

Радіаційна безпека: питання теорії та практики як основа еколого-економічних досліджень

У статті подано результати дослідження радіаційної безпеки як основи еколого-економічних досліджень. Проаналізовано концентрації радіоактивних елементів у приземному шарі атмосфери та вміст радіонуклідів у підземних водах, розглянуті уранопереробні підприємства. Визначені основні напрями управління та система державного регулювання радіаційною безпекою.

Ключові слова: аварія, безпека, вода, забруднення, катастрофа, населення, радіація.

Вступ

Унаслідок техногенних аварій (катастроф) і стихійних лих виникають умови, що класифікуються як надзвичайні ситуації, тобто порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинені аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних втрат [1].

У вузькому значенні надзвичайну ситуацію визначають як подію на певній території, що склалася внаслідок техногенної аварії, небезпечного природного явища, що може спричинити (спричинила) людські жертви, шкоду здоров'ю населенню та навколишньому природному середовищу, матеріальні втрати, погіршення якості життя.

Вихідні передумови дослідження

До окремого виду надзвичайних ситуацій варто віднести наслідки техногенних аварій, пов'язані із підвищеним рівнем радіоактивності середовища, що спричиняє, у свою чергу, неконтрольовані наслідки у здоров'ї населення та структурі соціальних відносин. Підвищення рівня радіоактивності навколишнього природного середовища зумовлене передусім розвитком атомної енергетики, активним використанням джерел іонізуючого випромінювання у медицині і промисловості, а також радіоактивних речовин у техніці, наукових та військових дослідженнях.

Освоєння людством ядерної енергії у другій половині ХХ ст. призвело до штучного радіоактивного забруднення довкілля, зокрема глобального, зумовленого випробуванням ядерної зброї.

Радіоактивне забруднення довкілля досягло глобальних катастрофічних масштабів. Воно відбувається у результаті випробувань ядерної зброї, аварій на об'єктах атомної енергетики, під час видобутку й переробки ядерного палива тощо.

Кобзар Олена Михайлівна, кандидат економічних наук, науковий співробітник відділу сталого розвитку та екологічної безпеки Ради по вивченню продуктивних сил України НАН України; Шевченко Ірина Вікторівна, кандидат економічних наук, молодший науковий співробітник відділу сталого розвитку та екологічної безпеки Ради по вивченню продуктивних сил України НАН України.

Мета статті

Яскравим прикладом такої події з найтяжчими для екосистем світу, а особливо для здоров'я населення є екологічні наслідки найбільшої техногенної катастрофи на 4-му блоці Чорнобильської атомної електростанції, що сталася 26 квітня 1986 р. Тому метою пропонованого дослідження вважаємо визначення еколого-економічних складових вдосконалення державного управління радіаційно забрудненими територіями.

Викладення основного матеріалу

У результаті Чорнобильської катастрофи в навколишнє природне середовище потрапило близько 3% радіонуклідів, які на момент катастрофи були накопичені в четвертому енергоблоці, що становить, за підрахунками різних авторів, понад 300 Мкі, або $1,3 \cdot 10^{19}$ Бк радіонуклідів [6].

За унікальністю структури поширення: просторовою, часовою, професійно-віковою, а також за поєднанням зовнішнього та внутрішнього опромінення вона не має аналогів впродовж всієї історії техногенних катастроф.

До сьогодні невідомі точні процеси, що відбувалися тоді в зруйнованому реакторі в період найбільшого викиду радіонуклідів. Внаслідок серії вибухів та тривалого існування високотемпературної маси складного змісту залишків активної зони за межі 4-го блоку АЕС було викинуто радіоактивні речовини у вигляді від значних за розміром уламків активної зони та устаткування ядерного реактора до газопо-парааерозольної суміші з частинками різного розміру, що поширилися на значній території.

Але найбільша кількість радіоактивних матеріалів залишилася в межах 30 км зони коло ЧАЕС, де проводиться постійний кількісний та якісний контроль.

Потужність експозиційної дози (ПЕД) контролюється в 28 пунктах. Значення ПЕД у 2008 році знаходилися в діапазоні від 18 до 22100 мкР/год, що відповідає рівням 2007 р. Значних сплесків ПЕД протягом року не спостерігалось. Найбільші рівні ПЕД на території проммайданчика Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна електростанція» (ЧАЕС) реєструються на сховищах рідких і твердих радіоактивних відходів – 22100 мкР/год. В 5 км зоні спостереження найбільші рівні зареєстровані на пункті контролю Чистоголівка та Копачі (160 та 130 мкР/год.), а найменші – на пункті контролю Прип'ять (100 мкР/год.). В 10 км зоні найбільші рівні ПЕД – на пунктах контролю Усів та Буряківка (260 та 340 мкР/год.), які під час аварії на четвертому блоці ЧАЕС опинились на північному і західному слідах радіоактивних випадінь. Поза межами 10 км зони (на території зони відчуження) рівні ПЕД реєструвалися в межах 20-50 мкР/год. [4].

Моніторинг приземного шару атмосфери проводиться з метою комплексного аналізу стану повітря зони відчуження, оцінки дозового навантаження осіб, які знаходяться на забрудненій території.

У 2008 році спостереження за радіаційним забрудненням повітряного простору проводилися на 13 пунктах за допомогою стаціонарних аспіраційних пристроїв та 2 пересувних. Для оцінки вторинного атмосферного перенесення радіонуклідів виконувався аналіз їх атмосферних випадінь у 26 пунктах спостереження. Об'ємна активність ^{137}Cs у приземному шарі атмосфери проммайданчика порівняно з минулим роком суттєво не змінилася і фіксувалася у межах від $7,8 \times 10^{-6}$ до $8,8 \times 10^{-3}$ Бк/м³. В дальній зоні показники радіаційного стану повітря практично не змінилися і об'ємна активність ^{137}Cs коливалася в межах від $1,2 \times 10^{-6}$ до $2,7 \times 10^{-3}$ Бк/м³.

У місцях найбільш тривалого перебування персоналу зони відчуження об'ємна активність ^{137}Cs у повітрі становила: у м. Чорнобиль – від $4,0 \times 10^{-6}$ до $2,5 \times 10^{-4}$ Бк/м³; на контрольно-дозиметричному пункті Дитятки – від $1,2 \times 10^{-6}$ до $2,7 \times 10^{-5}$ Бк/м³.

Об'ємна активність ^{137}Cs у повітрі виробничих об'єктів змінювалася в діапазоні від $5,9 \times 10^{-6}$ до $4,0 \times 10^{-2}$ Бк/м³ [4].

Таким чином, на основі наведених результатів можна стверджувати, що концентрація радіоактивних елементів у приземному шарі атмосфери перебуває в стабільному стані і можна прогнозувати подальше повільне зниження концентрації штучних радіонуклідів за рахунок їх природного розпаду і зменшення їх надходження до приземного шару атмосфери внаслідок вторинного вітрового підйому, що обумовлено подальшим заглибленням цих речовин у ґрунт. Проте не виключена ймовірність окремих коливань радіоактивності приземної атмосфери, обумовлених несприятливими природними чинниками на фоні цієї загальної тенденції.

Зважаючи на те, що поширення радіонуклідів за межі зони відчуження відбувається переважно водним шляхом (до 90%), моніторинг за радіаційним станом поверхневих вод здійснюється більше ніж у 40 пунктах. Особлива увага приділяється р. Прип'яті, через яку здійснюється надходження радіонуклідів з території зони відчуження до Київського водосховища.

Середні та максимальні значення вмісту ^{90}Sr у воді р. Прип'яті у створі м. Чорнобиль склали 120 Бк/м³ та 270 Бк/м³ відповідно, ^{137}Cs – 50 та 150 Бк/м³, що не перевищує встановлені нормативним документом ДР-2006 допустимі рівні вмісту радіонуклідів для питної води (2000 Бк/м³). Виносення ^{90}Sr виявилось найменшим за післяаварійний період, що пояснюється насамперед низькою водністю ріки (12,4 км³ у 2007 та 12,8 км³ у 2006 роках), і склало 1,38 ТБк, ^{137}Cs – 0,67 ТБк. За межами зони відчуження сформувалось 32% виносення ^{90}Sr та 83% – ^{137}Cs .

У воді малопроточних та замкнених водойм вміст ^{90}Sr досягав 60000-120000 Бк/м³ (оз. Азбучин, Глибоке), ^{137}Cs – до 120000 Бк/м³ (відвідний канал III черги ЧАЕС).

За результатами моніторингу сумарна питома активність ^{137}Cs та ^{90}Sr у стічних водах була близькою до результатів 2007 року і не перевищувала контрольне значення для суміші цих радіонуклідів, встановлене на рівні 3700 Бк/м³. Переважали значення 200-900 Бк/м³, а максимальне значення досягло 1500 Бк/м³. Загальний обсяг скидів за рік склав $2,0 \times 10^8$ Бк, що не перевищує контрольного скиду ($3,7 \times 10^8$ Бк).

Моніторинг вмісту радіонуклідів у підземних водах проводиться за трьома водоносними комплексами – четвертинним (138 свердловин), еоценовим (водозабір ЧАЕС, м. Прип'ять) та сеноман-нижньокрейдовим (водозабір м. Чорнобиль та міський водопровід).

Забруднення еоценового та сеноман-нижньокрейдового комплексів достовірно не зафіксоване. Концентрація ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді водозаборів ЧАЕС та м. Чорнобиль не перевищувала 10 Бк/м³ (ДР-2006 для питної води становить 2000 Бк/м³).

Суттєвими локальними джерелами радіоактивного забруднення підземних вод четвертинного водоносного комплексу залишаються пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів (ПТЛРВ). Основні запаси активності зосереджено в ПТЛРВ „Будбаза” та „Рудий ліс”, які розташовані вздовж західного сліду чорнобильського викиду. В підземних водах цих районів спостерігається постійне перевищення ДК_В для ^{90}Sr у 40-50 разів (ДК_В становить 10000 Бк/м³) – фактично водовмісні породи наповнені водою з характеристиками рідких радіоактивних відходів.

Максимальні значення об'ємної активності ^{90}Sr зафіксовані спостереженими свердловинами у межах ПТЛРВ „Рудий ліс” районів старої Будбази та Янівського затону – відповідно 240000 Бк/м^3 та 40000 Бк/м^3 . При цьому значення ^{137}Cs досягали 1000 Бк/м^3 . Поза площами захоронень радіоактивних відходів переважна більшість значень вмісту ^{90}Sr знаходиться у межах $70\text{-}200 \text{ Бк/м}^3$, ^{137}Cs – $20\text{-}40 \text{ Бк/м}^3$.

Радіаційний стан ґрунтових вод в межах пунктів захоронення радіоактивних відходів „Буряківка”, „Підлісний”, „3-тя черга ЧАЕС” відзначається певною сталістю без виражених тенденцій зростання вмісту ^{90}Sr як основного забруднювача, який знаходиться в межах $30\text{-}2000 \text{ Бк/м}^3$, при переважаючих значеннях $100\text{-}400 \text{ Бк/м}^3$ [4].

Оскільки після аварії 4-й блок перетворився на відкрите джерело величезної активності, виникла необхідність створення об'єкта „Укриття”, що ізолює зруйнований блок. З моменту введення його в дію була встановлена система контролю гамма- і нейтронного полів, теплового та сейсмічного контролю. Результати моніторингу, свідчать про те, що завдяки об'єкту надходження радіоактивних відходів в навколишнє середовище із зруйнованого 4-го блоку було мінімальним [5].

У 2008 році зберігалася загальна тенденція до стабілізації показників радіаційної обстановки об'єкта „Укриття”. На зовнішніх об'єктах, проммайданчику та у виробничих приміщеннях цього об'єкта з постійним та періодичним перебуванням персоналу не було зафіксовано перевищень контрольних рівнів потужності експозиційної дози γ -випромінювання та радіоактивного забруднення. Не зафіксовано і викидів та перевищення концентрації радіоактивних аерозолей у повітрі приміщень об'єкта „Укриття” та прилеглих територій та інцидентів, пов'язаних зі зміною зазначених параметрів паливовмісних матеріалів, системами контролю.

З метою стабілізації локалізуючої споруди об'єкта „Укриття” та зменшення ризику її обвали з можливим потужним викидом радіоактивного пилу в атмосферу реалізовано невідкладні стабілізаційні заходи, тобто здійснено ретельний аналіз та надано уточнені висновки щодо стійкості конструкцій для забезпечення подальшого контролю за станом конструкцій та здійснення заходів щодо їх реконструкції.

Чорнобильська катастрофа істотно змінила життя мільйонів людей. З місць постійного проживання було евакуйовано та переселено понад 162 тис. осіб.

Переселення створило цілу низку серйозних проблем, пов'язаних з труднощами пристосування громадян до нових умов життя. Часткове переселення у багатьох випадках призвело до руйнації структури життєзабезпечення, обмеження ведення сільського господарства, втрати робочих місць, підвищення рівня безробіття, загострення інших соціальних проблем.

Демографічні показники на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення, погіршилися: народжуваність зменшується, а смертність зростає, працездатне населення мігрує із цих територій. Крім того, ставлення населення, яке проживає на чистих територіях, до продукції, виробленої на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення, ускладнює її реалізацію, що призводить в першу чергу до скорочення місцевих доходів. Усе це спричиняє як зменшення виробничої активності населення, так і скорочення кількості робочих місць. У результаті погіршився економічний стан цих регіонів та рівень добробуту населення, яке в них проживає. Упродовж останніх 14 років, відколи Україна самостійно здійснює видатки на ліквідацію наслідків Чорнобильської катастрофи, питома вага витрат на цю мету постійно зменшується і в останні роки була менше 3 відсотків видатків державного бюджету.

До об'єктів радіаційної безпеки також належать, як зазначалося вище, і радіоактивні відходи та уранопереробні виробництва.

На сьогодні в Україні знаходиться значна кількість ядерних установок – підприємств поводження з радіоактивними відходами та джерелами іонізуючого випромінювання, зокрема 15 діючих енергоблоків із загальною встановленою потужністю 13835 МВт.:

- 6 енергоблоків Запорізької АЕС;
- 4 енергоблоки Рівненської АЕС;
- 3 енергоблоки Південноукраїнської АЕС;
- 2 енергоблоки Хмельницької АЕС.

Окрім цього:

- 3 енергоблоки Чорнобильської АЕС (на етапі зняття з експлуатації);
- об'єкт „Укриття”;
- 2 сховища відпрацьованого ядерного палива Запорізької та Чорнобильської АЕС;
- підприємства уранопереробної промисловості.

Слід зазначити, що одним із ефективних інструментів контролю за рівнем безпеки діяльності АЕС, його відповідності національним та міжнародно визнаним вимогам з ядерної та радіаційної безпеки є удосконалення механізму та ведення суворого обліку усіх порушень у процесі експлуатації АЕС, ретельного розслідування їх причин, впровадження заходів щодо усунення виявлених недоліків і запобігання виникненню зазначених подій у подальшому.

У світовій атомній енергетиці події з метою оцінки їх важливості з точки зору безпеки класифікуються за Міжнародною шкалою ядерних подій INES Ця шкала є засобом для оперативного інформування громадськості про значущість з точки зору безпеки подій, що трапляються на ядерних установках та об'єктах. Шкала INES була введена у березні 1990 року спільно з Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ) та Агентством з ядерної енергії Організації економічного співробітництва і розвитку. Шкала INES може бути застосована до будь-якої події, пов'язаної із радіоактивним матеріалом.

У рамках шкали події класифікуються за 7 рівнями. Події, що належать до нижніх рівнів (1 - 3), називаються „інцидентами”, а до верхніх рівнів (4 - 7) – „аваріями”. Події, не суттєві з точки зору безпеки, класифікуються нижче шкали рівнем „0” і мають назву „відхилення”. Події, що не мають відношення до безпеки, не входять до шкали і вважаються „поза шкалою”.

Наприклад, Чорнобильська аварія 1986 року за шкалою INES класифікується рівнем „7” [2]

За шкалою INES у 2008 році на АЕС України відбулися такі події:

- на Запорізькій АЕС – чотири події нульового рівня та чотири події поза шкалою;
- на Рівненській АЕС – три події нульового рівня та п'ять подій поза шкалою;
- на Хмельницькій АЕС – чотири події нульового рівня;
- на Південноукраїнській АЕС – одна подія нульового рівня та чотири події поза шкалою.

Порівняно з 2006 роком, у якому відбулося 32 облікові порушення, кількість подій на діючих АЕС України зменшилася на 22%. [3]

Іншим джерелом радіоекологічної небезпеки є уранопереробна промисловість. На території України видобуток та переробка уранових руд з метою отримання уранового концентрату як сировини для виготовлення палива для АЕС здійснюється на єдиному в Україні Державному підприємстві „Східний гірничо-збагачувальний комбінат” (м. Жовті Води Дніпропетровської області). Видобування уранової руди – на Смоленській і Інгульській шахтах, а її переробка – на гідрометалургійному заводі.

Основною радіаційною небезпекою для населення та навколишнього природного середовища в районі гідрометалургійного заводу є викид альфа-випромінюючих аерозолей довгоіснуючих радіонуклідів уранового ряду, скид пульпи з пульпопроводу у разі порушення його цілісності, значна кількість відходів, що містять радіонукліди природного походження.

Населення міста проживає в зоні довготривалого техногенного радіаційного забруднення, яке перевищує норми, встановлені Нормативами радіаційної безпеки України (далі – НРБУ-97). Це викликано тим, що на території міста виконувалися роботи з видобутку і переробки уранової руди. Під час будівельних робіт здійснювалося підсилення міської території пустими породами, які мали підвищений радіаційний фон.

Унаслідок цього на території міста утворились окремі локальні ділянки (до 450) з радіаційним фоном на рівні 40-500 мкр/год. (природний фон – 15-22 мкр/год.). Виявлено також забруднення ґрунтів, води та атмосферного повітря такими радіонуклідами, як уран-238, радій-236, свинець-210 і полоній-210. У поверхневому шарі ґрунту концентрація урану-238 перевищує фонову в 2-7 разів, радію-226 – у 2-9, свинцю-210 – в 2-25, полонію-210 – у 2-17 разів. У місті накопичено близько 50 млн тонн відходів, у тому числі 1,4 млн тонн токсичних I-IV класів небезпеки.

Перевищення подвійного нормативу концентрації радону в житлових приміщеннях міста Жовті Води становить 9 %, а у приватному секторі – понад 21 %, що у кілька разів перевищує норми НРБУ-97 [4].

Джерела іонізуючого випромінювання, які відповідно є і джерелами утворення радіоактивних відходів, застосовуються у більшості галузей народного господарства України, а саме у промисловості, медицині, сільському господарстві, науці тощо. Поводження з джерелами іонізуючого випромінювання у кожній галузі має свою специфіку і різний рівень потенційної небезпеки джерел іонізуючого випромінювання. Крім широкого застосування джерел іонізуючого випромінювання у медичній практиці (для діагностики та лікування), характерними для України є використання джерел іонізуючого випромінювання для радіографічного контролю, технологічного контролю і вимірювань (ваги, кількості, щільності тощо), геофізичних досліджень свердловин, стерилізації медичних виробів, наукових досліджень тощо.

Як і інші технології, технології використання джерел іонізуючого випромінювання пов'язані з певною перевагою та ризиком. Ступінь ризику залежить від потенційної небезпеки джерел іонізуючого випромінювання, їх кількості та типу випромінювання.

Надзвичайно важливим завданням для усіх країн світу є застосування джерел іонізуючого випромінювання за їх призначенням та під регулюючим контролем, запровадження заходів з радіаційного захисту населення. Для реалізації такої системи в Україні створено нормативно-правову базу та інфраструктуру державного регулювання безпеки джерел іонізуючого випромінювання, згідно з якою усі їх джерела та визначені законодавством види діяльності з ними перебувають під регулюючим контролем.

За роки, що минули після аварії на Чорнобильській АЕС, радіаційний стан територій, що зазнали радіоактивного забруднення, поліпшився. Цьому сприяли

природні процеси та здійснення заходів із запобігання винесенню радіонуклідів за межі зони відчуження, подолання наслідків аварії у сільськогосподарському виробництві, проведення дезактиваційних робіт, що привело до зниження рівнів опромінення людей, які проживають на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення. Фінансування заходів з ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи здійснюється за відповідними бюджетними програмами, виконання яких в повному обсязі виявляється неможливим переважно внаслідок обмеженого бюджетного фінансування, і як результат виникають нові економічні і соціальні проблеми.

Висновки

Приклад аварії 1986 року на Чорнобильській АЕС ілюструє, наскільки важливим є розроблення процедури прийняття рішень у разі значних техногенних катастроф, а також відпрацювання всіх елементів цих рішень заздалегідь.

Необхідним на сьогодні є:

- удосконалення системи радіаційного моніторингу, забезпечення оновлення його нормативно-методичної бази, обладнання та приладів;
- своєчасне надання інформації щодо забруднення та можливих шляхів до його знешкодження з урахуванням еколого-економічних характеристик цих заходів, для обґрунтованого прийняття рішень щодо забезпечення протирадіаційного захисту населення;
- проведення постійної еколого-економічної оцінки комплексної дієвості (ефективності) заходів, зокрема щодо визначення зменшення рівня небезпеки з урахуванням соціально-економічних характеристик реалістичності виконання відповідних заходів, пов'язаних із зменшенням доз опромінення;
- удосконалити механізм фінансування заходів, що проводяться на виконання Закону України „Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи”;
- застосування пілотних проектів, які в подальшому забезпечать населення, що проживає на територіях радіоактивного забруднення, робочими місцями; допоможуть створити пільгові умови оподаткування підприємницької діяльності;
- створення Державної програми реабілітації забруднених населених пунктів з визначенням окремого управлінського еколого-економічного блоку як одного з базових для підвищення безпеки життєдіяльності;
- забезпечення органів виконавчої влади, місцевого самоврядування та населення інформацією щодо величини дози опромінення та її динаміки, що необхідно для проведення медичних, епідеміологічних, екологічних, соціальних та інших видів наукових досліджень, у тому числі з уточнення дозиметричних і радіоекологічних моделей, методичних аспектів моніторингу, уможливлення екологічного страхування робіт та об'єктів, а також посилення уваги до соціального захисту персоналу і населення;
- проведення досліджень з визначення процедур надання пільгових кредитів для екологізації життєдіяльності, розвитку господарювання у сфері пом'якшення наслідків радіоактивного забруднення та поширення просвітних і освітніх програм з інформування про потенційну небезпеку проживання та пом'якшення негативних наслідків тим, хто проживає на радіоактивно забруднених територіях.

Розділ 1 Економіка природокористування і еколого-економічні проблеми

1. *Класифікатор* надзвичайних ситуацій в Україні. – К., МНС України, 1999. – 178 с.
2. *Міжнародна шкала ядерних подій*. – Режим доступу: <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/uk/publish/article/88633.jsessionid=B71453A2498BBA62F743218E7B3F408F>.
3. *Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році* – К. : „Чорнобильінтерінформ”, 2008. – 398 с.
4. *Радіологічний стан територій, віднесених до зон радіоактивного забруднення*. – Режим доступу: http://mns.gov.ua/UserFiles/File/2009/table_1.pdf.
5. *20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Національна доповідь України*. – К. : Атака, 2006. – 224 с.
6. *Likhtarev I.A. Chernobyl accident: Retrospective and prospective estimates of external dose of the population of Ukraine / Likhtarev I. A., Kovgan L. N., Jakob P. // Health Phys.* – 2002. – Vol. 82, № 3. – P. 290–303.

Отримано 26.02.2009 р.

Е.М. Кобзарь, І.В. Шевченко

**Радиационная безопасность: вопросы теории и практики
как основа эколого-экономических исследований**

В статье поданы результаты исследования радиационной безопасности как основы эколого-экономических исследований. Проанализировано концентрации радиоактивных элементов в приземном слое атмосферы и содержание радионуклидов в подземных водах, рассмотрены ураноперерабатывающие предприятия. Определены основные направления совершенствования управления государственного регулирования радиационной безопасностью.

Ключевые слова: авария, безопасность, вода, загрязнение, катастрофа, население, радиация.