ЯДЕРНИЙ МОНІТОР

Видання Світової інформаційної служби з енергетики (WISE) та Інформаційного центру з ядерної енергетики (NIRS). Українська версія видається ММГО “Екоклуб”.

СПЕЦІАЛЬНИЙ ВИПУСК

№ 3 (18)
Травень 2005

ядерна енергетика не в силах вирішити проблему змін клімату

Рівне-2005

Передмова

Зміни клімату більшістю визнаються як одна з невідкладних проблем світового співтовариства, включаючи і сітку організацій NIRS/WISE та наших прихильників. Зміни клімату впливають на багато аспектів навколишнього середовища та суспільства, включаючи людське здоров'я, екосистеми, сільське господарство і водопостачання, місцеву та глобальну економіку, рівень моря та незвичайні погодні явища. Однак, багато хто з ядерників у змінах клімату вбачає "важіль", який відновить розквіт ядерної енергетики.

Проте, на багатьох стадіях ядерного процесу потрібна значна кількість енергії, набагато більша, ніж для менш комплексного виробництва електроенергії. Більша частина енергії надходить у формі викопного палива, і таким чином, ядерна енергетика викидає, непрямим шляхом, відносно велику кількість парникових газів. Викиди від ядерної промисловості дуже залежать від вмісту урану в рудах, що використовують у ядерному процесі. Очікується, що цей вміст значно знизиться. Нещодавні дослідження підтвердили, що виробництво ядерної енергії спричиняє викиди лише у 3 рази менші, ніж викиди від сучасних газових електростанцій.

Щоб зменшити викиди із державного енергетичного сектора, відповідно до Кіотського протоколу, потрібно буде 72 ядерні станції середніх розмірів у 15 європейських країнах. Вони мали б бути збудовані до кінця першого періоду зобов'язань, а саме 2008 - 2012рр. Не беручи до уваги величезні кошти, які будуть необхідні, малоймовірно, що технічно можливо буде збудувати так багато нових станцій за такий короткий час, якщо врахувати, що тільки 15 реакторів було побудовано за останні 20 років. У США потрібно буде 1 000 нових реакторів, жодного успішного замовлення з 1973 року не було.

Якби ми сьогодні вирішили замінити всю електроенергію, що виробляється на теплових електростанціях на електроенергію від атомних станцій, то економічно вигідного урану, щоб підтримувати реактори, вистачить лише на 3 - 4 роки. Використання реакторів на швидких нейтронах може створити замкнене коло, яке покладе край залежності від обмежених ресурсів урану. Проте, незважаючи на великі інвестиції і дослідження в цій сфері протягом десятків років, згадані реактори є технологічно і економічно невдалі.

Перехід світового виробництва електроенергії на ядерну проблему не вирішить. Крім того, перехід світових ресурсів від усталеного виробництва енергії до ядерної енергетики лише поглибить проблему тим, що від технологій, які дійсно дають надію на допомогу в вирішенні проблем зміни клімату і без того обмежені ресурси будуть відібрані. Це частково тому, що виробництво енергії є тільки одним із видів людської діяльності, що спричиняє викиди парникових газів. А ще є інші: транспорт, опалення,

сільське господарство, виробництво цементу і вирубка лісів. Викиди CO_2 від світового виробництва електроенергії становлять лише 9 % від загальних викидів парникових газів.

Численні дослідження показали, що єдиним найефективнішим шляхом зменшення викидів є скорочення потреб у енергії. Дослідження сценаріїв розвитку енергетики свідчать, що очевидного зв'язку між викидами CO_2 і ядерною енергетикою немає. Насправді, сценарій з найнижчими викидами парникових газів виявився не тим, де використовується найбільша кількість ядерної енергії, а тим, в якому ріст потреби в енергії мінімізовано.

Є багато альтернативних джерел енергії. Вартість відновлюваних джерел постійно падає: за останні 10 років ціна за 1 кВт електроенергії від вітрових турбін впала на 50%, а від сонячних батарей на 30%. Ціни на ядерну енергію зростають, незважаючи на те, що ядерна енергетика багато субсидується протягом останніх 50-ти років. Деякі кошти були виключені з вартості ядерної енергії завдяки державним субсидіям.

У недалекій перспективі можна задовольнити всі енергетичні потреби світу через альтернативні джерела, базовані на сучасних технологіях. Відновлювальні джерела енергії мають багато переваг. Вони не спричиняють викидів парникових газів та можуть збільшити різноманіття на енергетичному ринку. Вони можуть забезпечити довготривалі потреби в енергії і можуть використовуватися в сільських і малорозвинених місцевостях, що не під'єднані до мереж електро- та газозабезпечення.

Є багато серйозних проблем, пов'язаних з ядерною енергією, які з'явились з її появою і ще й досі не вирішені. Для зберігання високорадіоактивних ядерних відходів на сьогодні не введено в дію постійних сховищ. Протягом останнього десятиріччя вчені працюють над тим, щоб скоротити радіоактивність і час розпаду ядерних відходів, - так званий *трансмутаційний* процес. Немає гарантій, що ці дорогі дослідження будуть успішними, і ці технології можуть бути використані лише для майбутніх ядерних відходів, а не для вже існуючих.

Хоча вже і є прогрес у збільшенні безпечності стандартів, але реактори все ще не повністю безпечні і проблеми все ще існують. Крім можливих технічних невдач, не треба забувати про ризик людських помилок. Такі ризики будуть зростати зараз, коли тиск приватизації і дерегулювання енергетичного ринку змушує операторів ядерних установок збільшувати їх ефективність і зменшувати затрачені кошти. Зменшення кількості робочих місць в деяких випадках викликає стурбованість щодо безпеки.

Одним із побічних продуктів на ядерних реакторах є плутоній -239, який

може бути використаний як ядерна зброя. Ядерні установки можуть стати ціллю для терористів, а радіоактивні речовини можуть бути використані терористами для виготовлення “брудних” бомб.

Не слід забувати про очевидний вплив на здоров'я під час аварій. Вплив радіоактивних речовин може призвести до збільшення ризику генетичних хвороб, лейкемії та раку. Проте є ризик для здоров'я і при щоденній роботі на атомних станціях. Працівники атомних станцій піддаються впливу малих доз радіації.

1. Вступ

Злети і падіння ядерної енергетики
Коли ядерна енергетика вперше була представлена світу в середині XX століття, вона рекламувалася як дешеве і невичерпне джерело енергії, яке зможе задовольнити всезростаючі потреби людства в енергії. В 1954р. Льюіс Штраус, в той час голова Комісії з ядерної енергії США (IAEA), пообіцяв, що енергія ядерних електростанцій буде "занадто дешевою, щоб її рахувати". Двадцять років по тому, в 1974р., Міжнародна агенція з ядерної енергії пророкувала появу 4 450 реакторів потужністю в 1 000 МВт ще до 2000року. Уран швидко стане рідкістю, проте плутонієві реактори на швидких нейтронах (інші назви: реактор-розмножувач, брідер), що заправляються плутонієм, забезпечать безкінечну кількість дешевої електроенергії.(WWF, 2000)

Сьогоднішня ситуація -лише далекий відгомін тих ранніх передбачень. Лише 442 ядерних реактори працюють у світі, а це менше 10% того, що передбачила IAEA 30 років тому (Scheer, 2004). Ці реактори забезпечують лише близько 16% світової електроенергії, (Slingerland et al, 2004) і лише 2,5% світових енергетичних потреб. (WWF, 2000; Hodgson & Maignac, 2001) На кінець 2002р. лише 32 реактори вважалися в процесі будівництва. (Slingerland et al, 2004) Велика їх кількість перебуває у проектуванні уже протягом 15 років, і, швидше за все, так ніколи і не буде завершена (Atom's Amok, 2004). У США не було успішного замовлення реактора понад 30 років. Останнім був реактор Пауло Верде в жовтні 1973р.

Зміни клімату: "рятувальний круг" для ядерної енергії
Протягом останніх років багато досліджень підтвердили, що наша планета стає теплішою завдяки викидам парникових газів, які утворюються внаслідок людської діяльності. Приблизно половина викидів надходить з енергетичного сектора. Щоб попередити катастрофічні зміни клімату, ми мусимо терміново зменшити викиди парникових газів. Однак, енергетичні потреби людства зростають з небезпечною швидкістю. World Energy Outlook передбачає, що глобальні потреби у енергії зростуть на 67% в 2030р. порівняно з рівнем у 2000р. (IEA, 2002), а до 2050р. потреби в енергії подвояться. (WNA, 2004a) Як задовольнити ці потреби і водночас зменшити викиди парникових газів є нагальним питанням нашого часу.

Згідно з поглядами ядерної промисловості, найкращим способом зменшити викиди парникових газів є збільшення числа ядерних реакторів. Їхні аргументи викладені в заяві Міжнародної ради з енергетики (МРЕ):

"Ядерна енергетика має фундаментальну важливість для більшості членів МРЕ*, тому що це єдине джерело енергії, що вже має масштабні і*

різносторонні ресурси (і потенційно невичерпні ресурси, якщо будуть введені в дію реатори-розмножувачі), яка є майже природною, не викидає парникових газів, і знаходиться в сприятливих або частково сприятливих економічних умовах. Насправді, якщо небезпека змін клімату стане реальністю, ядерна енергетика є єдиною енергетичною технологією, що зможе перебрати роль вугільних електростанції у забезпеченні базових потреб."

Ядерна промисловість розпочала величезну рекламну кампанію, базовану на цьому аргументі. Написано статті, видано блискучі проекти, щоб запевнити суспільство загалом і впливових високопосадовців зокрема, що ядерна енергетика є відповіддю на проблему зміни клімату. Оголосивши себе рятівником навколишнього середовища, занепадаюча галузь плекає надію на новий початок. Проте, їхні аргументи - це низка міфів, а саме:
- ядерна енергетика не викидає парникових газів;
- є нескінченна кількість пального для підтримання процесу ядерного розпаду;
- ядерна енергетика економічно вигідна;
- немає життєздатних альтернатив ядерній енергетиці;
- немає інших важливих проблем, пов'язаних з ядерною енергією;
- реактори на швидких нейтронах, очевидно, розвинуться і забезпечать невичерпними ресурсами.

Цей звіт дослідить кожне з поданих тверджень і доведе їхню безпідставність.

Розділ 2 дослідить сучасні відомості про зміни клімату; аргументи за зменшення викидів парникових газів; роль, яку ядерна промисловість шукає для себе в цих аргументах. Розділ 3 дослідить внесок ядерної енергетики у зменшення викидів парникових газів. У розділі 4 перевіряється міф про те, що існує нескінченна кількість пального для підтримання процесу ядерного розпаду. Розділ 5 дослідить, чи дійсно ядерна енергетика є фінансово вигідною. Міф про відсутність альтернатив досліджено у розділі 6, а розділ 7 дослідить деякі інші проблеми, пов'язані з ядерною енергетикою.

2. Зміни клімату і ядерна енергетика

Зміни клімату

Зміни клімату - відома і нагальна проблема для всього людства. В 2001р. Міжурядова група експертів по змінах клімату (МГЕЗК) при ООН опублікувала останню доповідь з цих питань. Ця доповідь підкреслює, що є багато доказів того, що основне потепління клімату - результат людської діяльності, а зокрема викидів парникових газів при згоранні викопного

палива (нафти, газу, вугілля) для виробництва енергії.

Парникові гази знаходяться в атмосфері і вловлюють частину сонячного світла у нижніх шарах атмосфери. Цей процес тримає тепло на нашій планеті і забезпечує життя. За відсутності парникових газів в атмосфері середні температури були б на 33°С нижчі, ніж сьогоднішні. (Barry and Chorley, 1992) Однак, завдяки людській діяльності, концентрації парникових газів в атмосфері неприродно збільшуються. В результаті цього ще більше тепла утримується в атмосфері, що призводить до глобального зростання температур.

Крім того, в доповіді МГЕЗК підтверджується, що зростання температур у XX столітті, ймовірно, спричило ріст рівня моря протягом цього періоду. (IPCC, 2001a) Підігрів моря призводить до збільшення об'єму води, а це в свою чергу до росту рівня моря.

Який вплив змін клімату?
Історія Землі зазнавала значних варіацій у середніх температурах. Однак, сучасне потепління є небаченим за мільйон років. Відповідно до найновіших досліджень МГЕЗК, глобальні температури зростуть на 1,4 - 5,8 °С, а рівень моря на 9 - 88 см. до 2100 року, порівняно з 2000 роком. (IPCC, 2001b) Здавалося б, що таке підвищення температури нічого небезпечного не несе, однак потрібно сказати, що середня різниця між температурою найхолоднішої частини останнього великого льодовикового періоду і сьогоденною температурою становить лише 5°С. Проблема в тому, що природні і людські системи можуть не адаптуватися до такого потепління.

Такі зміни в кліматі впливають на багато аспектів навколишнього середовища і суспільства, включаючи здоров'я людини, екосистеми, сільське господарство, водопостачання, місцеву та глобальну економіку, рівень моря та надзвичайні погодні явища. Хоч деякі позитивні ефекти і очікуються (довший вегетаційний період рослин у деяких країнах середніх широт), та все ж негативні риси переважують позитивні, навіть при малому підвищенні температури. Чим більше зростає температура, тим більше негативних впливів. (IPCC, 2001b; Greenpeace, 2001)

У Європі уже відчули вплив деяких з цих ефектів. Рівень моря, що зростає на 0,8-3,0 мм щорічно протягом сторіччя, завдав відчутної шкоди водному господарству та зменшує запаси прісної води. Зростання надзвичайних природних явищ (тривалі засухи, сильні дощі) за останні 30 років завдали відчутної шкоди економіці, наприклад, в сільському господарстві. (EEA, 2004a, VROM, 2004).

Договори щодо змін клімату
У 1992 році був прийнятий перший міжнародний договір щодо змін клімату Рамкова конвенція ООН зі змін клімату. Рамкова конвенція вимагає стабілізувати концентрацію CO_2 в атмосфері до рівня, що попередить небезпечні зміни клімату. Крім того, цього слід досягнути настільки швидко, щоб дозволити екосистемам адаптуватися до змін природним шляхом, не зашкодити виробництву продуктів харчування та стабільному розвитку економіки.

Кіотський протокол, прийнятий у 1997р., побудований за зобов'язаннями Рамкової конвенції, зробив ще серйозніший крок вперед. Протокол установлює точні розміри викидів для найрозвинутіших країн і вимагає від них зменшити їх колективний викид шести найважливіших парникових газів (CO_2, CH_4, N_2O, HFK, PFK, і SF_6) хоча б на 5,2% до 2008-2012рр., порівняно з рівнем 1990 року. Кіотський протокол виділяє три гнучкі механізми, які розвинуті країни можуть використати для досягнення цілей: механізм чистого розвитку, спільного впровадження і торгівлі викидами. (NEA, 2002) За допомогою цих механізмів країни і компанії можуть купити право на викиди. Перші два механізми дозволяють (спів-)фінансування інвестицій у збереження викидів. Що стосується механізму чистого розвитку, інвестиції робляться в країни, які не мають зобов'язань згідно з Кіотським протоколом. Щодо механізму спільного впровадження інвестиції робляться в країни із зобов'язанням згідно з Кіотським протоколом, але які мають "запас" для викидів (на практиці це країни Східної Європи і Росія). Система з продажу викидів CO_2 на даному етапі розвивається в Європейському Союзі. В 2000 році спільна кампанія NIRS/WISE утримала ядерну енергетику від включення її до механізму торгівлі квотами згідно з Кіотським протоколом.

Кіотський протокол вступив у дію після підписання його президентом Російської Федерації В. Путіним. Хоча США і Австралія ще не підписали Протокол, він вважається величезним кроком назустріч глобальній кліматичній політиці. Визначальним є те, що Росія, Японія та інші країни знову намагатимуться включити ядерну енергетику як ресурс для торгівлі квотами.

Ядерна енергетика і пом'якшення змін клімату
Багато хто в ядерній промисловості вбачає у змінах клімату важіль, який відновить успіхи ядерної енергетики. (IEA, 1998), Ritch III,(2002) описував ядерну енергію, як "екологічно необхідну", а Hodson описав її як "найбільш ефективний шлях зменшення викидів CO_2." (Hodson & Maignac, 2001, p.22) Вони стверджували, що ядерна енергетика не сприяє викидам парникових газів і дуже дешева. (NEA, 2001)

На сьогодні ядерна енергетика не включена в “гнучкі механізми” Кіотського протоколу. Проте ці механізми, особливо механізм чистого розвитку, розглядаються ядерною галуззю, як можливість розширитися, здобуваючи урядові гранти на субсидування ядерної енергетики в країнах, що розвиваються. Від наших днів і до кінця першого періоду зобов'язань згідно з Кіотським протоколом (2008 - 2012), ядерна промисловість буде якнайактивніше лобіювати, щоб її було включено в усі три “гнучкі механізми” після 2012р. (NEA, 2002) Деякі країни вже бачать новий період зобов'язань як ще один шанс, щоб фінансувати ядерну енергетику за рахунок “вуглецевих” ресурсів. У жовтні 2004р. японський міністр економіки, торгівлі та промисловості опублікував доповідь про майбутню кліматичну діяльність, в якій рекомендує зробити ядерну енергетику прийнятною для механізму чистого розвитку. (METI, 2004) В листопаді 2004р. голова італійського офісу зі змін клімату назвав використання ядерної енергії в механізмі чистого розвитку як те, на що потрібно звернути увагу. (Point Carbon, 2004)

У 2002р. на той час вповноважений по дослідженнях Європейського союзу Філіпп Басквін (Philippe Basquin) зазначив, що ядерна енергетика значною мірою підходить до вимог Кіотського протоколу. В тому ж році головний науковий радник британського уряду професор Д. Кінг доводив, що в Об'єднаному Королівстві потрібно побудувати нові ядерні станції і що проблема радіоактивних відходів це “спадщина минулого”. (N-Base, 2002). Раніше цього року британський прем'єр-міністр Тоні Блер сказав, що Великобританія не розглядає ядерну енергетику, як засіб боротьби зі змінами клімату. (WNA, 2004b)

3. Ядерна енергетика і викиди парникових газів

Вклад виробництва ядерної енергії у викиди парникових газів
Міф про те, що ядерна енергетика є вирішенням проблеми зміни клімату грунтується на припущенні, що виробництво електроенергії при ядерному розпаді не призводить до викидів парникових газів. Однак, навіть якби це і було правдою, переведенням виробництва енергії у всьому світі на ядерну, проблема не вирішиться. Виробництво електроенергії є лише одним з багатьох видів людської діяльності, що утворює парникові гази. Серед інших виділяють транспорт, опалення, сільське господарство, виробництво цементу і вирубка лісів. Викиди CO_2 внаслідок виробництва електроенергії складають лише 9% від загальної кількості викидів.(UIC, 2001b)

Парникові гази від виробництва ядерної енергії

Це правда, що при безпосередньому процесі поділу ядра, при якому виробляється електроенергія, парникові гази не утворюються. Проте, на різних стадіях ядерного циклу (при добуванні і збагаченні урану,

будівництві та знятті з експлуатації атомних станцій, обробці та зберіганні ядерних відходів) потрібна велика кількість енергії, набагато більше, ніж при менш комплексному виробництві електроенергії. Значна частина цієї енергії надходить у формі викопного палива, і через це ядерна енергетика непрямим чином продукує відносно велику кількість парникових газів.

Щоб встановити відсоток цих викидів порівняно з викидами від інших форм виробництва електроенергії, потрібно провести порівняльну оцінку всього циклу для різних варіантів виробництва енергії. В цих оцінках загальні викиди за весь цикл додають разом і суму ділять на загальну кількість електроенергії, що була вироблена за період роботи станції: результат покаже загальні викиди парникових газів на 1 кВт год електроенергії.

Було проведено декілька оцінок циклу для різних процесів виробництва електроенергії. Однією з найповніших була оцінка, зроблена Екологічним інститутом (Öko Institute) в Німеччині. Вона базується на 10-річних дослідженнях в базі даних Глобальної моделі викидів для інтегрованих систем (Global Emission Model for Integrated Systems). Деякі з результатів подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Емісія парникових газів залежно від типу виробництва електроенергії (Öko Institute, 1997)

Метод виробництва енергії	**Викид парникових газів (г CO_2-екв/кВт год)**
Вітрова	20
Гідроелектрична	33
Ядерна	35
Газового комбінованого циклу	$\approx$ 400
Вугільна	$\approx$1000

З поданих вище даних можна зробити висновок, що ядерна енергетика викидає приблизно таку ж кількість парникових газів, як і при використанні відновних джерел енергії, але набагато менше, ніж при використанні викопного палива: в 12 разів менше, ніж газові електростанції і майже в 30 разів менше від вугільних електростанцій. Більшість з викидів ядерної енергетики утворюється при видобуванні урану, його транспортуванні і збагаченні. Вказані процеси необхідні, щоб уран був придатний для використання як ядерне паливо. Викиди, які можуть утворитися при виведенні реактора з експлуатації, напевне, не враховані в цьому аналізу, бо практично вони будуть значно більші, ніж теоретично.

У деяких інших дослідженнях названі подібні цифри, в них викиди парникових газів від ядерної енергії вказані на рівні 30 - 60 г CO_2-екв./кВт год (IEA, 1994; CRIEPI, 1995). Новіші дослідження, проведені Storm van Leeuwen & Smith (2004) показали, що різниця в викидах між ядерними і газовими станціями набагато менша вказаних вище досліджень. Згідно з їх даними, виробництво ядерної енергії спричинює викиди лише в 3 рази менші, ніж сучасні газові електростанції. Ця цифра базована на багатих рудах, з вмістом урану понад 0,1%. Крім того, вони прогнозують швидке зменшення відсоткового вмісту урану в рудах, що призведе до значно більшого використання енергії. Викиди парникових газів від ядерної промисловості дуже сильно залежать від процентного вмісту урану в рудах, що використовуються в ядерному процесі, загальний середній вміст якого на даний момент приблизно 0,15%. (Canadian Nuclear, 2002, за Slingerland et al, 2004).

Скільки потрібно атомних електростанцій, щоб зменшити викиди?

Чи можна зменшити викиди від громадського енергетичного сектору (електроенергія і комбіноване виробництво електроенергії і тепла) при заміні викопного палива на ядерну енергію у великих масштабах?
І якщо так, то скільки нових електростанцій буде потрібно?

Макхіаджані (2002) визначив, що для того щоб помітно зменшити глобальну кількість викидів CO_2, потрібно побудувати 2000 великих нових ядерних реакторів по 1000 МВт кожний. Національна комісія з питань енергетики Сполучених Штатів визначила, що кількість американських реакторів повинна подвоїтися, а то й потроїтися протягом наступних 30 - 50 років. Це означає приблизно 300 - 400 нових реакторів, включаючи і ті, що вже відробили строк експлуатації і потребують заміни. (National Commission on Energy, 2004)

Ми порахували число нових атомних електростанцій, що будуть потрібні, щоб до 2012 року зменшити викиди від громадського сектору, відповідно до цілей Кіотського протоколу в ЄС-15 (ЄС до розширення з 15 країн). Хоч Протокол і не обумовлює сектори, в яких повинно відбутися зменшення викидів, ми рахували припускаючи, що кожен з секторів буде викидати частку від загальних викидів на теперішньому рівні. Це означає, що оскільки енергетичний сектор викидає 39% викидів, то і відповідати він повинен за скорочення 39 % викидів. (EarthTrends, 2003)

Якщо припустити, що виробництво електроенергії на атомних електростанціях спричиняє, непрямим чином, 35 г CO_2 -екв./кВт-год викидів (Öko Institute, 1997), то в ЄС-15 потрібно буде 72 **нових** атомних електростанції, в середньому по 500 МВт кожна. (За поясненнями щодо

розрахунків, будь ласка, звертайтеся до додатку 1). Вони повинні бути побудовані до завершення першого терміну зобов'язань 2008 - 2012рр. Не беручи до уваги кошти, які будуть потрібні для цього, малоймовірно, що технічно можливо збудувати стільки АЕС в такий короткий термін, якщо врахувати, що лише 15 нових реакторів збудовано за останні 20 років. (WISE, 2003) Крім того, з таким великим числом нових реакторів, світові запаси урану вичерпаються дуже швидко (див. главу 4).

Ядерна енергія і виробництво тепла

Суспільство потребує енергію не лише як електроенергію, але й як тепло. В середній французькій сім'ї, наприклад, дві третини енергії використовуються для опалення, а одна третина у вигляді електроенергії. (WWF, 2000) Коли викопне паливо згорає для виробництва електроенергії, побічним продуктом цього процесу є тепло. Традиційно, ця теплова енергія вважалася марною і тому ефективність електростанцій, що спалюють викопне паливо, низька. Проте, за останні декілька десятків років значне покращення відбулося на когенеративних електростанціях, що використовують викопне паливо. Тепер більша частина раніше марнованого тепла вловлюється і використовується у промисловості та у міському теплопостачанні. Ефективність на таких електростанціях може досягати 90%, порівняно з 35 - 55% на звичайних теплових електростанціях. (Field, 2000; WWF, 2000)

На скільки ефективна атомна електростанція порівняно з сучасною газовою когенеративною станцією? Öko Institute підрахував загальну кількість парникових газів при виробництві 1 кВт електроенергії і 2 кВт тепла різними енергетичними системами. Газова когенеративна станція звичайно виробляє третину електроенергії і дві третини теплової енергії. Отже, всі викиди в цій системі походять від когенеративної установки. У випадку з традиційною ядерною станцією, тепло виробляється іншим джерелом: Öko Institute для розрахунків використав систему центрального теплопостачання зі спалюванням нафтопродуктів. (Нафтопродукти вибрані тому, що пов'язана з ними кількість викидів є середньою між газом і вугіллям). Загальні викиди, у цьому випадку, будуть розраховані для 1 кВт електроенергії з атомної електростанції і 2 кВт теплової енергії з системи центрального теплопостачання. Результати показали, що загальні викиди із газової когенеративної станції приблизно такі ж, як і у прикладі з АЕС+центральне опалення. Тож, якби ми замінили старі теплоелектростанції на нові когенеративні системи, то на таку ж кількість виробленої електроенергії і тепла, викиди парникових газів від когенеративної системи були б близькими до викидів отриманих від виробництва електроенергії на АЕС плюс тепла на ТЕЦ.

Багато ядерних когенеративних станцій побудовано у Росії, Словаччині, Швейцарії і Канаді. (Federation of Electric Companies of Japan, 2000) Однак вони є винятком з правила. Хоч когенерація на атомних електростанціях можлива, цей метод використовується значно менше, ніж теплова когенерація, в основному тому, що ядерні станції звичайно розташовані далеко від населених пунктів. При транспортуванні тепла від станції до споживача велика його частина втрачається.

Викиди парникових газів у Франції

У 2003 році Франція виробляла 75% всієї електроенергії на атомних електростанціях. Ядерна промисловість любить використовувати Францію як яскравий приклад переваг ядерної енергії. Проте, викиди парникових газів у Франції у 2000р. все ще продовжували зростати, здебільшого через недостатній контроль за енергоспоживанням в інших секторах, наприклад, у транспорті. Крім того, дослідження майбутніх сценаріїв споживання і виробництва, розроблені спеціалістами Французької урядової агенції центрального планування не засвідчили видимого зв'язку між викидами CO_2 і ядерною енергетикою. Насправді, сценарій з найнижчими викидами парникових газів виявився не тим, де використовується найбільша кількість ядерної енергії, а тим, в якому ріст потреби в енергії мінімізовано. (Boisson, 1998 & Charpin et al., 2000) В іншому дослідженні було зроблено порівняння між інвестуванням у вітрову енергетику і в ядерну. Результати показали чітку перевагу вітрової енергетики. При таких же інвестиціях набагато більше енергії може бути вироблено за рахунок вітру. Крім того, при інвестиціях у вітрову енергетику буде створено більше робочих місць, ніж при інвестиціях у ядерну енергетику. (Bonduelle & Levevre, 2003)

4. Запаси урану

Як і викопне паливо, використання урану як палива не є необмеженим. Уран вичерпний ресурс. Хоч ядерна промисловість часто переконує нас в тому, що уран - багатющий продукт, (Ritch III, 2002) дані вказують на інше.

Наскільки великі запаси урану на планеті?
Відповідно до найновіших даних Агентства з ядерної енергетики (NEA) і Міжнародного агентства з атомної енергетики (IAEA) виявилось, що загальні доступні резерви урану складають 3,5 мільйона тонн: це стосується гарантованих і додаткових оціночних резервів, які можна добути за ціною менш, ніж $80/кг. (NEA & IAEA, 2004) Беручи до уваги, що сучасна потреба в урані складає близько 67 000 тонн на рік, світу вистачить його на 50 років. (WISE, 2003; NEA-IAEA, 2004; WNA, 2004c) Звичайно, загальні резерви урану набагато більші за ці. NEA та IAEA оцінили, що загальне число всіх доступних резервів нараховує близько 14,4 млн. тонн. Але ці резерви не лише

дуже дорогі для видобутку, а, отже, і економічно невигідні, та й якість урану дуже низька для промислового виробництва електроенергії. Велику частину рудників уже зараз майже вичерпано. Це стосується Намібії, Південної Африки, Казахстану та шахти Olympic Dam в Австралії.

Як кажуть захисники ядерної енергетики, є ще досить велика кількість урану у нетрадиційних місцях. Наприклад, уран знайдено в океанічній воді, але в концентрації 0,0000002%. (Storm van Leeuwen & Smith, 2004) Кошти на вилучення такого урану будуть величезними. Крім того, енергія, використана на його видобуток, буде більшою за ту, яку він виділить.

Якби ми замінили всю електроенергію, вироблену за рахунок згоряння викопного палива на електроенергію від ядерної енергетики, придатного для використання в реакторах урану вистачить лише на 3 - 4 роки. (O'Rourke, 2004; Storm van Leeuwen & Smith, 2004) Якщо б ми лише подвоїли використання ядерної енергетики, запасів урану вистачило б лише на 25 років. Тому будь-які потенційні переваги для клімату дуже тимчасові.

Реактори на швидких нейтронах з розширеним відтворенням пального
Протягом багатьох років ядерна промисловість запевняла, що реактори на швидких нейтронах значно продовжать життєвий цикл ядерної енергетики. Реактори на швидких нейтронах використовують плутоній з використаного ядерного палива як джерело нового палива. Плутоній є одним з найотруйніших елементів, що відомі людству; він не існує в природі і виробляється тільки штучно. При використанні і виробництві ядерного палива з плутонію можна створити замкнений цикл, який поклав би кінець залежності від вичерпних ресурсів урану. Проте, всупереч величезним інвестиціям і дослідженням протягом останніх десятків років, реактори на швидких нейтронах залишаються технологічно і економічно недієздатними. Ці реактори у Великобританії і Франції закрили через тривогу про їх безпеку, а серйозна аварія на станції Monju Fast Breeder в Японії 1995 року призвела до її повного закриття. (FOE, 1998) На даний час у світі немає у використанні комерційних реакторів на швидких нейтронах, а надія на їх швидкий і успішний розвиток скоро зникає.

5. Економіка ядерної енергетики

У цій секції розглядатимуться два питання: чи є ядерна енергетика фінансово вигідною і чи може ядерна енергія допомогти зменшити викиди парникових газів економічно ефективним способом.

Чи є ядерна енергія економічно вигідною?

У 1970р. ядерна енергія вартувала на половину менше, ніж електроенергія з вугільних станцій: до 1990 ядерна енергія стала коштувати в два рази більше

енергії вугільних станцій. (Slingerland et al, 2004) Сьогодні ядерна енергія коштує $0,05 - $0,07 за 1 кВт.год., що робить її, в середньому, у 2 - 4 рази дорожчою, ніж електроенергія теплових станцій.

Порівняно з деякими сучасними відновлюваними джерелами, ядерна енергія має різносторонні успіхи: наприклад, вона дорожча від вітрової енергії, така ж за ціною як гідроелектрична енергія і електроенергія від когенерації газу, отриманого з деревини, та дешевша від електроенергії, отриманої від сонячних батарей. (Öko Institute, 1997) Однак, ціна ядерної енергії росте, а ціна енергії відновлюваних ресурсів різко падає, оскільки вони відносно нові і постійно відбувається швидкий прогрес у зменшенні їх ціни і збільшенні ефективності. У випадку з ядерною енергією ціни ростуть і будуть продовжувати рости у найближчому майбутньому. Це відбувається частково тому, що ядерна промисловість дуже субсидувалася урядами в минулому, а також завдяки тому, що деякі кошти були виключені із ціни електроенергії та оплачувалися платниками податків. Ми всі платимо за використання ядерної енергії. Наприклад:

Зняття станцій з експлуатації: не багато ядерних установок було знято з експлуатації дотепер. Але в найближчі роки термін експлуатації багатьох з них завершиться і вони будуть закриті. Досвід США і інших країн показав, наскільки дорогий цей процес. Наприклад, очікувалося, що зняття з експлуатації реактора Yankee Rowe у штаті Масачусетс коштуватиме $120 млн., а насправді коштувало $420млн. (GAO, 2003) Витрати такі великі тому, що значна частина будівель радіоактивна і може бути розібрана тільки роботами. Ці радіоактивні матеріали повинні також бути переміщені і захоронені за особливих умов.

Фінансові зобов'язання: закон Прайса-Андерсона у США обмежує грошові зобов'язання ядерної промисловості при можливій аварії до $9,1мільярдів. Це менше, ніж 2% від $560 мільярдів збитків, які можуть бути завдані серйозною аварією. Таку суму підрахували американські федеральні дослідники наслідків ядерної катастрофи на станції Three Mile Island у 1979. Інші 98% буде оплачено урядом. Якби ядерній промисловості прийшлося б взяти на себе всю фінансову відповідальність за ядерні аварії, то ціна страховки була б величезною, а ціна ядерної енергії значно б зросла. (Mechtenberg-Berrigan, 2003) Паризька конвенція по грошових зобов'язаннях перед третьою стороною встановлює максимальні грошові зобов'язання для операторів атомних станцій у 15 країнах Європейського Союзу. І хоча сума зобов'язань зросла у 2004р. до 700 млн. євро, (NEA, 2004) ця сума виявиться незначною у випадку ядерної аварії.

Ринок сам вказує, що ядерна енергія є фінансово невигідною. Коли у Великобританії почалася лібералізація та приватизація енергетичних ринків,

повна ціна ядерної енергії стала більш відкритою. Компанії були не готові до інвестицій в цю галузь енергетичного сектора, бо вона не може бути конкурентоспроможною без урядових субсидій. (FOE, 1998) Навіть у Франції, де ядерна енергія нараховує 75% від загального виробництва електроенергії, було відмічено, що ядерна енергія набагато дорожча енергії ефективних теплових станцій. (Makhijani, 2002)

Зменшення парникових газів економічно сприятливим шляхом

З погляду на зміни клімату, важливо знати, що вартість зменшення викидів парникових газів пов'язана з багатьма чинниками, такими як різні джерела енергії, різні рівні ефективності її використання кінцевими споживачами і ін. Ці кошти часто розглядаються як такі, що направлені на зниження викидів CO_2. Це скільки коштує зменшення викидів парникових газів на певну кількість (наприклад на 1 тонну) в порівнянні з базовим варіантом, звичайно, вугіллям.

Öko Institute підрахував вартість скорочення викидів на 1 тонну CO_2 порівняно з тепловими вугільними електростанціями в Німеччині. Результати на рис. 1.

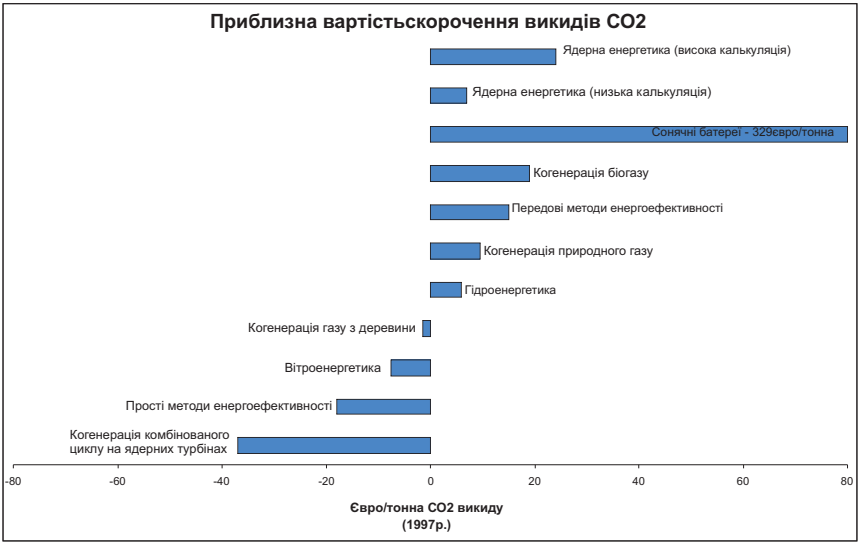

Рис. 1: Вартість скорочення викидів CO_2 для різних електроенергетичних систем (на основі даних Öko Institute, 1997р.)

Як бачимо, зменшення викидів CO_2 може мати вартість, меншу базової, при залученні когенерації комбінованого циклу на газових турбінах, вітру, когенерації при використанні газу, отриманого з деревини і простого енергозбереження. Ядерна енергетика має вартість, більшу базової, для

зменшення викидів CO_2 приблизно на тому ж рівні, як і нові гідроелектростанції, газова когенерація, передові методи енергозбереження і когенерація біогазу. Отже, є багато ефективних альтернатив з використанням відновних джерел та викопного палива щодо використання ядерної енергетики, щоб зменшити вартість скорочення викидів парникових газів.

6. Варіанти з використанням відновлюваних джерел енергії

Виробництво електроенергії призводить лише до 9% щорічних штучних викидів парникових газів. Потрібно знайти шляхи, щоб зменшити викиди з усього енергетичного сектора. В цьому розділі ми коротко розкажемо про деякі альтернативи, за допомогою яких людство зможе задовольнити свої потреби в енергії економічно і екологічно найсприятливішим способом.

Усталений і є найбільш ефективний

Є сотні шляхів зменшення викидів парникових газів в енергетичному секторі. Декілька прикладів подано нижче, проте цей список не є вичерпним:
- відновлювальні джерела енергії (вітер, сонце, геотермальні джерела, вода, біомаса, енергія відпливів та припливів тощо);
- чистіше використання викопного палива;
- збільшення податку на викиди CO_2;
- ізоляція викидів CO_2 (зберігання викидів від експлуатації енергетичних станцій);
- покращення енергозбереження.

Численні дослідження показали, що єдиним найефективнішим методом зменшення викидів є скорочення потреб у енергії. (Marignac & Schneider, 2001) Багато енергії можна зберегти завдяки проектуванню більш досконалої електроніки або за рахунок кращого регулювання температур у приміщеннях. Це є очевидним, проте, на жаль, про це дуже часто забувають, приймаючи політичні рішення. На жаль, так відбувається у найбільш енергоспоживаючій країні в світі США. Типові погляди теперішньої адміністрації на енергетичну політику у висловлюванні віце-президента Діка Чейні: “Збереження може стати ознакою особистої сили, але воно не є достатньою основою для змістовної всесторонньої енергетичної політики”. (цитовано з Cunningham et al, 2003, ст.469)

Китай може перестрибнути Америку як найбільшого виробника парникових газів (при рівні 21%) до 2025 року, якщо теперішні моделі їх розвитку не будуть змінені. (WWF, 2004) Хоч і найбільша програма розвитку ядерної енергетики розпочалася, це не допоможе Китаю

вирішити проблему надлишкового внеску парникових газів Китаєм. Китай має багато дешевого вугілля і газу, тому повною ілюзією є думка, що розвиток ядерної енергетики приведе до скорочення використання вугілля Китаєм. Найбільшим викликом буде скорочення величезних потреб споживачів за допомогою переходу на відновлювальні джерела, такі як сонце чи вітер, і збільшенні ефективності у споживанні енергії.

Чи здатна усталена енергетика задовольнити наші потреби?
Загальна світова потреба у енергії складає менше 0,1% енергії, яку ми отримуємо від Сонця щороку. На даний момент місця, де можна використовувати сонячну енергію ефективно, обмежені, та це лише вказує на широкий потенціал відновлюваних джерел. Швидше за все, використання відновлюваних джерел відчутно зросте в сприятливому економічному середовищі та коли урядовці поставлять амбіційні, але реалістичні цілі. В деяких країнах, наприклад Німеччині, наукова спільнота в важливих дослідженнях оперує амбіційною ціллю отримувати 46% від всієї потреби в енергії з відновлюваних джерел енергії до 2050 року. (Johansson et al, 2004)

Відновлювальні джерела мають багато переваг: вони не лише не виділяють парникових газів, але й створюють різноманітність на енергетичному ринку; а ще зменшать залежність від специфічних джерел енергії і збільшать безпеку постачання; можуть забезпечити довготривалу стійкість енергетичних систем; через їх маломасштабність, можуть використовуватися у сільських місцевостях та менш розвинутих країнах, де немає ліній газо- та електропередач.

За середній термін можна забезпечити усі світові потреби в енергії через відновлювані джерела, що використовують сучасні технології (навіть якщо не зважати на можливість їх ще більшого розвитку в майбутньому). Цей сценарій описується в трьох різних дослідженнях, упорядкованих відповідно Спілкою занепокоєних науковців у США (Union of Concerned Scientists, 1978); Міжнародним інститутом аналізу прикладних систем в Європі (The International Institute for Applied Sestems Analysis for Europe, 1981); Комісією досліджень Бундестагу Німеччини (Enquete Commission of German Bundestag, 2002). Хоч і ні одне з досліджень не було серйозно спростоване, вони всі були зігноровані традиційними експертами.

Технологія може забезпечити наші потреби в енергії через відновлювальні ресурси і, таким чином, на багато зменшити викиди парникових газів. Та в минулому нові енергетичні системи не були впроваджені через високі фінансові затрати. Зараз виявляється, що ті ціни були не такими вже й високими.

Ціна варіантів, що використовують відновлювані джерела енергії
Незважаючи на поширені аргументи, ніби альтернативні джерела і технології по збереженню енергії є економічно невигідними, більшість досліджень

показують, що це далеко не так. У 1997 році у доповіді Американського департаменту з енергетики, відзначається, що викиди CO_2 в США можуть бути знижені до рівня 1990 року терміном до 2010 без використання додаткових коштів, а лише за рахунок збільшення енергоефективності та зменшення потреб. (FOE, 1998) Звіт Світової ради з енергетики в цьому ж році підтвердив, що збільшення енергоефективності є значним, найбільш безпосереднім і найбільш ефективним у фінансовому плані шляхом до зменшення викидів парникових газів. (WWF, 2000)

Крім того, ціни на відновлювальні джерела падають дуже швидко: за останні 10 років ціна 1 кВт.год електроенергії від вітрової турбіни впала на 50%, а від сонячних батарей - до 30%. (NEA, 2001) Очікується, що ціни на відновлювальні джерела будуть продовжувати падати зі збільшенням кількості досліджень та набуттям досвіду роботи з цими технологіями.

Найцікавішим є той факт, що зараз ціни на відновлювальні джерела падають, а ціни на ядерну енергетику збільшуються незважаючи на те, що ядерна енергетика багато субсидується протягом останніх 50-ти років. Дані свідчать, що до сьогодні ядерна промисловість отримала підтримку від держави у сумі приблизно 1 трильона доларів США, а відновлювані ресурси 50 мільярдів доларів США. (Scheer, 2004) Якби такі величезні інвестиції вкладалися в відновлювальні джерела, то відновлювальні джерела давали б зараз величезну кількість енергії. Беручи до уваги той факт, що ядерна енергія може лише тимчасово і частково зменшити викиди парникових газів, зрозуміло, що інвестувати такі величезні суми в розвиток ядерної промисловості неефективно, в той час, коли інвестиції в справді тривалі і екологічно стійкі енергетичні альтернативи були б більш доцільними.

7. Інші проблеми, пов'язані з ядерною енергетикою

Дотепер у цьому звіті ми говорили лише про те, що ядерна енергетика може відігравати лише дуже обмежену роль у скороченні викидів парникових газів і у будь-якому випадку потенційні скорочення викидів будуть лише тимчасовими. Ядерна енергія дуже дорога і, крім того, є багато альтернатив, які можуть скоротити викиди CO_2 більш ефективно, на необмежений період і за менші кошти. Проте, дехто висловлює думку, що проблема зміни клімату є настільки важливою, що потрібно залучати всі можливі методи, щоб зменшити викиди парникових газів, не беручи до уваги їх вартості.

Існує так багато інших серйозних проблем, пов'язаних з ядерною енергетикою, що невеличкі тимчасові вигоди дуже незначні, особливо якщо взяти до уваги проблеми, що вони створюють. Ці проблеми існували з часу введення ядерної енергетики в дію і досі ще не вирішені. Малоймовірно, що

вони будуть вирішені за короткий час. У цьому розділі ми висвітлюємо 4 головні проблеми: зберігання радіоактивних відходів, безпека, виробництво ядерної зброї, тероризм і здоров'я.

Зберігання радіоактивних відходів

Однією з найбільш серйозних і невідкладних проблем ядерної енергетики є питання, а що ж робити з радіоактивними відходами. Прихильники ядерної енергетики вважають, що радіоактивні відходи не головна проблема, бо їх кількість мала. Хоч це і може бути правдою лише у порівнянні з тепловими вугільними станціями, та все ж під час ядерного процесу створюється величезна кількість відходів. Для прикладу, виробництво 1000 тонн уранового пального утворює 100 000 тонн хвостових відходів і 3,5 млн. літрів рідких відходів. (Cunningham et al, 2003) Кількість утвореного осаду приблизно така ж як і подрібеної руди. Щоб отримати 0,1% урану, 99,9% добутого матеріалу відкидається. Оскільки такі довгоживучі ізотопи, як торій-320 і радій-226, залишаються не відділеними, осад має 85% радіоактивності руди. Крім того, осад містить в собі важкі метали і інші складові, такі як миш'як і хімічні реагенти, що застосовуються при подрібненні.

Все ж, об'єм радіоактивних відходів - не найбільша проблема, що пов'язана з радіоактивними відходами. Найважливішим є те, що високорадіоактивні відходи залишаються небезпечними протягом щонайменше 240 000 років. (Greenpeace, 2004) Після півстолітніх досліджень, так і не знайдено задовільних рішень для цієї проблеми. Найбільш пропонованим є будівництво підземних сховищ для довготривалого зберігання відходів. У 1987 році Департамент енергетики США оголосив плани побудови такого сховища у Yucca Mountain у Неваді. За цим планом, високорадіоактивні відходи будуть закопані глибоко у землю, де, як експерти сподіваються, вони не матимуть контакту з підземними водами та не будуть відчувати впливу землетрусів. (Cunningham et al, 2003) Беручи до уваги період в сотні і тисячі років, неможливо передбачити, чи буде ця територія залишатися сухою та геологічно стабільною.

Крім того, важко уявити вартість моніторингу та ремонтних робіт протягом такого терміну, а нові покоління протягом наступних сотень і тисяч років розплачуватимуться за те, що наше покоління декілька років отримувало електроенергію. Побудова сховища Yucca Mountain в США спровокувала справедливий громадський гнів і проект все ще може не відбутися. Подібні проблеми по всьому світу і призвели до того, що на сьогодні немає завершеного сховища, яке б працювало.

Протягом останніх років дослідники працюють над технологіями

скорочення радіоактивності і періоду розпаду радіоактивних відходів так званого *трансмутаційного* процесу. Таке скорочення часто оптимістично пророкується стати майбутнім рішенням проблеми відходів, однак немає гарантії, що ці дослідження будуть вдалими, а якщо і будуть, то кошти потрібні величезні. Радіоактивні відходи містять багато різних видів радіоактивних ізотопів, які окремо потрібно відділити, а потім окремо трансмутувати, щоб знизити період розпаду радіоактивності цих ізотопів. Це неможливо зробити для всіх ізотопів, і не всі ізотопи можна відділити. Для цього потрібні будуть нові технології переробки і нові заводи. На даний момент тільки плутоній та уран відокремлюються під час переробки. Для використання цих нових технологій необхідне буде широке поширення реакторів на швидких нейтронах або інших передових реакторів, на які витратять мільярди доларів і багато десятків років. І зрозуміло, що ці технології можна буде використовувати лише для майбутнього відпрацьованого ядерного пального, а не для вже виробленого об'єму ядерних відходів. (WISE, 1998)

Інші так звані рішення, які пропонуються, включають в себе: захоронення відходів у каналах на дні океанів, відправляти відходи у космос або залишати їх на станціях, аж доти, поки в майбутньому з'являться ідеї, що з ними робити. Останній метод найпопулярніший зараз.

Безпека

Незважаючи на твердження, що ядерна промисловість має “найвищу оцінку” безпеки (WNA, 2004a), і “безгрішну безпечну технологію” (Ritch III, 2002), історія знає багато прикладів ядерних аварій та близьких до них подій. Наприклад в Windscale (Великобританія) в 1957р., в Челябінську-40 (Росія) в 1957/8рр., Brown's Ferry (Алабама, США) в 1975р., Three Mile Island (Пенсільванія, США) 1978р. та Чорнобилі (Україна) в 1986р. Відмічається деякий прогрес в покращенні стандартів безпеки, проте реактори ніколи не можуть бути повністю безпечними і проблеми залишаються.

У 1995р., витік натрію в реакторі на швидких нейтронах в Monju в Японії призвів до його закриття і ще раз підтвердив страхи про безпеку в ядерній промисловості. Не так давно, в 2002р., ледь вдалося відвернути аварію на реакторі Davis-Besse в Огайо, США. Сталь в покришці реактора була проколота і ще б четвертина дюйма і відбулося б катастрофічне плавлення; за декілька років до цього інциденту реактор отримав бездоганну оцінку безпеки. (Mechtenberg-Berrigan, 2003) Через проблеми з охолодженням у Франції протягом тривалої хвилі тепла влітку 2003 року, інженери доповіли уряду, що вони не можуть більше гарантувати безпеку 58 ядерних електростанцій країни. (Duval Smith, 2003) Це особливо важливо, оскільки свідчить про те, що виробництво ядерної енергії стане ще менш безпечним,

коли теплові хвилі почастішають через зміни клімату.

Крім можливих технічних недоліків, людські помилки ніколи не можна виключати. Цей ризик зростатиме із розвитком приватизації і дерегуляції енергетичного ринку, що заставляє операторів ядерних станцій збільшувати їх продуктивність, зменшуючи при цьому витрати коштів. Для ядерної енергії набагато важче зменшувати вартість, тому що їхні витрати прораховані і зафіксовані: вартість будівництва складає 75% від загальної вартості (порівняйте з 25% загальної вартості, що йде на будівництво у газових електростанціях). Отже, вся економія коштів має йти від 25% ціни на електрику, тобто від збільшення ефективності і зменшення персоналу. (Greenpeace & WiSE, 2001) У США значна економія коштів була досягнута скороченням 26 тисяч робітників за останні 8 років. Зменшення кількості робочої сили викликає стурбованість щодо безпеки.

Виробництво ядерної зброї і тероризм

Одним з побічних продуктів більшості ядерних реакторів є плутоній - 239, який може використовуватись для виготовлення ядерної зброї. Міжнародний договір про нерозповсюдження ядерної зброї має на меті попередити поширення ядерної зброї, але деякі країни з ядерним потенціалом, включаючи Індію, Пакистан та Ізраїль, не є членами Договору. Хоча більшість країн стверджують про їх строге відокремлення виробництва ядерної енергії і військове використання плутонію, не слід забувати, що плутоній може бути використаний для виробництва ядерної зброї. Відповідно до Міжурядової групи експертів зі змін клімату ООН, загроза безпеці була б “колосальною”, якби ядерна енергія використовувалася б інтенсивно для протидії зміні клімату. Згідно з Договором про нерозповсюдження ядерної зброї, повністю законним є отримання усіх необхідних технологій і матеріалів, а тоді відійти від договору до рішення і оголошення бажання про виробництво ядерної зброї.

Ядерні споруди можуть також стати ціллю терористичних атак: численні дослідження, які проводилися починаючи з 2001 після нападу на Нью-Йорк, виявили що ядерні станції є об'єктами великого ризику щодо терористичних нападів. (Coeytaux & Margnac, 2003; Oxford Research Group, 2003) Крім того, радіоактивні матеріали можуть використовуватися терористами для створення “брудних бомб”.

Здоров'я

У випадку ядерної аварії турботи про вплив на здоров'я очевидні. Вплив викидів радіоактивних речовин призводить до підвищеного ризику генетичних хвороб, раку і лейкемії. В деяких областях Білорусії, наприклад, повідомляють про збільшення захворюваності на рак щитовидної залози у

дітей до 100 разів, ніж перед Чорнобильською аварією. (UN-IHA, 2004)

Проте, є і ризики для здоров'я, пов'язані зі звичайним виробництвом ядерної енергії. Працівники атомних станцій зазнають впливу малих рівнів радіації. Відповідно до досліджень Університету Каліфорнії (дослідження проводились на ядерній установці в Rocketdyne Департаменту енергетики США), ризик впливу низькорадіоактивних відходів на працівників в 6 - 8 разів вищий, ніж до цього вважалося. Слід пам'ятати, що немає межі безпеки. Будь-яка кількість радіації може викликати серйозні порушення здоров'я.

Висновки

В контексті міжнародних переговорів зі змін клімату, ядерна промисловість намагається описати ядерну енергію як найбільш ефективний шлях вирішення кліматичної проблеми. Але такі претензії не мають підстав. Ядерна енергія є ні ефективною, ні необхідною, не є усталеним джерелом і створює проблеми, які суспільство не може вирішити.

1. Трошки менше - не досить.
При обстеженні різних стадій ядерного процесу виявляється, що ядерна енергетика, непрямим чином, виділяє парникові гази. Набагато менші, ніж при виробництві енергії, використовуючи нафту і вугілля, але не набагато менші ніж при використанні газу, і відчутно більші, ніж при виробництві електроенергії відновлювальними джерелами енергії, такими як сонце і вітер. Фактор викидів від ядерної енергетики скоро зросте, через зменшення вмісту урану, що можна видобути з руди. Тому більше енергії буде потрібно для видобування та збагачування урану, ніж використання його в ядерній енергетиці.

2. Електроенергія маленька причина кліматичних проблем.
Виробництво електроенергії відповідає лише за 9% від загальної кількості викидів парникових газів і ядерна енергетика може виробляти лише електроенергію. Для вирішення кліматичної проблеми, як знову і знову показують дослідження, потрібно переглянути потреби в енергії. Менше треба марнувати і більше розвивати усталені джерела енергії.

3. Гроші можна потратити лише раз.
Витрати на ядерну енергетику величезні, хоч це і не відображено в ціні на електроенергію, бо багато витрат фінансується суспільством у формі урядових субсидій. Якби ядерна промисловість сама платила за реальне страхування і за зняття станції з експлуатації, тоді ядерна енергія була б дорожчим джерелом енергії. Тим часом ціни на усталену енергетику падають. Якщо нам треба вибрати, куди інвестувати гроші, то уряди і суспільство повинні вкладати більше в розвиток відновної енергетики і зменшення потреб в енергії.

4. Ядерна енергія - ні ефективна, ні безмежна.
Уранові ресурси є вичерпними і ця проблема з паливом не може бути вирішена за рахунок технології реактора на швидких нейтронах, бо навіть після десятиріч досліджень, такі реактори є економічно і технологічно невигідними. Крім того, плутоній, що є паливом для такого типу реакторів, особливо отруйний і небезпечний, а також є основою для ядерної зброї.

5. Роки невдач не гарантують успіху в майбутньому.
Ще й досі немає ідей, що робити з дуже небезпечними радіоактивними відходами. Справжньою проблемою є не об'єм відходів, а рівень довготривалої небезпеки. Захисники ядерної енергетики вказують на дослідження технологій, що зменшать період напіврозпаду радіоактивних речовин, але їх шанси на успіх слабкі. Крім того, ці технології можуть використовуватись лише для новостворених радіоактивних відходів, а не для вже існуючих.

6. Це можна зробити по-іншому.
Ядерна енергетика - неефективний і небезпечний шлях протистояти змінам клімату. Ще можна додати, що це проблеми з ядерними відходами, ризиком безпеки, ризиком здоров'я для працівників, ризиком виробництва ядерної зброї та тероризмом. Є й інші можливості. Ми маємо досить технічних знань для виведення відновної енергетики на вищий рівень та для попередження марнування енергії. Чого нам не вистачає, так це політичної волі, щоб інвестувати в ці методи попередження змін клімату. Але потрібно це починати робити і якнайшвидше. Зміни клімату вже завдають багато шкоди як фінансової, так і соціальної та екологічної. Ми не можемо дозволити собі зігнорувати це!

	Одиниця виміру	ЄС-15	Джерело інформації
Поточний річний викид CO_2 всіма секторами (дані 2002р.)	г	$3,22x10^{15}$	EEA (2004)
Базовий викид CO_2 всіма секторами (1990р.)	г	$3,23x10^{15}$	EEA (2004)
Плановий викид CO_2 від усіх секторів, задекларований у Кіотському протоколі	г	$2,97x10^{15}$	EEA (2004)
Віддаленість поточних викидів CO_2 від планових: всі сектори (поточний викид – планований викид)	г/рік	$2,46x10^{14}$	
Поточний викид CO_2 від сектору електричної енергії (всі виробники електроенергії)	г/квт-год	378	WRI (2004) & MIT (2003)
Непрямі викиди CO_2 від ядерної енергетики	г/квт-год	35	Oko (1997)
Зниження викидів на 1 кВт-год яденою енергетикою (викиди від всього електроенергетичного сектору – викиди від ядерної енергетики)	г/квт-год	343	
Внесок у загальний викид CO_2 від державного енергогенеруючого сектору	%	39	EarthTrends (2003)
Електроенергія від ядерних електростанцій, яка необхідна для досягнення загального зниження викиду CO_2, згідно Кіотського протоколу	квт-год/рік	$7,25x10^{11}$	
Кількість електроенергії від АЕС, яка необхідна для досягнення зниження викиду CO_2 державним енергогенеруючим сектором, згідно Кіотського протоколу (39% від загального в ЄС-15)	квт-год/рік	$1,88x10^{11}$	
Кількість 500 МВт ядерних блоків, які потрібні для вказаного зниження CO_2	**блоки**	**72**	

Мета ЄС-15: 8% зниження порівняно з 1990 р. до 2008 - 2012р.р.

Припущення

Певна кількість припущень була зроблена, щоб визначити яка кількість ядерних блоків буде потрібна. По-перше, ми припустили, що від нашого часу і до 2012 року викид на кВт-год та загальне споживання електроенергії не зміниться (тобто, ми допустили, що комунальне споживання енергії не знизиться і не зросте, і що інших технологій зі зниження викидів не буде додано). Дані по поточних викидах базуються на даних 2002 року, оскільки це останні доступні дані. По-друге, ми припустили, що кожна кВт-год електроенергії, виробленої новим атомним блоком, замінить одну кВт-год, вироблену іншими джерелами пропорційно скороченню відповідно до структури паливного балансу. По-третє, ми припустили, що будь-які нові блоки працюватимуть на 89,6% потужності, оскільки це поточна середня потужність атомних станцій в США (NEI, 2004). Через все вищенаведене оцінка кількості необхідних блоків є оціночною.

Література:

A
Atom's Amok (2004) http://binky.thinkquest.nl/~ll120/power.php?show=12, cited 05 September 2004.

Boisson, P. (1998) *Energie 2010-2020 - Rapport plénier*. Paris: Commissariat Général du Plan.

Bonduelle & Levevre (2003). *Éole ou Pluton?* Paris, DETENTE.

Charpin, J.M., Dessus, B. & Pellat, R. (2000) *Economic Forecast Study of the Nuclear Power Option*. Paris: Commissariat Général du Plan.

CRIEPI (1995) *Comparison of* CO2 *Emission Factors between Process Analysis and I/O Analysis*. Working document prepared for IAEA, Tokyo.

Coeytaux & Marignac (2003) *The Unbearable Risk - Proliferation, Terrorist Threats and the Plutonium Industry*. WISE-Paris, 2003.

Cunningham, W.P., Cunningham, M.A. & Saigo, B.W. (2003) *Environmental Science. A Global Concern*. New York: McGraw Hill.

Duval Smith, A. (2003) Over-heated Nukes Fail the Climate Change Test, *The Saskatchewan Environmental Society Newsletter*, Sept/Oct 2003, p.6.

EarthTrends (2003) EarthTrends Country Profiles. Climate and Atmosphere. Netherlands, http://earthtrends.wri.org/pdf_library/country_profiles/Cli_cou_528.pdf, cited 30 January 2005.

ECN (1998) *Mogelijkheden voor* CO2*-reductie in 2020.* Petten, The Netherlands: ECN.

EEA (2004a) *Impacts of Europe's changing climate. An indicator-based assessment*. EEA report nr. 2/2004.

EEA (2004b) *Annual European community greenhouse gas inventory 1990-2002 and inventory report 2004*. Submission to the UNFCCC Secretariat. EEA technical report.

Export info (2004), cited 18 January 2005.

Federation of Electric Power Companies of Japan (2000) *Comments on the World Wide Fund for Nature's Report, "Climate Change and Nuclear Power"* http://www.japannuclear.com/files/Comments%20on%20the%20World%20Wide%20Fund%20for%20Nature%20Report%20%282000%29.pdf, cited 16 November 2004.

Field, S. (2000) Nuclear Power is No Answer to Global Warming, On the Watch, *The New England Coalition on Nuclear Pollution Newsletter*, 2000/3, pp.3-6.

FOE (1998) Nuclear power is no solution to climate change: exploring the myths, *The Safe Energy Bulletin*, 115, Climate Change Briefing.

GAO (2003) *Nuclear Regulation: NRC Needs More Effective Analysis to Ensure Accumulation of Funds to Decommission Nuclear Power Plants* GAO-04-32 http://www.gao.gov/docdblite/details.php?rptno=GAO-04-32

Greenpeace (2001) *Dangerous Interference with the Climate System: Implications of the IPCC Third Assessment Report for Article 2 of the Climate Convention*. Greenpeace Briefing Paper, Sixth Session (Part 2) of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 16-27 July 2001, Bonn, Germany. Amsterdam: Greenpeace International.

Greenpeace & WISE (2001). World Nuclear Industry Status Report 2001. Unpublished paper.

Greenpeace (2004) *Kernenergie - kernwapens*, www.greenpeace.nl/campaigns/intro?campaign_id=4537#B2 cited 22 October 2004.

Groenlinks (2000) *Schone Schijn. Hoe clean is kernenergie*. Utrecht, The Netherlands: Stichting Groenlinks in de Europese Unie).

Hodgson, P. & Maignac, Y. (2001) Is Nuclear Power a Viable Solution to Climate Change? Debate, *The Ecologist*, 31(7), 20-23.

Houghton, J.T. (1994) *Global Warming: The Complete Briefing*. Oxford: Lion.

IAEA (2000) *Nuclear Power for Greenhouse Gas Mitigation*. Vienna: IAEA.

IEA (1994) *Energy and the Environment, Transport Systems Responses in the OECD - Greenhouse Gas Emissions and Road Transport Technology*. Paris: IEA.

IEA (1998) *Nuclear Power. Sustainability, Climate Change and Competition.* Paris: IEAOECD.

IEA (2002) *World Energy Outlook.* Paris: IEA.

IPCC (2001a) *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Technical Summary.* Geneva: IPCC.

IPCC (2001b) *Climate Change 2001: The Impacts, Adaptation & Vulnerability. Technical Summary.* Geneva: IPCC.

Johansson et.al (2004) *The Potentials of Renewable Energy*. Thematic Background Paper. International Conference for Renewable Energies, Bonn.

Kidd, S. (1998) *Uranium Resources, Sustainability and Environment*. 17th WEC Congress Papers, Houston, USA, 13-18 September 1998, http://worldenergy.org/wecgeis/publications/default/tech_papers/17th_congress/3_2_12.asp#Heading8, cited 22 October 2004.

Makhijani, A. (2002) Nuclear Power: No Answer to Global Climate Change, *Nukewatch Pathfinder*, Autumn 2002, p.6.

Marignac, Y. & Schneider, M. (2001) Towards a World Energy Efficiency Link (WEEL), in Pink, A. (Ed.) *Sustainable Development International*. London: ICG Publishing.

Mechtenberg-Berrigan, M. (2003) Deadly Deceit: Debunking the Myths of Nuclear Power, *Nukewatch Pathfinder*, Spring 2004, pp.4-5.

MIT (2003) *The Future of Nuclear Power. An Interdisciplinary MIT Study. Glossary and Appendices*. Cambridge, USA: MIT cited 18 January 2005.

METI (2004) Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan *CDM in the Post-Kyoto Regime* http://www.meti.go.jp/english/policy/c_main_environment.html#2

National Commission on Energy (2004). *Ending the Energy Stalemate*. Washington, NCE.

N-Base (2002) 'Nuclear Needed', *N-Base Briefing*, 316, 9 March 2002.

NEA (2001) *Activities on Climate Technology: Inventory for Nuclear Generation*. http://www.nea.fr/html/ndd/climate/acting.html cited 12 October 2004.

NEA (2002) *Nuclear Energy and the Kyoto Protocol*. Paris: OECD.

NEA (2004) *Revised Nuclear Third Party Liability Conventions improve victims' rights to compensation*. Press communiqué, http://www.nea.fr/html/general/press/2004/2004-01.html, cited 13 February 2004.

NEA-IAEA (2004) *Uranium 2003: Resources, Production and Demand*. Paris: OECD.

NEI (2004) US *Capacity Factors by Fuel Type*, cited 18 January 2005.

Öko-Institute (1997) *Comparing Greenhouse-Gas Emissions and Abatement Costs of Nuclear and Alternative Energy Options from a Life-Cycle Perspective*. Paper presented at the CNIC Conference on Nuclear Energy and Greenhouse-Gas Emissions, Tokyo, November 1997. http://www.oeko.de/service/gemis/files/info/nuke_co2_en.pdf cited 12 October 2004.

O'Rourke, B. (2004) *As Global Warming Accelerates, Is It Time For Nuclear Power To Come In From The Cold?* http://truthnews.com/world/2004070151.htm cited 22 October 2004.

Oxford Research Group (2003) *Nuclear Terrorism in Britain: Risks and Realities*. Current Decisions Reports no.27.

Point Carbon (2004) *Italy calls for use of nuclear to fight global climate change*. www.pointcarbon.com 29.11.04

Ritch III, J. (2002) Nuclear Energy at a Moment of Truth. Six Reasons Behind the Case for Nuclear Power, *IAEA Bulletin*, 44(2), pp. 30-37.

Scheer, H. (2004) *Nuclear Energy Belongs in the Technology Museum*. WRCE Update September 19 2004, http://www.world-council-for-renewable-energy.org/downloads/WCRE_Update_190904.pdf, cited 22 October 2004.

Schneider & Froggatt (2004) *World Nuclear Industry Status Report 2004*, Brussels: Greens/EFA Group in the European Parliament.

Slingerland, S., Bello, Q, Davidson, M., Loo, van, K., Rooijers, F. & Sevenster, M. (2004) *Het nucleaire landschap. Verkenning van feiten en meningen over kernenergie*. Working document 94. The Hague: Rathenau Institute.

Storm van Leeuwen, J.W. & Smith, P. (2004) *Can nuclear power provide energy for the future: would it solve the CO2 emission problem?* http://beheer.oprit.rug.nl/deenen/Nuclear_sustainability_rev3.doc cited 12 October 2004.

Turkenburg, W.C. (2000) Renewable energy technologies, in UNDP (Ed.) *World Energy Assessment. Energy and the Challenge of Sustainability*. New York: UNDP.

UIC (2001a) Life cycle CO2 emissions, *UIC Newsletter*, 5 October 2001, p.2.

UIC (2001b) *Sustainable Energy - Uranium, Electricity and Greenhouse*, http://www.uic.com.au/ueg.htm cited 12 October 2004.

UN-IHA 896 *Press release*, 26 April 2004

VROM (2004) *Dutch Climate Policy*. http://www.vrom.nl/international cited 06 September 2004.

WISE (1998) Partitioning and transmutation: a hype. In: *WISE News Communiqué 503*. 4 December 1998.

WISE (2003) *Kernenergie als oplossing voor het klimaatprobleem?* Amsterdam: WISE.

WNA (2004a) *The environment needs nuclear*. http://www.world-nuclear.org/pdf/The_Environment_Needs_Nuclear.pdf cited 12 October 2004.

WNA (2004b) Prime Minister Tony Blair indicated that the government was reconsidering the possible construction of new nuclear power reactors, *WNA News Briefing*, 04.28, p.2.

WNA (2004c) *Supply of Uranium*, http://www.world-nuclear.org/info/inf75.htm, cited 22 October 2004.

WRI (2004) *Indirect CO2 Emissions from Use of Electricity*, cited 18 January 2005

WWF (2000) *Climate Change and Nuclear Policy*. Gland, Switzerland: WWF.

WWF (2004) *WWF China's climate and energy program*, http://www.wwfchina.org/english/loca.php?loca=205, cited 24 January 2005.

Представництва NIRS/WISE

WISE Amsterdam
P.O. Box 59636
1040 LC Amsterdam
The Netherlands
Tel: +31 20 612 6368
Fax: +31 20 689 2179
Email: wiseamster@antenna.nl
Web: www.antenna.nl/wise

NIRS
1424 16th Street NW, #404
Washington, DC 20036
USA
Tel: +1 202 328 0002
Fax: +1 202 462 2183
Email: nirsnet@nirs.org
Web: www.nirs.org

WISE Argentina
c/o Taller Ecologista
CC 441
2000 Rosario
Argentina
Email: wiseros@ciudad.com.ar
Web: www.taller.org.ar

WISE Austria
c/o Plattform gegen Atomgefahr
Mathilde Halla
Landstrasse 31
4020 Linz
Austria
Tel: +43 732 774275; +43 664 2416806
Fax: +43 732 785602
Email: post@temelin.at and
post@atomstopp.at
Web: www.temelin.at and www.atomstopp.at

WISE Czech Republic
c/o Jan Beranek
Chytalky 24
594 55 Dolni Loucky
Czech Republic
Tel: +420 604 207305
Email: wisebrno@ecn.cz

WISE Japan
P.O. Box 1, Konan Post Office
Hiroshima City 739-1491
Japan
Tel/Fax: +81 82 828 2603
Email: kota-goldencat@kfa.biglobe.ne.jp

WISE Russia
P.O. Box 1477
236000 Kaliningrad
Russia
Tel/fax: +7 95 2784642
Email: ecodefense@online.ru
Web: www.antiatom.ru

WISE Slovakia
c/o SZOPK Sirius
Katarina Bartovicova
Godrova 3/b
811 06 Bratislava
Slovak Republic
Tel: +421 905 935353
Fax: 421 2 5542 4255
Email: wise@wise.sk
Web: www.wise.sk

WISE Sweden
c/o FMKK
Barnangsgatan 23
116 41 Stockholm
Sweden
Tel: +46 8 84 1490
Fax: +46 8 84 5181
Email: info@folkkampanjen.se
Web: www.folkkampanjen.se

WISE Ukraine
P.O. Box 69
Rivne-33023
Ukraine
Tel/fax: +380 362 237024
Email: Ecoclub@ukrwest.net
Web: www.atominfo.org.ua

WISE Uranium
Peter Diehl
Am Schwedenteich 4
01477 Arnsdorf
Germany
Tel: +49 35200 20737
Email: uranium@t-online.de
Web: www.antenna.nl/wise/uranium

Інформаційний центр з ядерної енергетики NIRS (Nuclear Information & Resource Service) був започаткований в 1978 році у Вашингтоні, США. Всесвітня інформаційна служба з енергетики WISE (World Information Service on Energy) була створена у тому ж році у Амстердамі, Нідерланди. NIRS та WISE об'єднали свої зусилля у 2000 році, створивши всесвітню мережу інформаційних та ресурсних центрів для громадян, екологічних підприємств, які занепокоєні ядерною енергією, радіоактивними викидами, радіацією та цікавляться питаннями відновлюваної енергії. "Nuclear Monitor", англомовний бюлетень WISE/NIRS, публікує міжнародну інформацію 20 разів на рік.

Екоклуб є представником WISE/NIRS в Україні. З березня 2002 року розпочато випуск бюлетеня "Ядерний монітор" українською мовою. Бюлетень виходить 6 разів на рік, поширюється серед громадських організацій, учбових закладів, бібліотек та населення України безкоштовно.

В ньому публікуються оригінальні та оглядові статті українських і зарубіжних авторів та матеріали WISE/NIRS "Nuclear Monitor". Серед тем бюлетеня:

- світові новини ядерної енергетики;
- загальні питання радіаційної безпеки і охорони навколишнього середовища;
- медичні наслідки впливу іонізуючої радіації на людину;
- аварії та інциденти, проблеми їх вирішення;
- технологічні та екологічні аспекти перетворення радіоактивних відходів;
- раціональне використання природних ресурсів і т.д.

Надруковано за фінансової підтримки Фонду Генріха Бьоля.

Переклад з англійської. Над україномовним виданням працювали:

Редактор української версії Ядерного Монітору - Ольга Лящук
вебсайт проекту NIRS/WISE - Україна: www.atominfo.org.ua
Електронна пошта редактора: olya@atominfo.org.ua

ММГО "Екоклуб"
а/с №73
Рівне - 23, Україна
тел./факс (0362) 237024
e-mail: ecoclub@ukrwest.net