних обсягів видобутку [8].

Відкриті родовища приурочені переважно до глибин 3200-4000 м. Подальші перспективи пошуку нафти і газу пов'язані з відкладами нижнього карбону і девону (глибше 5500-6000 м).

В північній частині області кристалічний щит виходить на поверхню, що обумовило розробку в цьому регіоні трьох залізорудних кар'єрів та п'яти гранітних. Даний регіон за інформацією [9] характеризується як зона з наявністю механічних напруг гірських порід з величиною напруження стискання 17 МПа у вертикальній площині і 15 МПа – у горизонтальній. Регулярні технологічні вибухи на кар'єрах потужністю в декілька сот тон тротилового еквіваленту створюють додаткові механічні напруги в природно напруженому геологічному середовищі.

На території області існує розгалуджена мережа магістральних газо- та нафтопроводів (рис. 2, рис. 3 [10]), а також мережа автомобільних та залізничних доріг, потужні промислові підприємства гірничовидобувної, нафтопереробної, металургійної, машинобудівної та будівельної галузей.

Рисунок 2 – Мережа магістральних газопроводів України.

Рисунок 3 – Мережа магістральних нафтопроводів України.

Традиційно територія області вважалась природно асейсмічною. В 20 сторіччі на території області було зареєстровано декілька землетрусів магнітудою від 2 до 4 балів за шкалою Ріхтера. Але епіце-

нтри цих сейсмічних подій знаходились у зоні Врана. Але в останні десятиріччя актуальною для центральної частини України стає проблема природно-антропогенної та техногенної сейсмічності. Прикладом можуть служити землетруси магнітудою від 2 до 3,9 балів за шкалою Ріхтера, що сталися в зоні Криворізько-Кременчуцького розлому у 2006-2012 роках.

Існує вірогідність відтворення аналогічних подій в Полтавській області на окраїні Криворізько-Кременчуцького розлому на межі Українського кристалічного щита та Дніпровсько-Донецької западини. Сейсмічні події можуть бути ініційовані розрядкою напруженого стану кристалічного масиву під впливом техногенної сейсмічності, джерелом якої є потужні технологічні вибухи на залізорудних кар'єрах Полтавського, Єрестовського та Біланівського гірничо-збагачувальних комбінатів. Особливо небезпечною зоною в даному аспекті слід вважати межу Українського кристалічного щита та Дніпровсько-Донецької западини, а пріоритетним напрямком розповсюдження сейсмічного впливу – Донецько-Дніпровську западину (рис. 4 [11]).

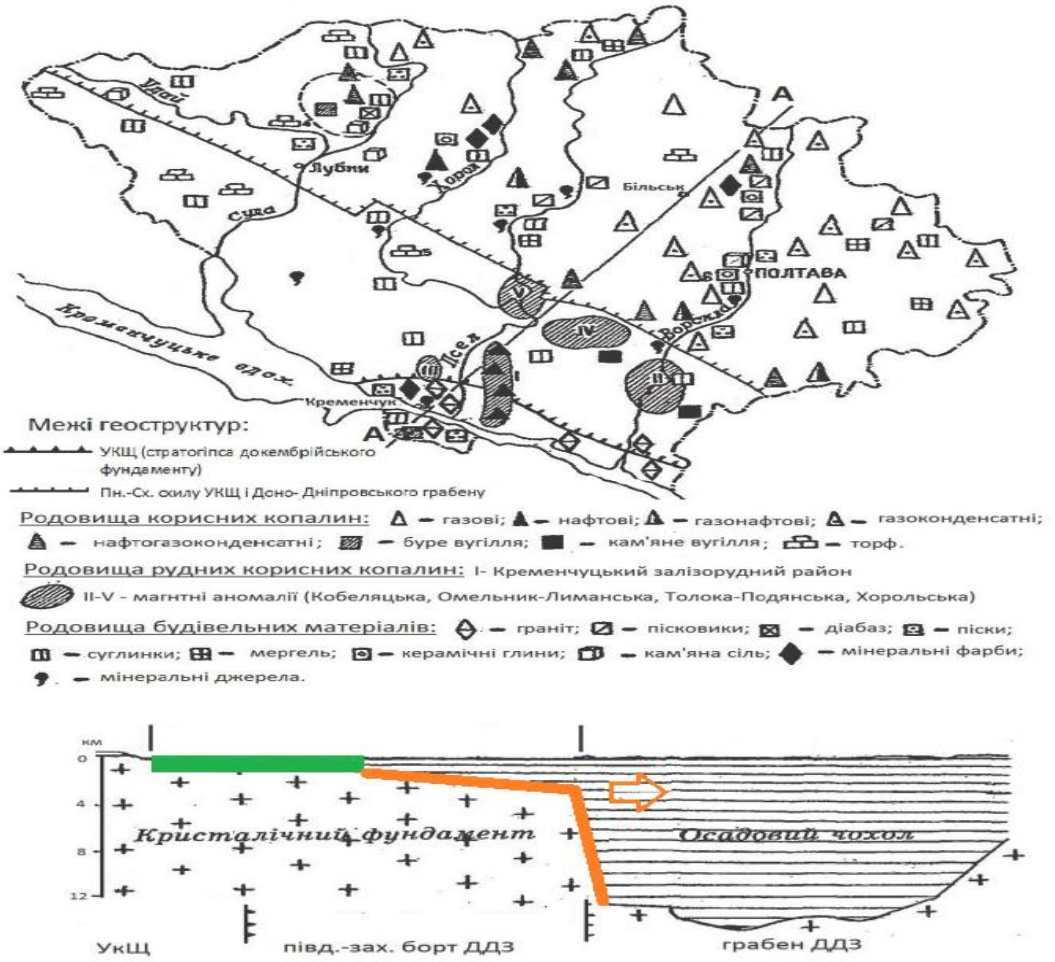

Рисунок 4 – Схема вірогідного сейсмічного впливу залізорудних кар'єрів (зеленим виділена проектна зона розташування кар'єрів, помаранчевим – зона можливого виникнення сейсмічної розрядки напруженого стану кристалічного масиву. Розріз по лінії А-А).

Зазначена обставина створює певні ризики для родовищ та об'єктів нафто-газотранспортної системи Полтавської області. Термін їх експлуатації на даний момент складає 40 - 60 років, а середні терміни виникнення техногенних землетрусів на нафто-газових родовищах за даними [5] становлять 20-40 років, максимальні 80-90 років. Фактор зовнішнього техногенного сейсмічного впливу підвищує імовірність виникнення природно-антропогенних землетрусів на родовищах. Таким чином, можемо припустити, що на території Полтавської області існує висока вірогідність виникнення надзвичайних ситуацій екологічного характеру, спричинених дією зовнішніх та внутрішніх чинників техногенної сейсмічності на об'єкти нафто-газового комплексу. Слід, також, звернути увагу на той факт, що на відміну від природних землетрусів, періоди ініціювання сейсмопровокуючих техногенних коливань зовнішніми джерелами (наприклад вибухи на кар'єрах) складають не десятки років, а декілька діб, тижнів. Таким чином, геологічне середовище в зонах розташування об'єктів нафто-газового комплексу знаходиться під постійним впливом техногенних землетрусів, інтенсивність яких може складати до 4 балів на відстані до 5 км від кар'єра та до 2 балів на відстані до 12 км від кар'єра [6].

Як приклад, можна навести нафтопродуктопровід Кременчук-Кіровоград (рис. 6). Він розташова-

ний на відстані 400 м від межі гранітного кар'єру і регулярно зазнає сейсмічного впливу інтенсивністю до 4-5 балів за шкалою МСК-64 (максимальне зареєстроване значення 6 балів) [12]. До того ж, в даному місті нафтопродуктопровід перетинає головну прісноводну артерію України – р. Дніпро. Будь яка аварія на даному нфтотранспортному об'єкті може спричинити екологічну катастрофу загальнодержавного масштабу.

Згідно карт сейсмічного районування України ОСР-2004 дана територія відноситься до зони 5-ти бальної природної сейсмічності за шкалою МСК-64.

Як видно з наведеного прикладу максимальна техногенна сейсмічність може перевищувати природну. Тому, постає питання про необхідність техногенного сейсмічного районування територій, а особливо зон розташування техногенних об'єктів підвищеної небезпеки.

Рисунок 5 – Вплив гранітного кар'єру на нафтопродуктопровід: – ізосейсми зон техногенного впливу; – території кар'єрів – території промислових підприємств.

Ще одним чинником техногенного сейсмічного впливу на нафто-газотранспортні об'єкти є автомобільний та залізничний транспорт. Полтавська область має щільну мережу автомобільних магістралей, що входять до транснаціональних транспортних коридорів, та залізниць, які в багатьох місцях перетинають нафто-газотранспортну трубопроводну систему. Нафто-газопроводи на території області, як правило, прокладені в поверхневому шарі грунту на глибині до 2 метрів. Таким чином, вони знаходяться безпосередньо в зоні дії транспортної сейсмічності, інтенсивність якої згідно [13] може досягати значень до 4-5 балів за шкалою МСК-64.

Не слід, також, випускати з поля зору потужні насосні та компресорні станції, що забезпечують транспортування нафти та газу по трубопроводах. Дані елементи нафто-газотранспортної системи самі є джерелами техногенної сейсмічності. Згідно [14] вони здатні генерувати техногенні сейсмохвилі інтенсивністю до 2-3 балів за шкалою МСК-64.

ВИСНОВКИ. Таким чином, існує багато внутрішніх і зовнішніх чинників техногенної та природно-антропогенної сейсмічності, які безпосередньо впливають або несуть потенційну загрозу на об'єкти нафто-газотранспортної системи та нафтогазовидобування, аварії на яких можуть мати катастрофічні екологічні наслідки від регіонального до загальнодержавного масштабів. Тому, при будівництві та експлуатації даних об'єктів, на нашу думку, слід проводити також районування території за чинниками техногенної сейсмічності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аплонов С.В. Геодинамика: Учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. – 360 с.

2. Буріння свердловин : бібліогр. покажч. / [уклад. Л. М. Локотош; ред. Л. А. Жолобко].-Івано-Франківськ : НТБ ІФНТУНГ, 2013.–46с.

3. Конференция «Нефть и газ 2016» : Сборник трудов. М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016 – 445 с.

4. Радин А., Дзюбло А. Штокман, Режмим доступа: http://neftegaz.ru/science/view/1110-Shtokman

5. Бурый А., Клокова Л. Сейсмоопасный бизнес. Режим доступа: http://www.npacific.ru/np/sovproblem/oil_sea/vozdeistvie/seismo/public1.htm

6. Бредун В.І. Управління екологічною безпекою сейсмотехнонавантаженого регіону: дис... кандидата техн. наук.: 21.06.01 / В.І. Бредун; Крем. Нац. ун-т. ім. Михайла Остроградського — Кременчук, 2011. — 191 с.

7. Барановський В.Л. та інші. Україна. Еколого-географічний атлас. Атлас-монографія. - К.: Варта, 2006. - 220 с.

8. Паливно-енергетичний комплекс Полтавщини – складова енергетичної безпеки держави / Матеріали до теми: «Реалізація у регіонах завдань і доручень Президента України щодо забезпечення продовольчої та енергетичної незалежності держави». – 19.08.13. – Режим доступа: http://www. adm-pl.gov.ua/old/lubny/publication/content/23723. htm

9. Козырев А.А., Панин В.И., Савченко С.Н. Геомеханические исследования и обоснования при ведении горных работ на кольском полуострове // Ресурсы КНЦ РАН // http://www.kolasc.net.ru/russian/ksc75/3.2.pdf . - 2008.-15 лютого.

10. http://www.geograf.com.ua/maps-ukraine/741-map-gaz-ukraine

12. Довкілля Полтавщини. Монографія / За загальною редакцією Голіка Ю.С., Ілляш О.Е. – Полтава: Копі-центр, 2014. – 256 стор.

12. Шмандий В.М. Экспериментальные исследо-

вания параметров колебаний в геологической среде, которые вызваны источниками техногенной сейсмичности / Шмандий В.М., Комир В.М., Бредун В.И. // Проблемы создания новых машин и технологий: Научн.труды КГПУ.– Кременчуг: КГПУ.– 2001.– Вып. 1(10), Разд.7: Экология и техногенная безопасность.– С.603-608.

13. Бредун В.І. Заходи з управління екологічною безпекою щодо транспортних джерел техногенної сейсмічності / Шмандій В.М., Бредун В.І., Бахарєв В.С. // Наук. журнал „Екологічна безпека”.– Кременчук: КДУ, 2011.– Вип.1(11).– С.9.

14. Капустян Н.К. Техногенные механические вибрации: параметры воздействий и наведенные процессы в земной коре [Электронный ресурс] / Электронный научно-информационный журнал «Вестник ОГГГГН РАН». — 2001. — № 4 (19). — Режим доступа : http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/4-2001/kapustian.htm #begin.

FORMATION OF ENVIRONMENTAL DANGER OF OBJECTS OF THE OIL AND GAS INDUSTRY POLTAVSCHYNY FACTORS OF TECHNOGENIC SEISMICITY

V. Bredun
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University
prosp. Pershotravnevyi, 24, 36011, Poltava, Ukraine. E-mail: bvi37h@gmail.com

Purpose.The improving scientific understanding of the process of formation of the ecological danger of objects of extraction and transportation of oil and gas by factors of seismic genesis. ***Methodology.*** Using a phased system analysis, components of the mechanism of forming the ecological danger of objects of the oil and gas industry were investigated by factors of technogenic seismicity. ***Results.*** The process of formation of ecological danger of hydrocarbon deposits and objects of oil and gas transportation systems by internal and external factors of seismic genesis has been analyzed. The spatial and operational aspects of the formation of the negative influence of technogenic and natural-man-made seismicity on the geological environment and technological objects of deposits and oil and gas transportation systems, the priority sources and directions of the spread of danger in the conditions of oil and gas districts of the Dnipro-Donets depression have been analyzed. ***Originality.*** For the first time, it was established that the intensity of seismic-leaching of man-made genesis and possible natural seismic manifestations in the studied territories is equivalent, which justifies the necessity of regionalization of the territory on the factors of technogenic seismicity during the construction and operation of these objects. ***Practical value.*** The practical application of the results of work will increase the level of environmental safety of the territories by increasing the reliability of the functioning of the technological systems of the oil and gas industry at the stage of their design or in the design of other industrial objects. *References 14, figures 5.*

Key words: man-made earthquake, ecological danger, deposit, oil and gas transportation objects, geological conditions.

REFERENCES

1. Aplonov SV Geodynamics: Textbook, (2001). St. Petersburg: P. haus St. Petersburg. Un-ta, 360 s. ISBN 5-288-02839-7.

2. Well Drilling: A Biblio pointer, (2013). [comp. L.M. Lokotosh; Ed. L.A. Zholobko], Ivano-Frankivsk: NTB IFNTUNG, 46s.

3. Conference Oil and Gas 2016, (2016). Collected Works, M, Publishing Center of the Russian State Oil and Gas (NIU) named after IM Gubkin, 445 pp.

4. Radin A., Dziblo A. Shtokman. Access mode: http://neftegaz.ru/science/view/1110-Shtokman.

5. Bury A., Klokova L. Seismic hazardous business. Access mode: http://www.npacific.ru/np/ sovproblem / oil_sea / vozdeistvie / seismo / public1.htm.

6. Bredun, V.I., (2011). “Management of ecological safety of technogenic seismic loading region”, Thesis abstract of Cand. Sc. (Engineering.), 21.06.01, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine, 20p.

7. Baranovsky V.L. and other, (2006). Ukraine. Ecological-geographical atlas, Atlas monograph, K, Warta, 220 p.

8. Fuel and energy complex of Poltavshchyna is an integral part of the energy security of the state, Materials on the topic: "Implementation in the regions of the powers and mandates of the President of Ukraine regarding the provision of food and energy independence of the state", August 19. Access mode: http: // www. adm-pl.gov.ua/old/lubny/publication/ content / 23723.htm.

9. Kozyrev A.A., Panin V.I., Savchenko S.N., (2008). Geomechanical researches and substantiations in conducting mining operations on the colonial peninsula, Resources of KSC RAS, Access mode: http://www.kolasc.net.ru/russian/ksc75/3.2.pdf.

10. http://www.geograf.com.ua/maps-ukraine/741-map-gaz-kraine.

11. Environment of Poltava region. Monograph, (2014). According to the editorship of Golik Yu.S., Ilyash O.E., Poltava: Copy Center, 256 p.

12. Shmandiy V.M., Komir V.M., Bredun V.I., (2001). Experimental Investigations of the Oscillation Parameters in a Geological Environment Caused by Sources of Technogenic Seismicity, Problems of creation of new machines and technologies: Scientific works of KPGU, Kremenchug, KPGU, Vp. 1 (10), Section 7: Ecology and technical safety, P. 603–608.

13. Shmandiy V.M., Bredun V.I., Bakharev V.S. (2011). Measures on environmental safety management concerning transport sources of technogenic seismicity. Science Journal "Ecological safety", Kremenchuk, KSU, Vol.1 (11). P. 9–11.

14. Kapustyan, N, (2001). Technogenic mechanical vibrations: parameters of impacts and induced processes in the earth's crust [Electronic resource], Electronic scientific and information journal "Herald of the DGGGMS RAS", no. 4 (19), Access mode: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/42001/ kapustian.htm #begin.