

О. О. ЛАПКО
ДВНЗ «Університет банківської справи»,
Г. В. КРАМАРЕВ
ПАТ «Український нафтогазовий інститут»

ОПТИМІЗАЦІЯ ВЗАЄМВПЛИВУ ФУНКЦІОНУВАННЯ НАФТОГАЗОВИХ КОМПАНІЙ ТА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

Запропоновано новий методичний підхід до визначення зовнішніх і внутрішніх ефектів виробничої діяльності нафтогазових підприємств на енергетичному ринку на основі моделювання взаємовпливу не лише нафтогазових компаній на довкілля (що характеризує внутрішній стан розвитку технологічної бази підприємств), але й погіршення довкілля (зовнішнього середовища) – на результати фінансово-виробничої діяльності цих підприємств внаслідок виникнення додаткових витрат, спрямованих на усунення деструктивних ефектів з метою забезпечення виробництва. Для оптимізації факторів взаємовпливу вдосконалено економіко-математичну модель «витрати – випуск», яку доповнено процесами урахування витрат на переробку (чи вилучення) забруднюючих речовин.

Ключові слова: сталий розвиток, нафтогазові підприємства, забруднення, довкілля, взаємовплив, економіко-математична модель, оптимізація.

О. О. LAPKO
Banking University (Kyiv)
G. V. KRAMAREV
Public Enterprise "Ukrainian Oil and Gas Institute"

OPTIMIZATION OF FUNCTIONING INTERFERENCE OF OIL AND GAS COMPANIES AND THE ENVIRONMENT

A new methodical approach regarding determining the internal and external effects of oil companies production activities on the energy market was proposed based on modelling not only oil and gas companies interference on the environment (which characterizes the internal state of the technological base of enterprises), but also the deterioration of the environment (external environment) on the results of financial and production activities of these companies as a consequence of extra charges aimed at eliminating the destructive effects to ensure production. To optimize interference factors the mathematical model "input-output" was improved and the model was supplemented by the processes considering the costs of pollutants recycling (or removal).

Keywords: sustainable development, oil and gas company, pollution, environment, interference, economic and mathematical model.

Постановка задачі. Серед найважливіших глобальних проблем, які постали на початку ХХІ століття перед цивілізацією, є забезпечення енергією. Попит на нафту продовжує зростати, в той час як видобуток вуглеводнів, які є невідновлюваним енергетичним ресурсом, постійно скорочується. Однією з особливостей світової енергетичної системи на сучасному етапі її розвитку є те, що центри виробництва та споживання нафтогазових ресурсів географічно не збігаються. На початку третього тисячоліття розвинені країни виробляють менше третини світової первинної енергії, а споживають майже половину. Диспропорції у споживанні енергії сприяють збереженню глобальної нерівності, збільшенню соціальної напруженості, уповільненню зростання реальних доходів населення. Забезпеченість енергією країн з низьким рівнем доходів залишається незадовільною, обмежуючи потенціал промислового розвитку та спричиняючи надмірне навантаження на природне середовище. Нафтогазовий комплекс (НГК) належить до найбільш небезпечних для навколишнього середовища, тому слід урахувати його деструктивний вплив на довкілля.

Аналіз досліджень та публікацій. Проблеми зменшення екологічних ризиків та негативних зовнішніх ефектів впливу на довкілля досліджували у своїх працях відомі зарубіжні вчені, серед яких Уильям Беренс, Альфред Ендрес, Рональд Коуз, Донелла та Денніз Медоуз, Йорген Рандерс, Василь Леонтьєв. Вони зосередилися на проблемі охорони екосистеми в контексті гармонії з нею. Герман Дейлі є автором інноваційної економічної теорії сталого розвитку. Серед вітчизняних учених механізми забезпечення сталого розвитку досліджували О. Балацький, І. Бистряков, О. Веклич, Б. Данилишин, М. Долішній, М. Згуровський, С. Ілляшенко, Н. Караєва, Б. Кваснюк, М. Кизим, В. Куценко, О. Лапко, Л. Мельник, В. Міщенко, О. Прокопенко, М. Трегобчук, С. Харічков, М. Хвесик, Є. Хлобистов. Втім, багато теоретико-методологічних завдань реалізації концепції сталого розвитку, і в т.ч. оптимізації витрат при досягненні збалансованості системи «людина – природа», досліджені лише фрагментарно.

Формулювання цілей. Вирішення проблеми оптимізації видобутку вуглеводнів та впливу нафтогазових компаній на природне середовище є надзвичайно актуальною, що спричинило обрання більшістю країн світу за основу економічного розвитку модель сталого розвитку, при якій були б урівноважені сприяння економічному зростанню, а відповідно й покращення якості життя кожного члена суспільства, та забезпечення соціального захисту і безпеки, збереження екологічно безпечного життєвого середовища для майбутніх поколінь. Це й обумовлює актуальність дослідження, яке ставить завданням

дослідження взаємовпливу діяльності нафтогазових підприємств на довкілля та тих негативних змін у природному середовищі, що спричинені їх діяльністю, на економічне зростання.

Викладення основного матеріалу дослідження. Відомо, що розвідка і розробка нафтогазових родовищ супроводжується бурінням нафтових і газових свердловин, тому в районах масового буріння порушується природна рівновага довкілля через його забруднення та тимчасове вилучення зі сфери іншої діяльності людей. При підготовці місцевості для свердловини видаляється та складається родючий шар ґрунту; створюються насипні технологічні площадки під бурову установку і бурове обладнання; споруджуються шламові амбари (земляні котловани), які використовуються для збирання та зберігання відходів буріння тощо. Під час процесу буріння імовірним є технічне забруднення території бурової, поглинання забруднювачів і бурового розчину у водоносні горизонти. Відходи буріння, які містять значну кількість небезпечних речовин (матеріалів і хімічних реагентів, використовуваних для приготування та обробки бурових розчинів), є небезпечними для довкілля.

Крім того, нафтогазовидобувні підприємствами забруднюють атмосферу через фонові постійні та епізодичні втрати природного газу, яких технічно не вдається уникнути, а також через технологічні постійні викиди вуглеводнів, яких уникнути важко. Наслідками забруднення атмосферного повітря є парниковий ефект, що викликаний накопиченням вуглекислого газу у повітрі, який спричиняє розігрівання атмосфери; смог (виникає у забрудненому вуглеводнями, пилом, сажею повітрі та негативно впливає на здоров'я людей і біорізноманіття); кислотні дощі (виникають в результаті сполучення оксидів і атмосферної вологи, що викликає зниження урожайності, деградацію фауни і флори, отруєння вод). Забруднення атмосферного повітря в результаті випадання шкідливих речовин із атмосфери призводить до забруднення вод і ґрунтів через попадання неочищених стічних вод або забруднення водного середовища нафтопродуктами (внаслідок порушення цілісності обсадної колони свердловини, руйнування стовбура свердловини у процесі буріння чи катастрофічного поглинання промивальних рідин). Це створює загрозу підземним водам і надрам. Як правило, ліквідація таких аварійних свердловин – дуже складний та високоартісний процес. Дотримуватися безаварійної технології буріння та випробовування свердловин значно дешевше. При поглинанні промивальних рідин у надра потрапляють органічні і мінеральні речовини, які використовуються для приготування бурових розчинів, що викликає отруєння прісних вод.

Не менш важливим об'єктом деструктивних впливів нафтогазового комплексу є земля. Забруднення ґрунтів нафтогазовим виробництвом виникає при фонтануванні нафти з свердловин, що перебувають у стадії буріння. Внаслідок цього знижується гумусовий прошарок ґрунту та вміст поживних речовин. Змінюється рівень і мінералізація ґрунтових вод.

Отже, нафтогазовидобувні підприємства є джерелом серйозного комплексного деструктивного впливу на всі компоненти природного середовища, і цей вплив зумовлений токсичністю природних вуглеводнів і хімічних речовин, які використовуються у технологічних процесах буріння та видобування нафти і газу.

З іншого боку, екодеструктивні зміни навколишнього середовища також впливають на діяльність нафтогазових підприємств (таблиця 1).

Розвідка нафти і газу та виробництво вже сьогодні відбувається в складних кліматичних умовах, і промисловість просунулась в інноваційному розвитку у напрямку нових сфер діяльності, – від пустель і глибоководного видобутку до Полярного кола. Наслідки зміни клімату в цьому секторі можуть мати поступову дію (наприклад, підвищення рівня моря та зміна рівня тиску води, а також раптову дію (наприклад, морські хвилі екстремальної висоти, більш сильні шторми та зміна льодового покриву).

Інфраструктура має адаптуватися для підвищення стійкості до зміни клімату, і це, ймовірно, спричинить додаткові витрати. Ірак, який також потерпає від нестачі води, є хорошим прикладом цього, адже він вкладає близько 10 млрд дол., у будівництво установки подачі морської води, яка буде очищувати до 10–12 млн барелів морської води на день і транспортувати її на 100 кілометрів до нафтових родовищ, де вона буде підтримувати тиск у пласту. Ці інвестиції зменшать використання цінних джерел прісної води в Іраку.

Зростання виробництва сланцевого газу призведе до значного збільшення попиту на воду для гідравлічного розриву пласта [2]. Видобуток сланцевого газу може потребувати від 1 до 20 тисяч кубічних метрів води на одну свердловину. У районах з дефіцитом води забір води для буріння свердловин та гідророзриву можуть зіткнутися з серйозними обмеженнями. Так, басейн Тарім в Китаї має одні з найбільших родовищ сланцевого газу в країні, проте видобуток ведеться досить обмежено, оскільки родовища розташовані в районі, який потерпає від гострої нестачі води. У Сполучених Штатах нафтогазова промисловість також вживає заходи з мінімізації використання води та збільшення її повторного вживання.

Значна частина – 45% запасів традиційних нафтових ресурсів, які можуть бути видобуті (за винятком сланцевої нафти) – розташована на морських родовищах (1200 млрд барелів), а чверть з них знаходяться глибоко під водою (на глибині понад 400 метрів). Танення льоду може мати як позитивні, так і негативні наслідки щодо видобутку нафти і газу на морських родовищах. Так, наприклад, родовище на північ від Полярного кола, за оцінками експертів, має потенціал у 90 млрд барелів нерозвіданих запасів сирової нафти, 47 трлн кубометрів газу (більше ніж чверть від загальносвітового обсягу) і 44 мільярди барелів зрізженого природного газу, які за станом сучасних технологій можуть належати до видобувних [3].

Види впливу кліматичних змін на нафтогазовий сектор, 2012 р.

Регіон	Кліматичний вплив	Вплив на нафтогазовий сектор
Близький Схід	Нестача води; збільшення температури повітря та температури поверхні моря	Підвищення вартості виробництва; зменшення можливостей для охолодження техпроцесів (нестача води для технологічних цілей); зменшення обсягів виробництва нафто- та газопереробних заводів, наприклад, виробництва СПГ
Країни Америки, що входять до ОЕСР	Підвищення інтенсивності тропічних циклонів (Мексиканська затока; підвищення рівня моря; нестача води; танення вічної мерзлоти (Аляска, північ Канади)	Збільшення вартості і висоти платформ, більш часті перерви виробництва на платформах; зменшення транспортування по льоду (льодові дороги або збільшення вартості утримання трубопроводів на льоді);
Російська Федерація	Танення вічної мерзлоти (Сибір)	Зменшення можливостей для транспортування по льоду або збільшення вартості утримання трубопроводів на льоді
Африка	Нестача води (Північ Африки); підвищення рівня моря (Західна Африка)	Підвищення вартості виробництва; Збільшення часу зупинок переробних виробництв на березі
Латинська Америка	Підвищення рівня моря Посилення штормової активності (Бразилія)	Збільшення часу зупинок переробних виробництв на березі; Збільшення вартості платформ, збільшення висоти платформ, більш часті перерви виробництва на платформах;
Китай	Збільшення температури повітря та температури поверхні моря (Південно-Китайське море); нестача води	Зменшення можливостей для охолодження техпроцесів, звуження спроможностей заводів, напр., СПГ; нерентабельність виробництва певних корисних копалин
Країни Європи, що входять до ОЕСР	Посилення штормової активності; екстремально високі хвилі (Північне море)	Збільшення вартості платформ, збільшення висоти платформ, більш часті перерви виробництва на платформах
Країни Азії, що входять до ОЕСР	Підвищення інтенсивності тропічних циклонів (Австралія); підвищення температури повітря	Збільшення вартості платформ, збільшення висоти платформ, більш часті перерви виробництва на платформах
Україна	Зростання кількості повеней, підвищення температури повітря	Руйнування нафтогазопроводів; нестача води для технічних потреб

Продовження літа в Арктиці призведе до більш тривалого сезону буріння та відкриття нових маршрутів постачання, збільшуючи швидкість, з якою нові родовища можуть розроблятися у майбутньому, однак до 2035 року, за попередніми прогнозами, видобуток значних обсягів нафти і газу з арктичного шельфу ще не буде забезпечений.

З іншого боку, технічні та екологічні проблеми є вже досить серйозними, і багато проектів «заморожено» через складність технологічних операцій, за екологічними міркуваннями, або припинені у зв'язку зі зростанням витрат. Сильні крижані і полярні шторми можуть призвести до збільшення ризиків руйнування під час арктичного буріння, видобутку і транспортування [4].

Прискорення танення льоду також зменшує можливості транспортування по льодових дорогах, що негативно позначається на видобутку нафти і газу на високих широтах, наприклад, на Алясці та в Сибіру. На Алясці період, коли льодові дороги відкриті, скоротився удвічі з 1970 року [5]. Танення вічної мерзлоти також може зсунути трубопроводи та викликати витіки нафти, що спричинить потребу у більш надійних та дорогих способах доставки видобутих вуглеводнів.

Екстремальні погодні явища можуть призвести до серйозних пошкоджень на нафтогазових платформах та підприємствах, що спричинить потребу у фінансових ресурсах на ремонт та втрату часу. Усе частіше морські платформи зазнають ударів океанських хвиль, які перевищують максимально допустимі для конструкцій таких платформ [6] Морські нафтові та газові бурові установки (наприклад, на шельфі північно-західної Австралії) та платформи в Мексиканській затоці вже у небезпеці від екстремальних погодних явищ і ризиків. Очікується, що ризики зростатимуть найближчим часом разом зі зміною клімату, що призведе до серйозних руйнувань та збільшення часу простоїв у виробництві. Так, у 2005 році ураган Катріна приніс в Мексиканській затоці збитків на суму у 108 млрд дол., завдавши пошкодження 109 нафтовим платформам і п'яти буровим установкам [7].

Масштабні інфраструктурні споруди, такі як нафтопереробні заводи і заводи із скрапленого природного газу (СПГ), часто розташовуються на узбережжі та в місцевостях, схильних до екстремальних погодних явищ, і тому можуть дістати серйозних руйнувань. Під час простоїв у виробництві збільшуються

випадки евакуації персоналу, що також призводить до значних витрат нафтогазових компаній, які слід ураховувати.

На підставі аналізу фактичного матеріалу можна визначити зовнішні і внутрішні ефекти виробничої діяльності підприємств НГК на енергетичному ринку на основі моделювання *взаємовпливу* НГК на довкілля (що характеризує внутрішній стан розвитку НГК – його сьогоденну технологічну базу, рівень сервісного обслуговування, кваліфікацію працівників, інвестиційні можливості тощо), та, навпаки, погіршення довкілля (зовнішнього середовища) – на результати фінансово-виробничої діяльності НГК внаслідок виникнення додаткових витрат, спрямованих на забезпечення заздалегідь визначених обсягів виробництва при виникненні негативних внутрішніх ефектів через погіршення довкілля. Тобто не лише підприємства нафтогазового комплексу впливають на навколишнє природне середовище, але й навпаки – зміни, які відбуваються із довкіллям (зміни клімату, танення льодовиків, буревії, що призводять до пошкодження ресурсного забезпечення, в т.ч. ускладнюють забезпечення водою для промивання свердловин та створення додаткового пластового тиску при гідророзриві, інфраструктурними об'єктами – дорогами, трубопроводами тощо) відзначаються на діяльності нафтогазових компаній, збільшуючи їхні витрати через необхідність у додаткових витратах на ліквідацію деструктивних впливів довкілля. Це вимагає дослідження взаємовпливу діяльності нафтових компаній на довкілля, і навпаки – довкілля на діяльність компаній, з метою можливої оптимізації ресурсів, що витрачаються.

Забруднення навколишнього середовища є продуктом всякої нормальної економічної діяльності. Як відзначав В.Леонтьєв [8], забруднення довкілля можна звичайним чином ураховувати в балансовій моделі «витрати - випуск», не порушуючи її загальної структури.

Отримана в результаті такого підходу економіко-екологічна модель досліджується досить просто, і на цій підставі можуть бути надані відповіді на деякі питання практичного характеру, що стосуються сталого розвитку. Ця простота, з нашої точки зору, є певною мірою наслідком узагальненості зазначеного підходу, який не враховує такі важливі з практичної точки зору фактори, як вибір тієї чи іншої запропонованої технології виробництва (якщо розглядати балансову модель як засіб планування інноваційної стратегії розвитку підприємства), «засіб» впливу на навколишнє середовище, а також інші фактори. Тому дуже корисним видається деяке уточнення моделей В.Леонтьєва саме в такому аспекті, яке пропонується нижче.

Розглянемо нафтогазовидобувне виробництво, в межах якого виробляється n видів продукції (нафта, природний газ, попутний (нафтовий) газ, газовий конденсат тощо), при цьому отримується m різних видів шкідливих продуктів. Позначимо через x_i невідомий валовий випуск продукту i -го виду, через c_i – задану кількість продукту i -го виду, що іде на кінцеве споживання, $i=1,2,\dots,n$. Нехай i -й вид продукту виробляється по одній з технологій, утворюючих численність T_i , з якої слід обрати ту чи іншу технологію виробництва за допомогою таких складників:

1) вектор $\alpha_i^t = (\alpha_{i1}^t, \alpha_{i2}^t, \dots, \alpha_{im}^t)$, де α_{ij}^t - частина одиниці продукції j -го виду, що використовується для виробництва продукції i -го виду у відповідності з технологією t ;

2) вектор «забруднення» $\beta_i^t = (\beta_{i1}^t, \beta_{i2}^t, \dots, \beta_{im}^t)$, де β_{ik}^t – кількість забруднюючого (шкідливого) продукту k -го виду, що виробляється на одиницю i -го корисного продукту разом з цим продуктом за технологією t . Таким чином, в процесі виробництва x_i одиниць i -го продукту, отримуємо вектор $\beta_i^t x_i = (\beta_{i1}^t x_i, \beta_{i2}^t x_i, \dots, \beta_{im}^t x_i)$, компоненти котрого характеризують різні види забруднення, що виникає при виробництві даного продукту;

3) вектор $\delta_i^t = (\delta_{i1}^t, \delta_{i2}^t, \dots, \delta_{im}^t)$, де δ_{ik}^t – кількість переробленого шкідливого продукту k -го виду, котрий може бути використано для виробництва одиниці продукції i -го виду за технологією t ;

4) значення функції $f_i^t(x_1, x_2, \dots, x_n)$ задає чисельне значення збитків від безпосереднього руйнування довкілля, пов'язаного з впровадженням даної технології (забруднення атмосфери викидами CO_2 , забруднення ґрунтових і поверхневих вод промивними рідинами, розлиття нафти та нищення ґрунтів, переселення людей на інші території тощо).

Зупинимось на останньому факторі, функції f_i^t . Значення функції f_i^t визначається не безпосереднім виробництвом продукції з супутнім цьому забрудненням, а тим, які збитки наносяться довкіллю при підготовці до виробництва по тій чи іншій технології і в зв'язку з «підтримкою» цього технологічного процесу. Тому можна вважати, що, хоча значення даної функції і залежать від обсягів виробництва продукції, що виробляється за відповідними технологіями, але:

а) функція f_i^t не є загалом лінійною по кожному з своїх аргументів;

б) функція f_i^t не зменшується із зростанням аргументу x_j , і характер її зростання такий, що в межах достатньо тривалого періоду часу її значення може вважатися постійним.

Ми будемо оцінювати значення даної функції величиною w_i^t – кількістю продукції i -го виду, що іде на відшкодування нанесених збитків. Будемо також вважати, що величина w_i^t визначається однозначно по кінцевому споживанню c_i і зростає при зростанні c_i .

Таким чином, існує наступна залежність, що умовно може бути записана в такому вигляді: $t = t(\alpha_i^t, \beta_i^t, \delta_i^t, f_i^t)$.

Вважатимемо, що різним технологіям відповідають неоднакові значення аргументів, які записані в правій частині даної рівності.

Як правило, в моделях типу «витрати – випуск» технології виробництва не враховуються або ж вважаються фіксованими, тобто заздалегідь визначеними. До першого випадку, як правило, належать традиційні балансові моделі, що не враховують впливу технологічних процесів на довкілля. Модель, яка запропонована В.Леонтєвим [8, 9], передбачає фіксацію технологій виробництва. Балансові співвідношення, записані з врахуванням тільки першої складової α_{ij}^t , що завдає технологію t , мають звичайний вигляд і являють собою класичні балансові співвідношення, записані із зазначенням фіксованої технології:

$$x_i - \sum \alpha_{ij}^t x_j = c_i, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

При складанні балансу процеси «виробництва» та переробки шкідливих речовин можуть бути враховані як особливого роду виробничі процеси.

Як показано В.Леонтєвим [8], при складанні балансу процеси «виробництва» та переробки шкідливих речовин можуть бути враховані як особливого роду виробничі процеси. Якщо дотримуватись цієї ідеї, то, додатково враховуючи в (1) складові β_{ik}^t та δ_{ik}^t , дійдемо до таких співвідношень:

$$x_i - \sum \alpha_{ij}^{t(i)} x_j - \sum \delta_{ik}^{t(i)} z_k = c_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

$$\sum \beta_{ik}^{t(i)} x_i - z_k \leq u_k, \quad k = 1, 2, \dots, m, \quad (3)$$

де z_k – загальна величина шкідливого продукту k -го виду, що переробляється, а u_k – нормативна величина не переробленого шкідливого продукту k -го виду.

Рівняння (3) можна розглядати як констатацію того факту, що «залишкове» забруднення від переробки шкідливого продукту k -го виду не повинно перевищувати заданої нормативної величини. Підкреслимо, що величина u_k є важливою для розуміння того факту, що дана модель враховує не тільки вплив виробництва на екологію довкілля, але й зворотній вплив екологічних змін на витрати нафтогазових підприємств та виробництво кінцевого продукту. Адже фіксація цієї нормативної величини суттєво базується як на екологічному стані середовища, так і на можливостях існуючого виробництва.

В (3) визначені балансові співвідношення, що стосуються не одного, а m видів шкідливого продукту. Як бачимо, модель (2.2)-(2.3) суттєво відрізняється від (1): витрати на виробництво тієї ж кількості продукції i -го виду в цьому випадку більші в порівнянні з (1). Така картина є більш реалістичною: величина кінцевого споживання c_i зменшується за рахунок того, що необхідність переробки (усунення) шкідливих речовин призведе до витрат за рахунок продуктів, які спрямовуються в (1) на кінцеве споживання.

Якщо ж виписати всі співвідношення (2)-(3) при всіх $t(i) \in T_i, i=1,2, \dots, n$, то отриманий набір балансових співвідношень охопить усілякі виробничі технології. Якщо отриманий набір співвідношень доповнити критеріями вибору найкращої в даному випадку технології, то прийдемо до моделі, котру назвемо α - β - δ -моделлю. Заданий таким чином клас моделей може використовуватися і для розв'язання завдань оптимального контролю над забрудненням довкілля. На основі α - β - δ -моделі за допомогою формальних або ж неформальних критеріїв можуть бути визначені технології, що забезпечують, наприклад, найменш шкідливий спосіб випуску продукції, а потім обрані таким чином співвідношення виду (2)-(3) можуть бути проаналізовані традиційним шляхом. Однак і в цьому випадку враховано не всі наслідки впливу на довкілля, оскільки не враховано, зокрема, збиток f_i^t , що приблизно оцінений величиною w_i^t . Якщо ж врахувати і цю обставину, то прийдемо до наступних співвідношень:

$$x_i - \sum \alpha_{ij}^{t(i)} x_j - \sum \delta_{ik}^{t(i)} z_k - w_i^{t(i)} = c_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

$$\sum \beta_{ik}^{t(i)} x_i - z_k \leq u_k, \quad k = 1, 2, \dots, m, \quad (5)$$

де $t(i) \in T_i, i=1, 2, \dots, n$.

Тут вплив екологічних змін на виробництво ще більш наочний, оскільки в (4) безпосередньо враховане чисельне значення збитків від руйнування довкілля, що пов'язані з впровадженням певної технології.

Наприкінці зауважимо, що на базі співвідношень (4)–(5) можна розглядати задачі мінімізації шкідливого впливу на довкілля, наприклад, максимізуючи сумарну величину переробки шкідливих продуктів, тобто визначаючи

$$\max \sum z_k$$

при обмеженнях (4)–(5) (значення всіх змінних у цих співвідношеннях невід'ємні).

Крім того, може ставитися завдання щодо мінімізації сумарної величини не перероблених шкідливих продуктів (наприклад, викидів в атмосферу попутного газу чи вуглецю), тобто

$$\min \sum u_k$$

при аналогічних обмеженнях (4)–(5) – значення всіх змінних у цих співвідношеннях невід'ємні.

Таким чином, ці оптимізаційні моделі відповідають умовам, що висуває сталий розвиток до конкретних компаній та виробництв при організації виробничої діяльності: чим більше уваги підприємства приділяють охороні довкілля у процесі виробничої діяльності, тим менше вони витрачають у подальшому на відтворення біорізноманіття, і в першу чергу – на усунення негативних результатів своєї виробничо-

технологічної діяльності. Тобто увага до екологічної складової сталою розвинутою позитивно відбивається на економічній складовій, і, відповідно, створює нові можливості для зростання соціальної складової: зекономлені кошти можуть бути витрачені на зростання доходів працівників компанії та соціальний захист населення.

Зауважимо, що всі розглянуті в даному розділі моделі мають в основному методологічний характер, тому що їхнє безпосереднє застосування до реальної ситуації повинно супроводжуватись введенням багатьох додаткових умов, як це зроблено для «класичної» моделі «витрати-виробництво».

Висновки. Таким чином, не лише підприємства нафтогазового комплексу впливають на навколишнє природне середовище, але й навпаки – зміни, які відбуваються із довкіллям (зміни клімату, танення льодовиків, буревії, що виникають внаслідок впливу діяльності людини на довкілля і призводять до пошкодження ресурсного забезпечення, в т.ч. ускладнюють забезпечення водою для технологічних потреб, інфраструктурними об'єктами – дорогами, трубопроводами тощо) відзначаються на діяльності нафтогазових компаній, збільшуючи їхні витрати через необхідність у додаткових коштах на ліквідацію деструктивних впливів довкілля. Це вимагає дослідження *взаємовпливу* діяльності нафтових компаній на довкілля, і навпаки – довкілля на діяльність компаній, з метою можливої оптимізації ресурсів, що витрачаються. Запропоновано використати для вирішення цього завдання економіко-математичну модель «витрати – випуск» В. Леонтьєва, допрацювавши її таким чином, щоб вона враховувала *не тільки вплив виробництва на екологію довкілля, але й зворотній вплив екологічних змін на витрати нафтогазових підприємств та виробництво кінцевого продукту*. Адже фіксація цієї нормативної величини суттєво базується як на екологічному стані середовища, так і на можливостях існуючого виробництва. Від технологічного стану підприємства, його обладнання та споруд, кваліфікації персоналу компанії, його спроможності зменшити обсяги руйнувань залежать масштаби цих взаємовпливів. Втім, на результати діяльності нафтогазових підприємств впливають також природні чинники, а саме – ті зміни деструктивного характеру, що відбуваються з довкіллям внаслідок людської діяльності. Передбачити чи попередити ризики втрат та витрат підприємств від необхідності усунення негативних взаємовпливів чинників внутрішнього та зовнішнього характеру можна шляхом оптимізації цих витрат за допомогою удосконаленої економіко-математичної моделі «витрати – випуск».

Література

1. World Energy Outlook 2012. IEA. URL: <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2012/PresentationtoPress.pdf>.
2. Golden Rules for a Golden Age of Gas: World Energy Outlook Special Report, OECD/IEA, Paris.
3. Pew Centre on Global Climate Change (2007). Highlights from Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change Summary for Policy Makers. URL: http://www.pewclimate.org/docUploads/IPCCSummary050407_050407_143632.pdf
4. Green Growth Paths. URL: <http://www.greengrowth.org/greeningbusiness.asp>
5. A.-M. Halvorssen. International and Comparative Corporate Law Journal, Forthcoming University of Oslo Faculty of Law Research Paper No. 2010-06.
6. Фененко А. Экологическая политика США / А. Фененко // Международные процессы. – 2010. – № 3 (24). – С. 62–64.
7. R. Knabb, J. Rhome and D. Brown (2005), Tropical Cyclone Report – Hurricane Katrina, NOAA National Weather Service, Miami, FL, United States.
8. Леонтьев В. Экономические эссе / В. Леонтьев. – М. : Издательство политической литературы, 1990. – 415 с.
9. W.W. Leontief. Input-output economics. London – New York, 1966.

Надійшла 05.09.2015; рецензент: д. е. н. Хрущ Н. А.