

МІНАЄВ О.А., КОСТЕНКО В.К., ШАФОРОСТОВА М.М. (Донецький національний технічний університет)

## ВИПЕРЕДЖУВАЛЬНА РОЛЬ НЕМАТЕРІАЛЬНИХ АКТИВІВ В СФЕРІ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ НАДР

*Наведено причини зниження ефективності діяльності гірничих підприємств. Показано доцільність реструктуризації вугільної галузі на основі впровадження технологій комплексного використання надр. Запропоновано основним фактором при розвитку технологій з комплексного використання надр вважати постулат про випереджувальний розвиток інтелектуального капіталу перед забезпеченням матеріальними ресурсами.*

*Приведены причины снижения эффективности деятельности горнодобывающих предприятий. Показана целесообразность реструктуризации угольной отрасли на основе внедрения технологий комплексного использования недр. Предложено основным фактором при развитии технологий по комплексному использованию недр считать постулат об опережающем развитии интеллектуального капитала перед обеспечением материальными ресурсами.*

*The reasons of reduction in efficiency of activity of the mining enterprises are resulted. The expediency of re-structuring of coal branch is shown on the basis of introduction of technologies of complex use of bowels. It is offered a major factor at development of technologies on complex use of bowels to count a postulate on outstripping development of the intellectual capital before maintenance with material resources.*

В Україні в теперішній час вугілля, незважаючи на його високу собівартість, необхідно розглядати як стратегічний ресурс, використання якого значно знижає енергетичну залежність економіки країни від інших держав. Вугілля є головним вітчизняним енергоносієм – частина вугілля у енергозабезпеченні країни складає біля 90%. На рис. 1 наведено структуру запасів органічного палива (в перерахунку на умовне паливо). Роль вугілля значно зростає в період виводу старих атомних блоків з експлуатації, що має статися вже в найближчі 5-7 років. За цей час необхідно провести повну реструктуризацію вугільних підприємств. Для України використання вугілля є найбільш оптимальним шляхом для задоволення потреби у енергоносіях для промисловості з урахуванням запасів цієї корисної копалини (загальні – 117,3 млрд тонн, з яких 6,5 млрд т складають промислові запаси на діючих шахтах) та значних змін у ціні на природний газ на світовому ринку [1].

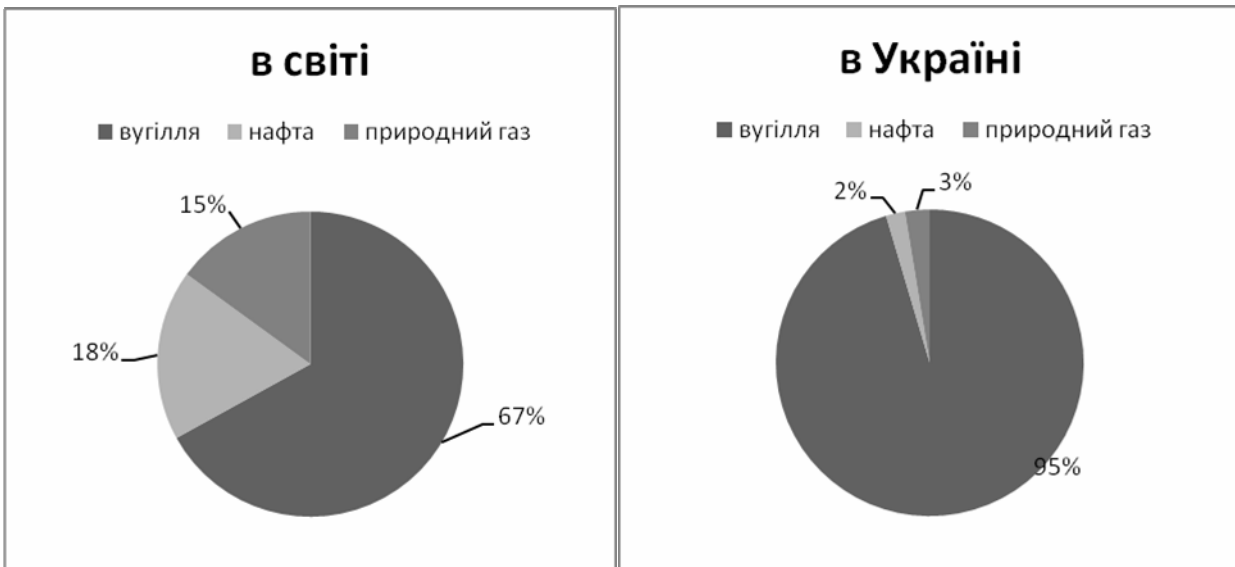


Рисунок 1 – Структура запасів органічного палива (в перерахунку на умовне паливо), %

Якщо вивчити розподіл видобутку вугілля по регіонах України, то бачимо, що основними постачальниками цього виду палива є підприємства Донецької і Луганської областей (рис. 2). Тому, саме для цих регіонів найбільш актуальними і економічно доцільними є питання заміни природного газу на вугілля в технологічних системах на підприємствах.

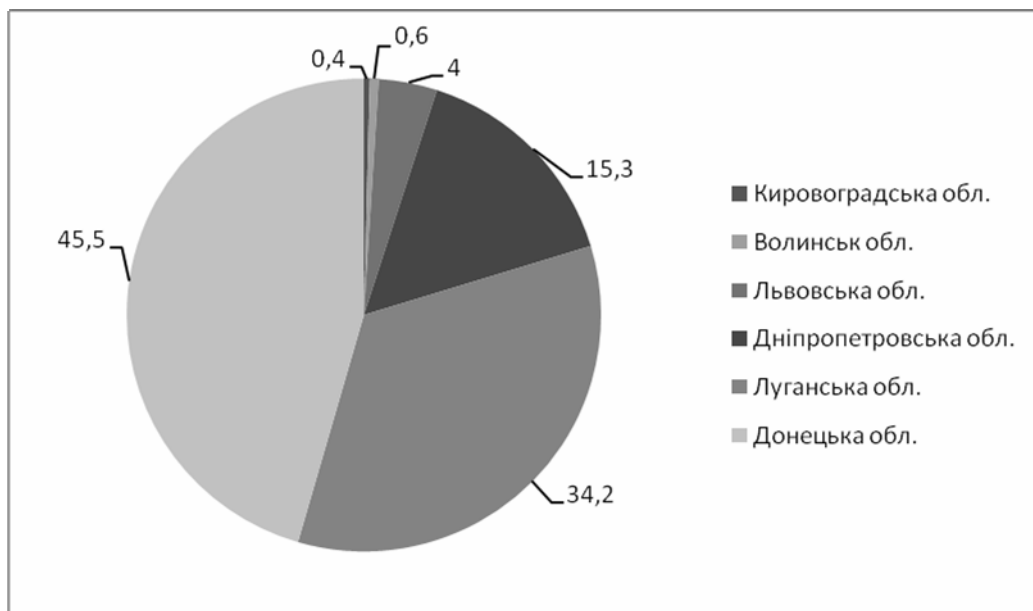


Рисунок 2 – Регіональна структура видобутку вугілля в Україні, %

Незважаючи на значну державну фінансову підтримку, вугільна промисловість України залишається в глибокій економічній кризі. В країні видобуток вугілля з 1990 року знизилась більш, ніж у два рази та в 2007 році склала 75,6 млн. тонн [1]. Крім проблем з видобутком вугілля, відмічено тенденцію до погіршення якості вугілля – підвищення зольності до 40%. Якщо перерахувати обсяги добутого вугілля з урахуванням світових стандартів до показника зольності, то замість 75,6 млн. т маємо говорити о 62-65 млн. т. Сьогодні обсяги видобутку вугілля в Україні не задовольняють потребам економіки. Зниження ефективності діяльності гірничих підприємств обумовлено наступними причинами [2, 3]:

1. Економічні:

- відносно висока собівартість вугілля;
- відсутність коштів на реновацію зношених основних фондів та створення нових;
- відсутність пільг у податковій сфері для підприємств, що впроваджують інноваційні технології та механізм їх заохочення.

2. Геологічні:

- складні умови розробки пластів (мала потужність пластів, низька міцність та порушення порід, високий гірничий тиск, газорясність масивів, викиди газу, вугілля й породи, самозаймання вугілля, висока температура порід, тощо).

3. Технічні:

- значний знос основних фондів на шахтах (близько 80%), що приводить до підвищення аварійності, виробничого травматизму і загибелі шахтарів;
- дефіцит техніки та обладнання (значне підвищення цін на гірничошахтне обладнання не дає можливості підприємствам закупати його в необхідних обсягах), що не дозволяє своєчасно підготувати нові очисні виробки і пустити нові лави одночасно з роботою в старих лавах;
- відсутність прогресивних та комплексних технологій використання надр;

4. Кадрові:

- підвищення віку працюючих шахтарів (близько 60% складають робітники пенсійного віку), що негативно впливає на продуктивність праці;
- погіршення кваліфікації фахівців;
- не розроблено механізми заохочення працівників до підвищення продуктивності праці та до участі у винахідницькій діяльності техніко-технологічного та екологічного спрямування.

5. Екологічні:

- споживання природних ресурсів в обсягах більших, ніж відбувається їх відновлення;
- забруднення довкілля: підтоплення теренів, складування токсичних і радіоактивних порід, інтенсифікація теплових викидів, викиди парникових газів, скиди забруднених вод.

Заходи щодо реструктуризації галузі, що проводяться в сучасних умовах, зведені в основному до закриття особливо збиткових шахт, а перетворення форм власності відбувається повільно і поки що охопило тільки найкращі вугледобувні підприємства і компанії. Удосконалення управління галуззю відбувалось не послідовно і не комплексно, основна увага приділялась зміні організаційних структур управління, а не методам системного і комплексного підходу. Таким чином, виникла необхідність у

реформуванні вугільної промисловості України. Зниження залежності країни від ринкових коливань цін на природний газ має бути одним з напрямків державної політики у сфері надкористування.

Вважаємо за доцільне на першому етапі приділити увагу підходу до вирішення питання по відтворенню шахтного фонду на сучасній технічній і технологічній основі. Збільшення виробничих потужностей дозволить задовольняти потребу національної економіки в енергетичному вугіллі за рахунок власного видобутку, а обсяг експорту поступово зменшувати. Крім того, продовжувати подальше роздержавлення підприємств вугледобувної галузі. На другому етапі вводити в експлуатацію нові потужності за рахунок будівництва нових шахт і реконструкції діючих. Одночасно розвивати комплексний підхід, тобто розглядати можливість впровадження технологій з комплексного використання надр (КВН):

- добуток та переробка вугілля з пластів робочої потужності;
- дегазація вуглепородного масиву;
- газифікація і гідрогенізація пластів некондиційної потужності;
- використання виробленого простору;
- використання геотермальної енергії для забезпечення потреб у електроенергії та теплоенергії (як для потреб свого підприємства, так і для реалізації іншим споживачам);
- переробка гірничої породи (відвальної маси);
- видобуток та подальше використання метану в якості палива;
- освітлення і демінералізація шахтної води;
- добування цінних та рідкісних мінералів і газів.

Для ефективного впровадження комплексного використання надр вважаємо необхідним проводити наступні організаційно-технічні заходи:

- моніторинг природних ресурсів та їх поповнення;
- проектування технологічного комплексу;
- вибір технічних засобів для реалізації КВН;
- вибір параметрів технології КВН;
- техніко-економічне обґрунтування переробки ресурсів надр;
- правова регламентація і соціальне значення КВН;
- оцінка екологічних наслідків та збитків;
- оцінка економічної ефективності витрат на впровадження технологій;
- розробка фінансово-кредитного механізму КВН;
- реалізація проектних рішень.

Ефективне впровадження технологій комплексного використання надр має базуватися на інноваційному підході. Будь-яка інноваційна діяльність базується на принципі випереджувального розвитку нематеріальної складової перед матеріальною. Як вірно сказав професор Девід Тіс, «в наш час матеріальні активи вже не складають основу конкурентних переваг. Ця роль перейшла до нематеріальних активів». Сьогодні вже недостатньо володіти тільки значними матеріальними ресурсами задля ефективного функціонування в ринкових умовах. Для прикладу наведемо співвідношення між цими складовими для відомої компанії British Petroleum. Воно складає 29:71, тобто на матеріальну частину приходиться менш ніж третя частина загальних активів корпорації [4].

В рамках інноваційного підходу вивчаються нові процеси і явища, зв'язані з використанням знань на ринку праці і капіталу. Ці знання є активами підприємства. Вони завжди використовуються в комбінації з продукцією, яка отримана шляхом впровадження інноваційних технологій. Для охорони цих знань вони оформляються як об'єкти інтелектуальної власності, а їх вартісна оцінка дозволяє включати ці об'єкти в нематеріальні активи (НМА) підприємства і вводити в господарчий обіг.

Нематеріальні активи (англ. intangible assets, goodwill) є частиною активів підприємства, які включають вартість права користування землею, надрами і іншими ресурсами, а також вартість майнових прав (ліцензій, патентів, ноу-хау, торгових знаків, об'єктів авторських прав і т. ін.). В загальному обсязі нематеріальних активів значну долю займають активи, які створені за рахунок вартості майнових прав на результати науково-технічної діяльності (інтелектуальна власність). Результати творчої праці можуть бути інтелектуальною власністю юридичних або фізичних осіб тільки в тому випадку, якщо є юридичне підтвердження їх виключних прав на створені об'єкти. Всесвітня торгова організація (ВТО) прийняла спеціальне угоду між країнами-членами цієї організації «Угода про торгові аспекти прав на інтелектуальну власність» (ТРИПС), яке включає 73 статті, в яких викладено вимоги для виходу на міжнародний ринок з подібними об'єктами.

В сфері природних ресурсів в силу специфіки об'єктів, що вивчаються та використовуються, надзвичайно розвинена наукова та науково-технічна діяльність, в результаті якої створюються численні об'єкти інтелектуальної власності, що мають значну цінність. Однак, об'єкти інтелектуальної власності в сфері природокористування, які вже є і знов створені за рахунок державного бюджету, залишаються неоформленими і не облікованими у бухгалтерському балансі підприємств.

Міністерство екології і природних ресурсів (МЕПР) є уповноваженим державним органом у природоресурсній сфері по організації і контролю за залученням у господарчий обіг результатів науково-технічної діяльності – науково-технічної продукції і об'єктів інтелектуальної власності, отриманих за рахунок державних коштів. Однак, в МЕПР не затверджено ні одного нормативного або методичного документу по цих питаннях.

Для такого напрямку діяльності як комплексне використання надр найбільш ваговою є саме інноваційна складова діяльності. Ця сфера діяльності в основному використовує вже створені раніше матеріальні активи гірничих підприємств (машини, обладнання, інструмент). Що стосується інноваційного напрямку цієї діяльності, то вона потребує застосування наукомістких й ресурсозберігаючих технологій, які є нематеріальними активами. Але для того, щоб ці технології ефективно працювали насамперед необхідно висококваліфіковані фахівці та інтелектуальна власність з КВН. Вважаємо за доцільно говорити вже не о самих НМА, а використовувати більш широке поняття «інтелектуальний капітал» (ІК). Оцінка ІК стає актуальним питанням в процесі залучення інвестицій, причому мова може йти як про прямі, так і про портфельні інвестиції. Якщо підприємство удачно демонструє свій ІК і доказує, що в нього необхідно вкладати гроші, незважаючи на відсутність прибутку в теперішній час, то компанія буде приваблива для інвесторів. Впровадження технологій КВН потребує значних інвестицій і тому інвестор має володіти інформацією щодо ІК підприємства.

Доки ще не створено загального для всіх підприємств представлення щодо структури ІК, але деякі принципи вже напрацьовані – во всіх звітах відокремлено відображається людський капітал. Інша частина є достатньо різною по складу і називається структурним капіталом (СК).

Людський капітал – це не тільки робоча сила, але і гарний менеджмент, контракти с видатними фахівцями в той галузі, до якої відноситься бізнес. До людського капіталу також відносяться ноу-хау, які неможливо відділити від конкретної фізичної особи, тому що використання ноу-хау потребує не тільки знань як робити, но і вміння виконати відповідні операції. Для успішного управління людським капіталом менеджмент має слідувати за наступним набором параметрів: освіта; професійна кваліфікація; зв'язані з роботою знання та вміння; професійні схильності; психометричні характеристики.

Значні проблеми виникають з урахуванням інвестицій в людський капітал і оцінкою отриманих результатів. Витрати на навчання персоналу і підвищення його кваліфікації по правилам фінансового обліку слід відносити до витрат, а не до інвестицій, хоч з точки зору управлінського обліку їх краще відносити саме до інвестицій. Для оцінки результатів таких інвестицій багато підприємств розробляють досить складні системи обліку, що базуються на якісних показниках. Перехід від якісних показників до кількісних, що виражаються у грошах, достатньо проблематичний.

Структурний капітал – найбільш різномірна частина ІК. Сюда відносяться права інтелектуальної власності, інформаційні ресурси, інструкції і методики роботи, система організації підприємства і т.ін. При всій своїй різномірності саме структурний капітал в найбільшому ступені відповідає тому, що має назву НМА. До структурного капіталу відносяться систематизовані знання, в тому числі ноу-хау. Таким чином, ноу-хау є частиною як людського, так і структурного капіталу.

Будь-яка матеріальна і нематеріальна продукція в ринкових умовах має ціну, з якою вона може залучатися у господарчий обіг. Однак відповідних методичних, тим паче нормативних документів в МЕПР поки що не створено. В державних банках цифрової геологічної інформації накопичилися значні інформаційні ресурси, до складу яких входить багато об'єктів інтелектуальної власності, що належать на правах власності Україні, однак вони не оцінені і не узяті на облік у складі майна цих організацій. Відсутня навіть інструкція по інвентаризації цих об'єктів. Наряду з цим, значна кількість різноманітної науково-технічної продукції, що створюється у сфері природокористування, та значна кількість суб'єктів (інвесторів), що залучаються до її виробництва, потребують чіткого розмежування прав на власність, яка утворюється.

При цьому важливим є юридичне оформлення правовідносин між створювачами інтелектуальних цінностей і державою. На жаль, ця робота поки що не організована і відповідних методичних і нормативно-правових документів не існує. Є і інші невирішені нормативно-методичні, економічні і організаційні питання, що перешкоджають вводу у господарчий обіг результатів науково-технічної продукції і об'єктів інтелектуальної власності, отриманих за рахунок коштів державного бюджету.

Враховуючи, що сфера природокористування є достатньо складною системою, тому створювати нормативно-правову і методичну базу слід поетапно для окремих її блоків.

На першому етапі доцільно її розробити для найбільш наукоємного блоку – надрокористування, а потім створені документи адаптувати для інших блоків з урахуванням їх специфіки, тим паче що цілий ряд їх буде однотипним.

В надрокористуванні вже створено і функціонує достатньо розгалужена інфраструктура, здатна у стислі строки забезпечити впровадження у господарчий обіг результатів науково-технічної діяльності і об'єктів інтелектуальної власності, отриманих при геологічному вивченні і використуванні надр.

Для забезпечення державного контролю за використанням створених за рахунок державних коштів науково-технічної продукції і об'єктів інтелектуальної власності слід розробити автоматизовану систему для обліку їх руху на внутрішньому і зовнішньому ринках, що дозволить сформувати державну систему контролю за господарчим обігом результатів науково-технічної діяльності в сфері природокористування, в цілому, і в сфері надрокористування, зокрема.

Сьогодні говорити о шахтах як о привабливих об'єктах для інвестування досить складно. Однак, якщо розглядати шахту не тільки як підприємство по видобутку вугілля, а і як джерело отримання додаткової енергії, рідких і цінних металів, газів, а також очищеної води, тоді можливо і необхідно говорити об інвестиційній привабливості підприємств гірничовидобувної промисловості. В цьому випадку інвестор буде впевнений у стабільному отриманні прибутку. При цьому необхідно відмітити, що експлуатація технологій з комплексного використання надр буде приносити інвестору не «швидкі» дивіденти, але в досить тривалому періоді часу, навіть після виводу шахти з господарчої діяльності. Так, після відпрацювання пластів вироблений простір можливо використовувати як джерело геотермальної енергії без обмеження у часі. Шахтну воду, яку відкачують після закриття шахти, можливо використовувати в якості теплоносія або очищати і направляти на побутові потреби.

Як було наведено вище, при комплексному використанні надр важливим є постулат про випереджувальний розвиток інтелектуального капіталу перед забезпеченням матеріальними ресурсами. Розглянемо більш детально необхідні умови розвитку людського і структурного капіталу, як складових частин ІК.

Людський фактор на протязі багатьох років визнається визначальним для раціональної діяльності. Для КВН вивчення і підвищення ефективності людського капіталу необхідно розглядати в якості первонаочального етапу для впровадження цих технологій. Тому необхідні висококваліфіковані фахівці в сфері комплексного використання надр. Їх підготовку в 2008 році почали здійснювати в Донецькому національному технічному університеті на кафедрі природоохоронної діяльності. Підготовка фахівців рівня «бакалавр» здійснюється по спеціальності «Розробка родовищ корисних копалин», тобто студент отримує кваліфікацію «бакалавр з гірництва». Основні спеціалізовані дисципліни при підготовці цих фахівців можливо умовно поділити на наступні групи: дисципліни професійної та практичної підготовки спеціальності «Розробка родовищ корисних копалин», технології комплексного використання надр та організаційно-економічний блок. Подальша підготовка студентів буде здійснюватися по спеціалізації «Комплексне та раціональне використання надр» з викладанням профільюючих дисциплін.

Що стосується структурного капіталу, то для держави важливим є створення банку даних технологій з комплексного використання надр і інформації по патентам, отриманих в цій сфері діяльності. Інформація має бути доступна підприємствам гірничовидобувної галузі, а також для потенційних інвесторів. При цьому державі необхідно розробити систему забезпечення права власності на інноваційні технології і винаходи з урахуванням свого економічного інтересу. Що стосується інструкцій і методик роботи в цій сфері діяльності, то це також є компетенцією держави в особі спеціалізованих міністерств і відомств.

#### **Бібліографічний список:**

1. Шевченко Н. Шахт маты // Бизнес. – 2008, № 6. – С. 110-114.
2. Мінаєв О.А., Анциферов А.В., Костенко В.К. Раціональне використання надр – шлях до вирішення екологічних і соціально-економічних проблем вугледобувної галузі // Проблеми екології. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – № 1,2. – С. 3-6.
3. Шафоростова М.М. Організаційно-економічні інструменти ефективного надрокористування // Проблеми екології. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – № 1,2. – С. 139-143.
4. Зайченко В.Ю. Почему в России пренебрегают интеллектуальной собственностью? // Промышленные ведомости. – 2005, № 3.

ОМЕЛЬЧЕНКО Н.П. (Донбасская национальная академия строительства и архитектуры),  
КОВАЛЕНКО Л.И. (Донецкий национальный технический университет)

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВЕТЛЕНИЯ ШАХТНЫХ ВОД С ЦЕЛЬЮ ИХ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Запропоновані нові технології прояснення гірничих вод з використанням волокняних фільтрів. На її базі розроблені технологічні схеми очищення гірничих вод, які включають осереднювачі, обробку реагентами, відкриті гідроциклони, волокняні фільтри (тонкошарові відстійники). Додатково можуть включатися споруди для повторного використання гірничих вод: швидкі фільтри, устаткування коригування іонного складу води. Технологічні схеми впроваджені в проектних пропозиціях та в навчальному процесі ДонНТУ (в курсових проектах гірників-екологів).*

*Предложены новые технологии осветления шахтных вод с использованием волокнистых фильтров. На их базе разработаны технологические схемы очистки шахтных вод, включающие усреднители, реагентную обработку, открытые гидроциклоны, волокнистые фильтры (тонкослойные отстойники). Дополнительно могут включаться сооружения для повторного использования шахтных вод: скорые фильтры, установки корректировки ионного состава воды. Технологические схемы внедрены в проектных предложениях и в учебном процессе ДонНТУ (в курсовых проектах горняков-экологов).*

*New technologies of lighting up of mine waters are offered with the use of fibred filters. On their base the flowsheets of cleaning of mine waters are developed, including reagent treatment, opened hydrocyclons, fibred filters (sediment basins with fine layers). Additionally can be included building for the repeated use of mine waters: quick filters, options of adjustment of ionic composition of water. Flowsheets are inculcated in project suggestions and in the educational process of DonNTU (in the course projects of miners-environmentalists).*

**Введение.** Обеспеченность Донбасса водными ресурсами недостаточна, и такое положение будет усугубляться с предполагаемым наращиванием выпуска продукции промышленными предприятиями региона по мере выхода из кризиса. Структура промышленности Донбасса такова, что производство на большинстве предприятий водоемкое. В то же время недостаточно используется такой ресурс, как подземные шахтные воды. В связи с реструктуризацией угольной промышленности многие шахты Центрального Донбасса закрыты по схеме с работающим водоотливом или же с передачей шахтных вод на соседние работающие шахты. Таким образом, воды неработающих шахт откачиваются на поверхность и являются загрязнителями для природных водоисточников, а могли бы стать источниками технического водоснабжения.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Рекомендуемые отраслевыми и общими нормативными документами схемы очистки шахтных вод [1,2] являются громоздкими, требуют значительных капиталовложений, что в нынешних экономических условиях нереально.

Поставлена задача упростить традиционные решения по осветлению шахтных вод и привести их в соответствие с современным уровнем развития водоочистных технологий. При этом целесообразно не сбрасывать очищенные шахтные воды в природную водную среду, а найти им применение в качестве источника водоснабжения.

**Основной материал.** Результаты наших многолетних исследований в области очистки шахтных вод от взвешенных веществ, проведенных на шахтах Центрального Донбасса, позволили сформировать новые подходы к технологиям указанного направления.

Широко применяющаяся на практике технология осветления шахтных вод на поверхности заключается в их отстаивании в горизонтальных отстойниках без какой-либо предварительной обработки [1]. Производственный опыт показывает, что такие отстойники задерживают только крупные взвешенные примеси (мелкие частицы угля), работают в режиме песколовок, и дают недостаточный эффект осветления. Тонкодисперсные взвеси (глинистые частицы шахтных вод) имеют малую гидравлическую крупность и выносятся из отстойников. Это приводит к сбросу в природную водную среду недостаточно очищенных шахтных вод и заиливанию водных объектов. Проблема усугубляется отсутствием достаточно эффективных устройств для чистки зашламленных шахтных отстойников, что приводит к накоплению осадков в зоне осветления, их размыву и выносу в очищенную воду. При нерегулярной чистке отстойников возможны ситуации, когда мутность шахтной воды на выходе из сооружения превышает мутность исходной воды из водоотливного става.

Совокупность разработанных нами технологических новшеств привела к новому продвинутому решению по реконструкции шахтных отстойников, представленному на рис.1.

На первой стадии предложено отсекал крупные угольные частицы в открытом гидроциклоне (во избежание излишнего зашламления отстойников). В гидроциклоне происходит

также гидравлическая разгрузка – гасится избыточная энергия потока воды из става водоотлива. Шлам из гидроциклона представляет собой угольную пульпу с малой зольностью и может направляться на угольный склад. На выпуске из гидроциклона в шахтную воду вводится раствор катионного флокулянта (например, полимер пиридиновой соли). Для приготовления раствора устраивается небольшое реагентное хозяйство – помещение для хранения флокулянта и раствороно-расходный бак с перемешиванием сжатым воздухом. Вода, обработанная флокулянтом, поступает в отстойник и распределяется по его сечению известными устройствами.

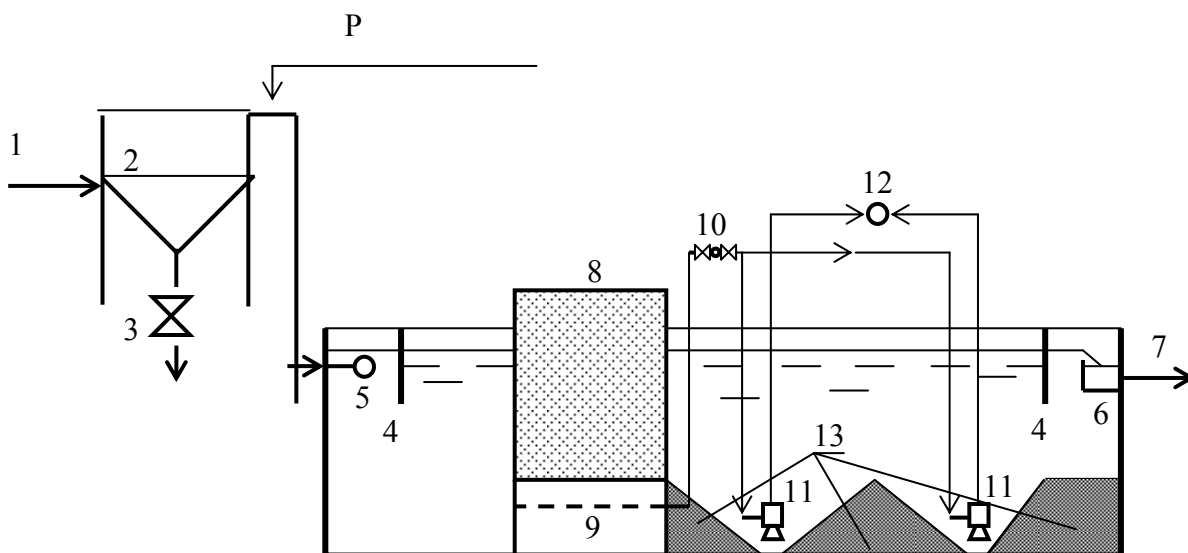


Рисунок 1 – Схема реконструкции шахтного отстойника

1 – подвод исходной воды из водоотлива, 2 – открытый гидроциклон, 3 – угольная пульпа, 4 – полупогружные перегородки, 5 – распределение воды в отстойнике, 6 - лоток для сбора осветленной воды, 7 – отвод осветленной воды, 8 – перегородка с волокнистой насадкой, 9 – распределительная система сжатого воздуха, 10 – подвод сжатого воздуха, 11 – эрлифты, 12 – сброс грязевой пульпы, 13 – бетонные отмостки, P – ввод реагента

В конструкцию отстойника вносятся два кардинальных изменения: устраивается объемная волокнистая перегородка в зоне осветления и пирамидальные ячейки в зоне накопления осадка после перегородки. Перегородка изготавливается в виде металлического каркаса, заполненного занавесками из волокнистых ершей. Толщина перегородки зависит от содержания взвесей в очищаемой шахтной воде гидравлической нагрузки на отстойники и составляет в среднем 2 м. Пирамидальные ячейки устраиваются из бетона и предназначены для накопления осадка и облегчения его удаления. В насадке идет процесс контактной коагуляции, сопровождающийся сначала накоплением тонкодисперсных взвесей в порах между волокнами, их укрупнением в грубодисперсные агрегаты, а после предельного заиливания порового пространства – выносом хлопьев из насадки. Образовавшиеся крупные агрегаты быстро осаждаются за перегородкой и накапливаются в ячейках пирамидального днища. Для интенсификации отрыва накопившихся в насадке загрязнений и периодической чистки волокон под перегородкой устраивается распределительная система сжатого воздуха из дырчатых труб, обеспечивающая периодический барботаж фильтрующей среды. Удаление осадка из отстойника также производится с помощью сжатого воздуха, который подается на эрлифты, всасывающие патрубки которых располагаются в вершинах пирамидальных ячеек. Грязевая пульпа из эрлифтов сливается в самотечную трубу и направляется на обезвоживание в шламонакопитель.

В период с 1984 года выполнены исследования по разработке новых технологий осветления шахтных вод на волокнистых насадках на шахтах им.Горького («Донецкуголь»), «Пролетарская-Крутая», «Холодная Балка» №3, «Октябрьская», «Советская», «Кировская-Западная», «Чайкино» («Макеевуголь»), им.Стаханова («Красноармейскуголь»), «Зуевская» («Октябрьуголь»), «Украина» («Луганскуголь»). Был предложен ряд технических решений как по интенсификации действующих очистных сооружений (шахтных отстойников) [3], так и по проектированию и изготовлению новых устройств для поверхностной и подземной очистки

шахтных вод [4,5]. Опыт работы полупроизводственных и производственных установок показал, что процесс осветления целесообразно разделить на несколько стадий, на каждой из которых будут удаляться взвеси определенной крупности.

Анализ гранулометрического состава взвесей шахтных вод показывает, что до 25% частиц представлено частицами угля крупностью более 1 мм. Их осаждение без проблем осуществляется в шахтных отстойниках – песколловках по своей сути. Проблема возникает на стадии чистки этих отстойников от осадка. Отсутствие эффективных технологий чистки шахтных отстойников делает эту процедуру трудоемкой и редко выполняемой. Отстойники зашламливаются и вместо очистки загрязняют шахтные воды. Оптимальным решением представляется использование в качестве сооружений первой стадии осветления открытых гидроциклонов, в которых действие сил гравитации усиливается полем центробежных сил, а выгрузка осадка из конической части осуществляется периодически под гидростатическим давлением по сбросной трубе с запорным устройством. Выгруженный шлам может направляться после простейшего обезвоживания на склад угля.

Тонкодисперсные частицы угольной пыли и размытых горных пород в шахтных отстойниках не задерживаются без применения реагентов. Обработка традиционными реагентами неэффективна для шахтных вод. Так, применение коагулянтов типа сернокислого алюминия дает большой объем рыхлых осадков, которые трудно обезвоживать, и требует громоздкого реагентного хозяйства. Использование полиакриламида, неионогенного флокулянта, практически не вызывает агрегацию примесей шахтных вод и не интенсифицирует осветление. Исследования показали, что наиболее эффективна обработка очищаемой воды катионными флокулянтами (используемыми в частности в процессах обогащения полезных ископаемых). Эти реагенты дают плотные осадки, достаточны в малых дозах (на порядок меньше доз коагулянтов), требуют простого хозяйства.

В качестве сооружений второй стадии осветления для удаления агрегированных частиц возможно использование или тонкослойных отстойников ДонУГИ (наиболее удачная конструкция отстойных устройств), или разработанных в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры волокнистых фильтров. Преимуществом последних является использование принципа контактной коагуляции, что ускоряет изъятие загрязнений. Это новые устройства, отличающиеся большой удельной поверхностью, пористостью и грязеемкостью фильтрующей загрузки. Загрязненная волокнистая насадка без проблем чистится сжатым воздухом, линии которого имеются и на шахтных поверхностях, и под землей.

Параллельно предлагаемая технология обеспечивает изъятие из воды нефтепродуктов.

После второй стадии осветления содержание взвешенных веществ в воде не превышает 20 г/м<sup>3</sup> и она может сбрасываться в природную водную среду или направляться для повторного использования в качестве технической воды.

Использование очищенных шахтных вод для нужд пожаротушения, пылеподавления, водоснабжения душей и прачечных с целью экономии воды питьевых водопроводов возможно после глубокого осветления на традиционных зернистых скорых фильтрах и обеззараживания.

Все перечисленные сооружения должны эксплуатироваться в режиме с постоянными расходами очищаемой воды, в то время как шахтный водоотлив работает неравномерно. Поэтому напрашивается техническое решение с устройством в начале очистных сооружений усреднителей, в качестве которых можно использовать имеющиеся шахтные отстойники. Исходная вода подается на очистку из усреднителей с постоянным расходом малонапорными насосами. При этом часть воды закачивается этими же насосами в дырчатые трубы, укладываемые по дну отстойников, переоборудованных в усреднители, для предотвращения выпадения крупных взвесей. После подъема воды насосами движение воды по сооружениям осуществляется самотеком.

Образующиеся в технологии осадки и промывные воды следует направлять в осадкоуплотнители, в качестве которых можно использовать секции имеющихся шахтных отстойников. Вода, отделившаяся при этом от осадка, направляется в усреднители или резервуары технической воды, а уплотненный осадок – в шламонакопители.

Полученная в результате приведенных соображений схема очистки шахтных вод приведена на рис.2.

Наш анализ показывает, что оптимальным решением является осветление шахтных вод под землей. При этом достигаются следующие преимущества: на поверхность выдается осветленная вода, которая может сбрасываться без очистки; часть очищенной воды может по-



даваться на технологические нужды подземных горных работ, вследствие чего уменьшаются затраты на откачку и достигается экономия "свежей" воды из водопровода; уменьшается износ насосов водоотлива; образующиеся осадки складировываются под землей. Размещение водоочистного оборудования в горных выработках накладывает ряд ограничений на его габариты и компоновку: предпочтительно оборудование заводского изготовления; целесообразно использование существующих выработок; ограниченные габариты горных выработок, особенно по высоте; оборудование должно быть компактным и высокопроизводительным. В соответствии с этими требованиями предложена новая технология осветления шахтных вод в подземных условиях [ 5].

В основе предлагаемой технологии волокнистый фильтр с насадкой в форме ершей. Предварительно в обрабатываемую воду вводится реагент (предпочтительнее катионный флокулянт), после воздухоотделения шахтная вода фильтруется через волокнистую насадку из ершей из синтетических волокон. Волокнистый фильтр состоит из отдельных секций, в каждой из которых фильтровальный поток движется сначала сверху вниз, а затем снизу вверх, устройство фильтра защищено патентом N I787042.

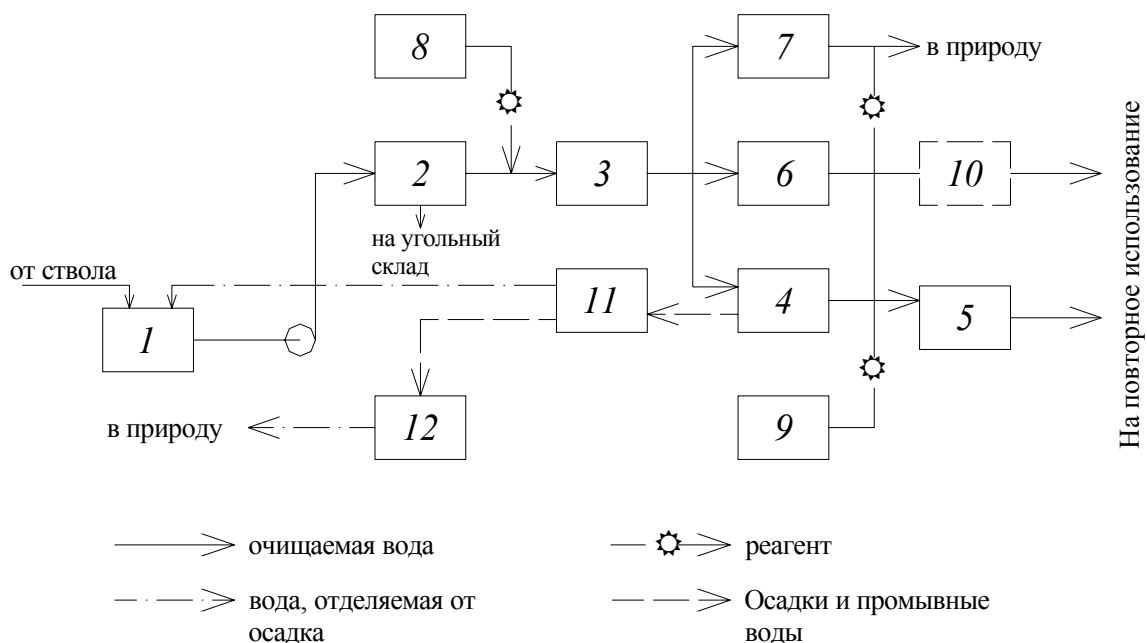


Рисунок 2 – Предлагаемая схема очистки и повторного использования шахтных вод

1 - усреднитель, 2 - открытый гидроциклон, 3 - тонкослойный отстойник (волоконный фильтр), 4 - скорый фильтр, 5 - резервуар чистой воды, 6 - резервуар технической воды, 7 - пруд, 8 - реагентное хозяйство, 9 - хлораторная, 10 - сооружения корректировки ионного состава воды, 11 - стугистель осадка, 12 - осадконакопитель

За счет контактной коагуляции взвешенные частицы прилипают к волокнам насадки и удаляются из воды. Регенерация насадки производится путем продувки сжатым воздухом и опорожнения секции в сток. Использование в технологии катионного флокулянта позволяет отказаться от коагулянта, вводить малые дозы реагента (и иметь компактное реагентное хозяйство), получать плотный осадок в порах насадки.

Представляется целесообразным повторное использование очищенных шахтных вод не только для нужд самого угледобывающего предприятия, но и для технического водоснабжения ближайших предприятий: автотранспортных, изготовления строительных материалов, коксохимии и т.п. При этом может понадобиться корректировка ионного состава воды - умягчение (устранение жесткости), подкисление или подщелачивание. Экономически невыгодным представляется обессоливание или опреснение шахтных вод для их повторного использования. Если минерализация шахтной воды превышает требуемую потребителем, то реальны два пути: разбавление ее атмосферными осадками в прудах или смешивание с водопроводной водой.

Таким образом, в основе предлагаемых решений лежат принципы уменьшения вредного влияния шахтных вод на природную водную среду и рационального использования водных

ресурсов.

Предлагаемые схемы очистки и повторного использования шахтных вод внедрены в виде проектных предложений, а также в курсовых проектах по дисциплине «Проектирование очистных сооружений», выполняемых под руководством автора на факультете геотехнологий и управления производством Донецкого национального технического университета студентами специализации «Экология горного дела». Разработки будут также внедрены в курсовых проектах по дисциплине «Технологии использования шахтных вод» для студентов специализации «Комплексное использование недр».

**Выводы.** Предложенные технологии осветления шахтных вод позволяют усовершенствовать эксплуатацию очистных сооружений (упростить чистку сооружений от грубодисперсных взвесей), увеличить эффект осветления за счет использования контактной коагуляции, максимально использовать имеющиеся на шахтах очистные сооружения (шахтные отстойники), использовать очищенные шахтные воды для технического водоснабжения, уменьшить загрязнение природных вод шахтными.

#### **Библиографический список:**

1. Технологические схемы очистки от взвешенных веществ и обеззараживания шахтных вод. Каталог. – М.: ЦНИЭИуголь, 1985. – 67 с.
2. Проектирование сооружений для очистки сточных вод (Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85) – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с.
3. Омельченко Н.П., Пудвиль В.Р. О повышении эффективности работы шахтных отстойников с применением волокнистых перегородок. Инф. письмо ЦБНТИ МУП СССР, 1990. – 3 с.
4. Пудвиль В.Р. Очистка шахтных вод от механических примесей в фильтрах с волокнистой насадкой. Сборник научных трудов «Новые технологические процессы и оборудование в области очистки воды и трубопроводов». – К.: УМК ВО, 1991. – С. 89 – 92.
5. Омельченко Н.П., Камышан В.В., Пудвиль В.Р. Новая технология очистки шахтных вод в подземных условиях // Уголь Украины, 1992. – № 2 – С. 22 – 23.

ВЕНГЕРОВ И.Р. (Донецкий физико-технический институт НАНУ), КОСТЕНКО В.К., ТОЛКАЧЕВ О.Э., САЛЕХИРАДЖ С. (Донецкий национальный технический университет)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШАХТНОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА**

*Приведено рішення задачі тепломасопереносу в шахтному геотермальному теплообміннику, що використовується для витягання теплоти надр з метою її утилізації. Отримано залежності, необхідні для оптимізації технологічних параметрів промислових установок.*

*Приведено решение задачи тепломассопереноса в шахтном геотермальном теплообменнике, используемом для извлечения теплоты недр с целью ее утилизации. Получены зависимости, необходимые для оптимизации технологических параметров промышленных установок.*

*The decision of task of teplomassoperenosa is resulted in mine geothermal teploobmennike, in-use for extraction of warmth of bowels of the earth with the purpose of its utilization. Dependences, necessary for optimization of technological parameters of the industrial settings, are got.*

Сложившаяся в угольной промышленности Украины кризисная обстановка вызвана как организационно-техническими так природными факторами. За период разработки каменноугольных месторождений Донбасса, залегающие на сравнительно небольших глубинах, мощные угольные пласты исчерпаны. Результатом этого стало монотонное уменьшение с годами мощности обрабатываемых пластов, углубление рабочих горизонтов, ухудшение безопасности ведения горных работ, рост себестоимости добытого угля. Разработку пластов малой мощности приходится осуществлять в метановой области углепородного массива, при температурах относительно неустойчивых вмещающих пород более 30...50<sup>0</sup>С. Состояние шахтного фонда и существующие технологии, наряду с организационно-экономическими проблемами, не позволяют существенно изменить эту ситуацию. Один из возможных путей преодоления кризиса – применение качественно новых технологических подходов к извлечению ресурсов подземных месторождений.

В перспективе представляется возможным использование на глубоких шахтах геотермальной энергии для технологических целей и для реализации потребителям в виде электрической и тепловой энергии, других типов продукции. Прогресс современных технологий ко- и тригенерации энергии низкопотенциальных тепловых источников открывает перспективы утилизации теплоты извлекаемой из недр при работе шахт в виде воздушногазовых, водных, углепородных потоков, однако их ресурсы ограничены.

Обеспечить высокий уровень извлекаемой из недр энергии можно за счет использования теплового потенциала выработанных пространств. Основанием для такого предложения послужили результаты многолетних наблюдений за температурой воздуха, движущегося по протяженным вентиляционным маршрутам. Отечественные и зарубежные исследователи установили, что воздух, проходящий несколько километров по подземным горным выработкам, нагревается до температуры окружающего массива. Такой тепловой режим может оставаться постоянным в течение десятилетий. Охлаждаемые стенки выработок постоянно подогреваются теплотой, поступающей из недр планеты. В какой-то степени инертности этого процесса способствует подпитка теплым воздухом в летний период, когда температура поступающего в шахту воздуха превышает среднегодовой уровень, составляющий для Донбасса около 9<sup>0</sup>С.

Увеличить объем извлекаемой энергии предложено, создавая в отработанных частях горного массива, так называемые, шахтные геотермальные теплообменники (ШГТ). Они представляют собой систему каналов-выработок в выработанном пространстве лавы, по которым движется теплоноситель, как правило, воздух (рис.1). Лабиринтная конфигурация сети каналов может иметь самую разнообразную схему: последовательную, параллельную, комбинированную. Она должна гарантировать нагрев проходящего через нее воздуха до температуры окружающих пород в течение нескольких десятков лет.

Необходимая конфигурация сети каналов создается с помощью вентиляционных сооружений, в основном перемычек. Производя переключение потоков, с их помощью можно обеспечивать рекреацию отдельных участков теплообменника, увеличивая продолжительность его функционирования. Создание каналов в выработанном пространстве в настоящее время не представляет технических трудностей. Кроме того, известны технологические схемы выемки угля

с неполной закладкой выработанного пространства, остающиеся при этом незаполненными участки могут служить каналами.

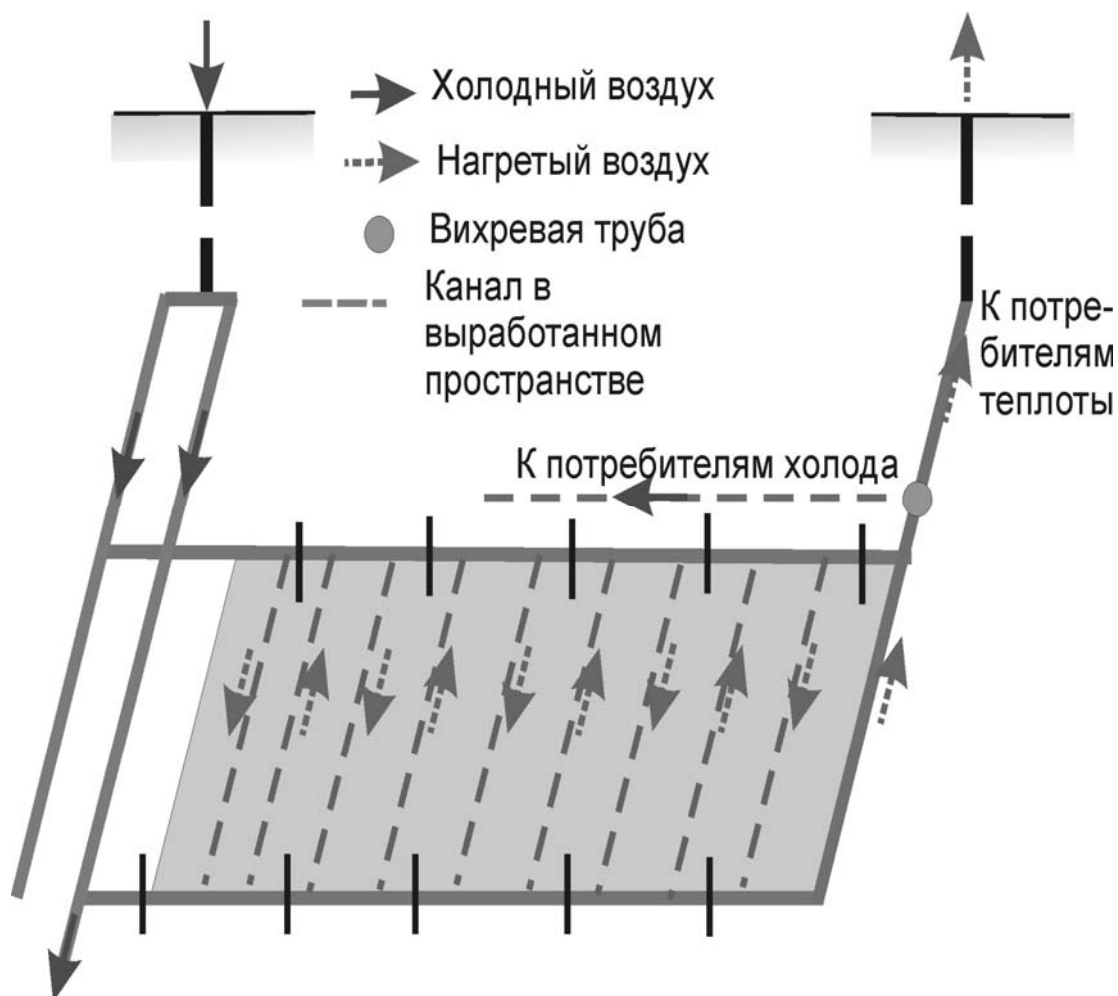


Рисунок 1 – Схема геотермального теплообменника в выработанном пространстве, образовавшемся после выемки угля.

После того, как воздух проходит по лабиринту каналов, нагретый до температуры горного массива он поступает в трансформатор энергии, это может быть тепловой насос, вихревая труба, турбохолодильник или устройство другого типа. С их помощью выполняют разделение потока на две струи - горячую и холодную. Первую из них можно использовать для получения электроэнергии путем прямого превращения тепла в электричество или с помощью паротурбинной установки, а также для иных целей. Холодный поток целесообразно использовать для кондиционирования воздуха на подземных рабочих местах.

В первом приближении, авторами теоретически исследован механизм переноса в ШГТ. Было получено выражение для зависимости температуры воздуха, движущегося в канале шахтного геотермального теплообменника, от расстояния  $x$  от входа в ШГТ и безразмерного времени  $F_0 = at / R_0^2$  ( $a$  – коэффициент температуропроводности горных пород,  $t$  – время,  $R_0$  – эквивалентный радиус сечения канала ШГТ):

$$T_B(x, F_0) = T_{B1}(F_0) + [T_{П1} - T_{B1}(F_0)][1 - \exp(-Kx)], \quad (1)$$

где:  $T_{B1}(F_0), T_{П1}$  – соответственно температуры воздуха на входе в канал и горных пород на данной глубине ( $T_{П1} = T_{П1}(H)$ );  $K = K(B_i, F_0)$  – величина, определяемая видом аппроксимации температурного поля массиве.

В [1] была использована квадратичная аппроксимация (по А.Ф. Воропаеву) температурного поля.

В ранее выполненных работах, обзор которых содержится в [2], была предложена и успешно использована экспоненциальная аппроксимация температурного поля:

$$T(r, t) = T_{cm}(t) + [T_{\Pi} - T_{cm}(t)] \left[ 1 - \exp\left[-\beta \left(\frac{r - R_0}{\delta_3(t)}\right)\right] \right], \quad (2)$$

где  $T_{cm}(t)$  - температура стенки канала,

$\delta_3(t) = r_3 - R_0 = 4\sqrt{at}$  - ширина охлажденной зоны горного массива,

$\beta$  - численный коэффициент, определяемый условиями определения  $r = r_3$  - «фронта» температурного поля.

Если потребовать соблюдения неравенств:  $g_3 / g_0 \leq 10^{-3}$ ,  $\delta T_3 / \Delta T \leq 10^{-3}$ , где  $g_3, g_0$  - соответственно плотности потоков тепла через поверхности  $r = r_3$  и  $r = R_0$ , а  $\delta T_3, \Delta T$  - соответственно перепады температур  $\delta T_3 = T_{\Pi} - T(r_3)$  и  $\Delta T = T_{\Pi} - T_{cm}$ , то из (2) получим, что  $\beta = 6,9$ . Таким образом, (2) принимает вид:

$$T(r_1 t) = T_{cm}(t) + [T_{\Pi} - T_{cm}(t)] \left\{ 1 - \exp\left[-6,9 \left(\frac{r - R_0}{4\sqrt{at}}\right)\right] \right\} \quad (3)$$

Сравнение безразмерных температур  $\theta_1$  и  $\theta_2$  стенки канала, вычисленных по (3) и по квадратичной аппроксимации [1] с безразмерной температурой  $\theta_{cm}$  из точного решения задачи О.А. Кремнева [3,4], показало, что  $\theta_1$  лучше приближает  $\theta_{cm}$  ( $\theta_1 \approx \theta_{cm}$ ).

Таким образом, для  $T_B(x, F_0)$  по (1) необходима коррекция, учитывающая более точную формулу (3). Опуская выкладки, скорректированную формулу запишем в виде:

$$T_B(x, F_0) = T_{B1}(F_0) + [T_{\Pi} - T_{B1}(F_0)] [1 - \exp(-\tilde{K}\xi)], \quad \xi = \frac{x}{R_0}, \quad (4)$$

где  $\tilde{K}$  - скорректированное значение величины  $K$ :

$$\tilde{K} = \left(\frac{\alpha \pi R_0}{\gamma c_p S \nu}\right) (1 + 0,58 B_i \sqrt{F_0}) \quad (5)$$

Обозначения величин в выражении (5) соответствует [1]. Исходя из (4) с учетом (5) получим выражение для коэффициента эффективности  $\eta$  ШГТ.

Критерием эффективности работы ШГТ является, очевидно, условие максимальности количества тепла, переданного горным массивом воздушному потоку.

$$\Delta Q(\xi, F_0) = C_p G [T_B(\xi, F_0) - T_{B1}(F_0)] = \max. \quad (6)$$

Теоретически возможное максимальное значение  $\Delta Q(\xi, F_0)$  достижимо при бесконечной длине канала ШГТ, т.е. при  $\xi \rightarrow \infty$ :

$$\Delta Q_{\max} = \lim_{\xi \rightarrow \infty} \Delta Q(\xi, F_0) = \Delta Q(\infty, F_0) = C_p G [T_{\Pi} - T_{B1}(F_0)] \quad (7)$$

Коэффициент  $\eta$  эффективности ШГТ вводим формулой:

$$\eta = \frac{\Delta Q(\xi, F_0)}{\Delta Q_{\max}}, \eta \in [0,1] \quad (8)$$

из которой следует, что  $\eta_{\max} = 1$  достижимо лишь при  $\xi \rightarrow \infty$ .

Для реального ШГТ необходимо задаться таким  $\xi = \xi_*$ , при котором  $\eta$  приняло бы значение, достаточно близкое к 1 (в частности принято  $\eta_* = \eta(\xi_*) = 0,9$ ). Возможен и другой выбор  $\eta_*$ , поэтому целесообразно рассчитать все значения функции  $\eta = \eta(\xi, F_0)$  в диапазоне изменения аргументов:  $\xi \in [0,4500], F_0 \in [1,15]$ . Для  $R_0 = 1,5$  м и средних по Донбассу значениях теплофизических параметров [5], это соответствует длине каналов до 6750 м и времени работы ШГТ от 1,2 месяца до полутора лет. Формулу для расчетов  $\eta(\xi, F_0)$  получим, подставив в (8) формулы (4) ÷ (7):

$$\eta = \eta(\alpha, \vartheta, R_0, a, F_0, \xi) = 1 - \exp\left[\frac{0,193 \cdot 10^{-2} (\alpha / \vartheta)}{1 + 0,58B_i \sqrt{F_0}}\right] \quad (9)$$

В (9) учтены средние значения плотности и удельной теплоемкости воздуха и теплофизических характеристик горных пород [5], а коэффициент теплообмена  $\alpha$  вычисляется по известной зависимости ( $\alpha \approx \vartheta^{0,8}$ ) [5].

Численные расчеты на ПК проведены по формуле (9) для трех вариантов значений скорости воздуха в канале:  $\vartheta_1 = 2$  м/с;  $\vartheta_2 = 3$  м/с;  $\vartheta_3 = 4$  м/с и в ранее указанных пределах изменения аргументов  $\xi$  и  $F_0$ .

Параметры  $\alpha, \vartheta, F_0$  в (9) относятся к режимным (поскольку  $\alpha = \alpha(\vartheta)$ , а  $\vartheta$  регулируемая величина), а параметры  $R_0, a, \xi$  - к технологическим (они задаются местонахождением и длиной канала ШГТ). Заметим, что согласно (9) коэффициент эффективности (фактически – аналог к.п.д.) от температуры пород  $T_{\Pi}$  не зависит. Результаты расчетов трех указанных вариантов приведены в таб. 1 и на рис. 1,2,3.

Таблица 1 – Результаты расчетов показателей  $\eta$  эффективности геотермального теплообменника

|       |       | при $\vartheta = 2, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-------|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| $\xi$ | $F_0$ | 0  | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  | 4500 |
| 1     | 0     | 0,508  | 0,758 | 0,881 | 0,941 | 0,971 | 0,986 | 0,993 | 0,997 | 0,998 |      |
| 3     | 0     | 0,354  | 0,583 | 0,730 | 0,826 | 0,887 | 0,927 | 0,953 | 0,970 | 0,980 |      |
| 5     | 0     | 0,292  | 0,499 | 0,645 | 0,749 | 0,822 | 0,874 | 0,911 | 0,937 | 0,955 |      |
| 7     | 0     | 0,256  | 0,446 | 0,588 | 0,693 | 0,771 | 0,830 | 0,873 | 0,906 | 0,930 |      |
| 10    | 0     | 0,221  | 0,393 | 0,527 | 0,631 | 0,713 | 0,776 | 0,826 | 0,864 | 0,894 |      |
| 15    | 0     | 0,186  | 0,337 | 0,460 | 0,561 | 0,642 | 0,709 | 0,763 | 0,807 | 0,843 |      |

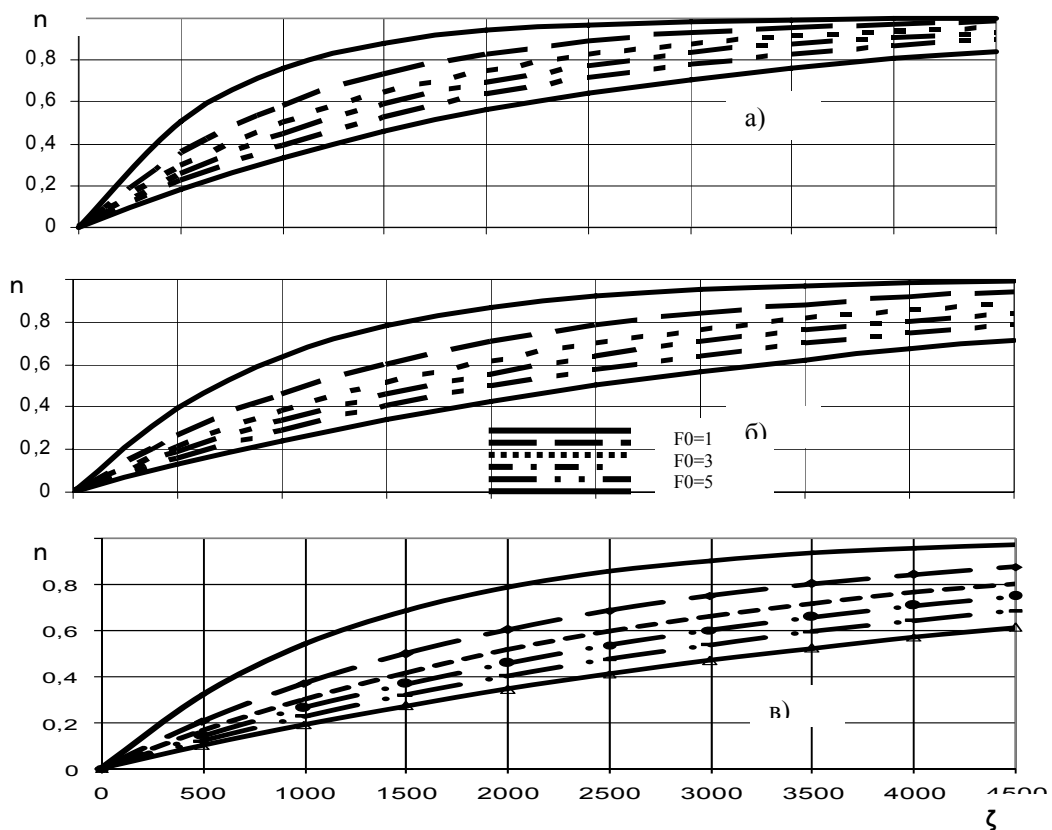
|       |       | при $\vartheta = 3, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-------|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| $\xi$ | $F_0$ | 0  | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  | 4500 |
| 1     | 0     | 0,396  | 0,635 | 0,779 | 0,867 | 0,919 | 0,951 | 0,971 | 0,982 | 0,989 |      |
| 3     | 0     | 0,261  | 0,454 | 0,597 | 0,702 | 0,780 | 0,837 | 0,880 | 0,911 | 0,934 |      |

|  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 5  | 0     | 0,211 | 0,378 | 0,509 | 0,613 | 0,695 | 0,759 | 0,810 | 0,850 | 0,882 |      |
| 7  | 0     | 0,183 | 0,332 | 0,454 | 0,554 | 0,636 | 0,702 | 0,757 | 0,801 | 0,838 |      |
| 10   | 0     | 0,156 | 0,288 | 0,399 | 0,493 | 0,573 | 0,639 | 0,696 | 0,743 | 0,783 |      |
| 15   | 0     | 0,130 | 0,244 | 0,342 | 0,428 | 0,502 | 0,567 | 0,624 | 0,673 | 0,715 |      |
| при $\vartheta = 4, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| $F_0$  | $\xi$ | 0     | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  | 4500 |
| 1  | 0     | 0,322 | 0,540 | 0,688 | 0,788 | 0,856 | 0,903 | 0,934 | 0,955 | 0,970 |      |
| 3  | 0     | 0,206 | 0,369 | 0,499 | 0,602 | 0,684 | 0,749 | 0,801 | 0,842 | 0,874 |      |
| 5  | 0     | 0,165 | 0,303 | 0,418 | 0,514 | 0,594 | 0,661 | 0,717 | 0,764 | 0,803 |      |
| 7  | 0     | 0,142 | 0,264 | 0,368 | 0,458 | 0,535 | 0,601 | 0,657 | 0,706 | 0,748 |      |
| 10   | 0     | 0,121 | 0,227 | 0,320 | 0,402 | 0,474 | 0,538 | 0,594 | 0,643 | 0,686 |      |
| 15   | 0     | 0,100 | 0,190 | 0,271 | 0,344 | 0,410 | 0,469 | 0,522 | 0,570 | 0,613 |      |

Оптимизация ШГТ может быть осуществлена после формулировки соответствующего критерия (по минимизации капитальных и эксплуатационных затрат, по теплотехнической эффективности и т.п.).

Рисунок 2 – Эффективность ШГТ ( $\eta$ ) при  $v=2$  (а), 3 (б), 4 (в);  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$  и длине канала  $\zeta$

Формула (9) может быть при этом весьма полезна. Предварительные, основанные на результатах расчетов трех вариантов, предложения по оптимизации ШГТ можно сформулировать таким образом:



1. Из рисунков 1,2,3 следует, что с увеличением времени эксплуатационного режима ШГТ, его эффективность снижается. Поэтому следует ограничить это время первыми, небольшими значениями  $F_0$ .
2. Из тех же кривых (как и из таблиц 1,2,3) видно, что с ростом скорости движения воздушного потока  $\vartheta$  (или его расхода  $G$ )  $\eta$  уменьшается. (Физический смысл чего ясен: воздух,

двигаясь быстрее, меньшее время получает от горного массива тепло). Поэтому оптимизация по скорости движения потока должна осуществляться на основе компромисса между тенденцией роста  $\eta$  при снижении  $\mathcal{G}$  и роста  $\Delta Q(\xi, F_0)$  при увеличении  $\mathcal{G}$ .

3. Оптимизировать величину  $\xi_*$  длину канала ШГТ возможно, задавшись (с помощью других критериев оптимальности) величиной  $\eta_*$ . Для  $\xi_* = 0,9$  из рис.1 находим:  $\xi_* \approx 1600$  при  $F_0 = 1$ ,  $\xi_* \approx 2600$  при  $F_0 = 3$ ,  $\xi_* = 4000$  при  $F_0 = 5$ . Аналогично можно использовать и рис. 1,2,3.
4. Оптимизация в этом случае так же требует нахождения компромисса между тенденциями уменьшения длительности эксплуатационного цикла ШГТ при относительно коротких каналах и росте капитальных и эксплуатационных затрат при длинных каналах, позволяющих ШГТ эффективно работать при более продолжительных эксплуатационных циклах.

### Библиографический список:

1. Костенко В.К., Венгеров И.Р. Математическая модель эксплуатационного режима шахтного геотермического теплообменника. – Вісті Донецького гірничого інституту, 2007, № 2, с. 86-89.
2. Венгеров И.Р. Хроноартефакты термодинамики. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 236с.
3. Щербань А.Н., Кремнев О.А. Научные основы расчета и регулирования теплового режима глубоких шахт: в 2-х томах. – т. 1. – Киев: Издательство АН УССР, 1954. – 430 с.
4. Венгеров И.Р. Неоднородные модели горной теплофизики. – В кн.: Физико-технические проблемы горного производства. //Сборник научных работ, выпуск 10 – Донецк: ИФГП НАНУ, 2007 с. 60-80.
5. Кузин В.А., Величко А.Е., Хохотва Н.Н. и др. Единая методика прогнозирования температурных условий в угольных шахтах. – Макеевка – Донбасс: Издательство Мак НИИ, 1979. 196 с.



БЕЛЯЄВА О.Л., ІВАНОВА Ю.Б., БЕЛЯЄВА Г.Є. (Донецький національний технічний університет)

## ПЕРСПЕКТИВИ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ШАХТНИХ ВОД ЯК РЕСУРС ПРОМИСЛОВОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ДОНБАСУ

*В роботі розкриті світові, державні і регіональні проблеми використання водних ресурсів. В огляді надано аналіз існуючого положення в галузі очищення шахтних вод; визначено напрямки поліпшення якості шахтної води; розкриті можливості комплексного використання шахтних вод як ресурс промислового водопостачання Донбасу*

*В работе раскрыты всемирные, государственные и региональные проблемы использования водных ресурсов. В обзоре представлен анализ существующего положения в области очистки шахтных вод; определены направления улучшения качества шахтной воды; раскрыты возможности комплексного использования шахтных вод как ресурс промышленного водоснабжения Донбасса*

*The world, state and regional problems of the use of water resources are exposed in this work. The analysis of existent position in area of cleaning of mine waters is given in a review; directions of improvement of quality of mine water are certain; possibilities of the complex use of mine waters as resource of industrial water-supply of Donbass are exposed.*

**Вступ.** Проблеми забруднення і перспективи комплексного використання водних ресурсів гірничих підприємств повинні розглядатись з урахуванням сучасних аспектів розвитку галузі та тенденцій світового економічного розвитку в поєднанні з особливостями розвитку економіки України для зменшення негативного впливу і відтворення водних ресурсів держави.

В 2005 році розпочалось проголошене Організацією Об'єднаних Націй Всесвітнє десятиріччя дій «Вода для життя», що має консолідувати зусилля міжнародної спільноти з метою збереження водних ресурсів, забезпечення прісною водою населення, яке не має доступу до прісної води [1].

«Вода для життя» фокусує увагу на глобальних проблемах, пов'язаних з водним фактором. Адже економічне використання водних ресурсів та забезпечення адекватних санітарних умов для здорового життя - базові положення забезпечення прав людини. У посланні Генерального секретаря ООН Кофі Анана говориться:

- понад 1 мільярд людей не мають доступу до водних ресурсів;
- понад 2,4 мільярда потребують забезпечення належних санітарних умов водоспоживання;
- відсутність чистої води і санітарно-гігієнічних умов є причиною 80% всіх захворювань;
- більше 5 млн. людей щорічно вмирають від хвороб, викликаних вживанням забрудненої води;
- біля половини річок планети сильно забруднені, а їхні ресурси вичерпані;
- 2 млрд. людей практично повністю залежать від ресурсів підземних вод, надмірна відкачка яких загрожує виснаженням водоносних об'єктів до кінця вже нинішнього десятиліття.

**Мета роботи** – розкрити можливості комплексного використання шахтних вод як ресурс промислового водопостачання Донбасу

Завдання роботи: розкрити світові, державні і регіональні проблеми використання водних ресурсів; надати аналіз існуючого положення в галузі очищення шахтних вод; визначитися з напрямками поліпшення якості шахтної води.

Вода є найпоширенішою речовиною на землі, і потреба у ній значна. Населення землі за добу використовує 7 млрд. т води. Обсяг річкових вод становить лише 0,002% загальних запасів води на Землі, але їх значення важко переоцінити.

На світовому ринку сектор технологій інтенсивного водокористування водоефективних, водозберігаючих і водозахисних все активніше розвивається і розширяється по мірі посилення глобального водоефіциту. В секторі виробників водоемної продукції продавцями можуть виступати тільки країни, що мають водні ресурси в надлишку в порівнянні з своїми внутрішніми потребами. Ринок водоемної продукції це ринок продукції, а не сировини [2]. Ресурс, що використовується, тобто прісна вода – відтворний і невичерпний (природно, при виконанні водозахисних правил, дотриманні гідрологічних і екологічних норм водокористування).

На основі цього була розроблена Концепція використання водних ресурсів, фінансована Всесвітнім банком [3]. Основні теми Десятиріччя «Вода для життя», зокрема, такі: дефіцит води, доступ до санітарії й медичного обслуговування, проблеми водопостачання, формування потенціалу, фінансування, вартісна оцінка, комплексне управління водними ресурсами,

трансграничні питання, пов'язані з водою, навколишнє середовище й біорізноманіття, продовольство й сільське господарство, забруднення й енергетика.

Координатором Десятиріччя «Вода для життя», 2005 – 2015 роки, є Механізм «ООН– водні ресурси», у рамках якого взаємодіють всі установи і департаменти, що займаються питаннями водопостачання.

Щодо стану справ в Україні, то за визначенням Європейської економічної комісії ООН, держава, водні ресурси якої не перевищують 1,5 тис. м<sup>3</sup> річного стоку на людину, вважається водонезабезпеченою. За запасами води, доступними для використання в Україні, у середньоводні роки на людину припадає 1,09 тис. м<sup>3</sup>, а у маловодні – 0,62 тис. м<sup>3</sup> води. Централізованим водопостачанням забезпечено 65% українців: 83% - у містах, 26% у сільській місцевості. Водною з колодязів користується близько 11 млн. громадян України. За офіційними даними, 1,8 млн. колодязів забруднені [4].

Стан поверхневих вод є інтегральним показником загального стану суспільства, його цілей, пріоритетів та культури господарювання. Лише наявність затвердженого на державному рівні нормативу якості питної води, контроль за дотриманням якого покладено на спеціально уповноважені державні структури, може свідчити про контрольовану суспільством відповідальність держави за здоров'я населення, своє майбутнє і гарантії права споживача. На жаль, відсутність нормативно-правового визначення «питна вода» унеможливує здійснення державного санітарного нагляду за якістю питної води в Україні.

Наявна українська нормативно-законодавча база у водній галузі по ряду питань нечітко розподіляє відповідальність за виконання та контроль між державними структурами різних відомств та органами місцевого самоврядування. Як наслідок - відсутність єдиної концепції та стратегії зміни на краще, яка б гарантувала навіть у майбутньому досягнення якості питної води прийнятих у Європейському Союзі.

Для зупинки тенденції погіршення якості води необхідно:

- визначитись з максимально допустимим обсягом забору води з поверхневих водоем для всіх галузей промисловості, виходячи з гідрологічного циклу та ресурсів;
- відмовитись від існуючої політики, що орієнтована на нормування обсягів скидів, бо діюча методика дозволяє обґрунтувати скиди до поверхневих вод незалежно від їх стану та не гарантує екологічно- безпечного стану природних водоем, а відповідно якісної питної води;
- зобов'язати підприємства-водокористувачі в найкоротші терміни своїми коштами реалізувати водогосподарські заходи по очищенню скидів в поверхневі води, що має бути умовою та контролюватись при видачі дозволу на спеціальне водокористування;
- забезпечити стійкість і збалансованість екосистем басейну не порушуючи природного кругообігу води в єдності складових і факторів об'єктивно існуючої соціально-еколого-економічної системи;
- перейти до басейнового принципу управління водогосподарською діяльністю [5].

Ці та ряд інших положень закладені у Рамковій Водній Директиві Європейського Союзу, яка набрала чинності з грудня 2000 року в країнах Євросоюзу та в країнах - кандидатах на вступ до ЄС. Показником та оцінкою всієї водогосподарської діяльності може бути лише додержання показників державного стандарту на питну воду.

Стратегічною метою та орієнтирами державної водогосподарської політики, до реалізації та контролю якої має залучитись широка громадськість, повноважні представники споживачів питної води мають стати: досягнення показників питної води, що діють в ЄС; визначення та дотримання граничних обсягів водоспоживання в цілому в Україні, усіх галузях промисловості та комунального господарства, в межах граничного обсягу загального водоспоживання водних ресурсів, що утворюється в Україні; створення ефективної системи заходів по очищенню скидів забруднених вод, яка дасть можливість запобігти значно більшим витратам на впровадження додаткових методів водоочистки.

Інтегрована система управління водокористуванням дозволить реалізувати принципи узгодженого розвитку технологій виробництва, обробки та утилізації відходів, при якому застосування маловодоємних технологій у промисловості та вискоефективних технологій очистки стічних вод і утилізації відходів сприятиме розвитку виробництва та збереженню довкілля.

Проте практично всі поверхневі джерела водопостачання України в останні десятиріччя інтенсивно забруднюються. Через низьку якість очищення стічних вод надходження забруднених стоків у поверхневі водоеми не зменшується.

Існуючі водоочисні станції будувалися переважно протягом 60-х років. Будувалися з урахуванням тодішніх вимог. А тепер вимоги до якості питної води значно зросли. Водоочисні станції, споруджені майже півстоліття тому, були розраховані тільки на те, щоб питна вода до помешкань подавалася чистою і щоб вона не була джерелом епідеміологічної небезпеки. Нині цього вже за мало. Практично, якщо в місцях водозабору у воді є солі важких металів, радіонукліди, віруси, то вони транзитом проходять крізь такі очисні споруди і потрапляють до питної води. Тобто очисні споруди не є для них бар'єром.

І ще одна проблема – водоочисні станції будувалися під забір води, якість якої відповідає першому класу, а тепер якість води у водоймах не витримує жодної критики – здебільше вона відповідає другому, а то й і третьому класу.

Вирішити проблему сьогодні, впевнені експерти, можна лише завдяки використанню більш глибоких горизонтів. Втім, як поліпшити якість води у міських водогонях поки що не знає ніхто. Сімдесят п'ять відсотків питної води українці п'ють з річок. Преважна більшість – з басейну Дніпра. Ця вода, за дослідженнями науковців [6], вміщує великий обсяг органічних речовин та оксидів алюмінію. Геологи переконують, що забезпечити українців чистою водою можуть багаті мінеральні запаси. За їхніми словами цей ресурс використовується лише на двадцять відсотків. За оцінками експертів, ринок фасованих мінеральних вод швидко росте. Протягом лише останніх п'яти років він збільшився на сорок відсотків. Людство стало більше пити очищеної води. Сьогодні середній українець випиває протягом року на два літра води більше, ніж ще три роки тому. Втім, гарантувати якість продукту на цьому ринку сьогодні держава не готова. В Україні ще й досі діють стандарти, затверджені ще у часи СРСР. Через відсутність власних сучасних стандартів питної води, науковці пропонують дозволити використовувати міжнародні норми. Відповідні лабораторії в Україні є.

**Результат.** Водозабезпеченість місцевим природним річковим стоком на одного мешканця Донецької області в 5-6 разів менша, ніж у середньому по Україні. Об'єм стічних вод області досягає майже 1,7 млрд. м<sup>3</sup> на рік, з яких біля 40% забруднені (не відповідають встановленим вимогам).

Багаторічне надмірне залучення водних ресурсів Донбасу у господарський обіг без дотримання екологічних вимог призвело до кризового стану водних систем, зниження їх здатності до самовідновлення [7].

У Донбасі склалася критична ситуація з питною водою. Так, у Донецькій області в маловодні роки дефіцит води становить приблизно 500 млн.м<sup>3</sup>/рік, а 60 – 70% проб води, що беруться на аналіз із малих річок, показують їхню повну непридатність для господарсько-питного водопостачання.

Як показує аналіз існуючого положення в області очищення шахтних вод, у цей час на більшості шахт Донбасу освітління шахтних вод на поверхні здійснюється у дві стадії: попередня - у горизонтальних відстійниках, остаточно - у ставках-освітлювачах. Частково вода освітлюється в зумпфах ще до відкачки її на поверхню. Нестабільність ступеня забруднення шахтних вод, що відкачуються на поверхню, нерівномірність роботи шахтних водовідливів, замулення відстійних споруд та інші причини приводять до незадовільної роботи очисних споруджень з низьким ефектом освітління. Ставки-освітлювачі для остаточного очищення також мають ряд недоліків: не освітлюють шахтні води в паводок, не піддаються чищенню й замулюються раніше розрахункового строку, займають значні площі.

Таким чином, традиційно застосовані на практиці схеми освітління шахтних вод є простими, але малоефективними й не відповідають сучасному рівню розвитку технології очищення виробничих стоків, а також вимогам, що пред'являються до очищених стічних вод. Тому в галузі необхідне застосування нових, більше докочаних, технологічних схем очищення шахтних вод з повторним використанням у промисловому водопостачанні [8].

Найбільший негативний вплив на водні об'єкти регіону роблять скинуті у величезних кількостях (приблизно 900 млн.м<sup>3</sup>/рік) недостатньо очищені мінералізовані шахтні води. Проблема демінералізації шахтних вод багато років не знаходить свого практичного вирішення й залишається найважливішою екологічною проблемою вугільної промисловості. І це при тому, що технологічні схеми опріснення шахтних вод запропоновані ще наприкінці 80-х – початку 90-х років ІКГ і ХВ НАН України, Донгіпрошахт, ВАТ «УкрНТЕК».

Їхній аналіз показує, що чисто технічні питання вирішення проблеми демінералізації шахтних вод, незважаючи на складність, можуть бути успішно розв'язані. Питання полягає в тому,

чи має можливість вугільна промисловість економічно здійснити повномасштабну демінералізацію шахтних вод у межах регіону?

Як відомо нині ця галузь перебуває в найглибшій кризі, її фінансові ресурси обмежені, у зв'язку із чим екологічна політика Мінтопэнерго не може відповідати повною мірою вимогам природоохоронного (у тому числі водоохоронного) законодавства країни. Тому можна прогнозувати, що проблема охорони малих річок Донбасу від їхнього засолення шахтними водами силами вугільної промисловості не буде вирішена, видимо, навіть у найближчі десятиліття. Проблема демінералізації шахтних вод є в цей час у більшій мірі економічною, ніж технічною проблемою.

З урахуванням прогнозних висновків можна укласти, що суспільству необхідно усвідомити глибину виниклої у вугільній галузі кризи й шукати нові економічні підходи для вирішення проблеми демінералізації шахтних вод. У якому напрямку шукати ці підходи?

Специфічною особливістю Донбасу є те, що в ньому склалася парадоксальна ситуація: регіон відчуває гострий дефіцит питної води, а попутно-здобиті шахтні води, що добуваються у величезній кількості, не використовуються для його подолання і викликають значні негативні екологічні наслідки в навколишній гідрографічній мережі.

Аналіз сформованої ситуації в регіоні підказує, що стратегія пошуку виходу з неї повинна бути раціональною й проявлятися в вирішенні одночасно двох завдань:

- охорона місцевих водних ресурсів від забруднень шляхом очищення шахтних вод;
- раціональне використання очищених шахтних вод як ресурс промислового водопостачання регіону.

Визначимо підходи для ефективного вирішення поставлених завдань. При цьому відзначимо на початку: роботами ДонНТУ, ДонВУГІ, ВАТ «УкрНТЕК» доведено, що по якісним (санітарно - гігієнічним і технічним) показникам близько 80% шахтних вод після їхнього очищення й кондиціонування можуть бути використані як джерело технічного, а також господарчо-питного водопостачання.

Аналіз сучасної світової ідеології природокористування дозволяє зробити висновок про те, що поставлені завдання повинні вирішуватися насамперед на основі «ринкового» підходу, тобто комерційної необхідності стосовно до водогосподарчої сфери Донецького регіону.

Запропонований підхід є основоположним. Жодна, навіть найбільш розвинена в економічних відносинах країна світу, не може дозволити собі опріснити за допомогою дорогих методів мінералізовану воду (тобто одержувати корисний продукт) і за безцінь скидати її в гідрографічну мережу. Доцільно таку воду максимально втягувати в господарське водопостачання, продавати споживачам, компенсуючи зроблені витрати. Але необхідно задатися питанням: чи виявиться достатньою компенсація, щоб не тільки покрити витрати, але й дістати прибуток, тобто чи є сформульований підхід економічно вигідним в умовах сучасної економічної обстановки Донбасу?

Наступні міркування, а також результати деяких попередніх порівняльних розрахунків дозволяють відповісти на це питання позитивно.

По - перше, при обґрунтуванні підходу дотримуватися основної умови ринкових відносин: у регіоні (як показано вище) великий попит на питну воду.

По - друге, в останні роки в Донбасі різко (в 10 разів) зросли ціни на питну воду. З урахуванням високої вартості й недостатньо ефективного використання питної води, плата за неї стала важким фінансовим тягарем для більшості підприємств. Тому вони зацікавлені не тільки в стабілізації цін за одержувану воду, але насамперед у їхньому зниженні. Останнє можливо тільки з появою в регіоні альтернативних і дешевих джерел води.

Таким джерелом є шахтні води. Собівартість очищених і кондиціонованих шахтних вод, як правило, буде нижче свіжої технічною (тим більше питної води), а строк окупності капітальних вкладень у більшості випадків не перевищить декілька років.

На жаль, незважаючи на очевидні вигоди й інтерес, що проявляється промисловими підприємствами до залучення шахтних вод у господарське водопостачання, даний напрямок практично розвивається слабо. Чому? Відповідь лежить на поверхні: через відсутність у гірничих підприємств економічних засобів для будівництва очисних споруджень. Тому необхідно шукати додаткові підходи.

Важливим інструментом вирішення проблеми фінансування може стати асоціативний підхід, заснований на принципі «колективного тягара», що суспільство несе у вигляді витрат по збереженню й відтворенню своєї життєдіяльності. Використання такого підходу актуально тому,

що максимальне залучення шахтних вод у господарське водопостачання регіону - це не тільки завдання вуглярів.

Зацікавленими сторонами є:

- по-перше, місцеві Ради, виконавчі й розпорядницькі органи місцевих Рад, оскільки позитивне рішення проблеми необхідно для поліпшення здоров'я населення регіону;
- по-друге, інші галузі промисловості, оскільки шахтні води можна розглядати як потенційний ресурс їхнього промислового водопостачання.

Виходячи із цього рекомендується зацікавленим сторонам поєднуватися на частках або участі на паях з метою накопичення «стартових» фінансових засобів для покриття витрат при вирішенні проблеми використання шахтних вод як ресурс комплексного водопостачання Донбасу.

**Висновки.** Для реалізації названих підходів, збільшенню інвестиційної активності в регіоні, перетворенню проблеми з витратної в прибуткову, мабуть, будуть потрібні нові організаційні форми, у тому числі ринкового плану, що припускають створення малих підприємств.

Оскільки загальна притока води в шахтні виробки і кар'єри України складає близько 28,5 м<sup>3</sup>/сек (майже 900 млн. м<sup>3</sup>/рік), зокрема у вугільні шахти Донбасу – 25 м<sup>3</sup>/сек, тому найскладнішою екологічною проблемою Донецького регіону є скидання шахтних вод у водні об'єкти. Обсяги шахтних вод скинутих в річки і водоймища можуть бути зіставлені з обсягами природного стоку малих річок і надають на останній величезний негативний вплив, особливо при закритті шахт. В даний час і незалежно від способу консервації гірничодобувних підприємств проблема шахтних вод залишається глобальною через незмінність їх обсягів і мінералізації.

В організаційному плані для реалізації запропонованих підходів необхідно:

1. створити на регіональному рівні координаційний Центр за максимальним залученням шахтних вод у господарське водопостачання Донбасу.
2. розглянути на рівні Міністерства охорони здоров'я України комплекс санітарно - гігієнічних питань, пов'язаних з використанням шахтних вод діючих шахт і тих, що закриваються як джерела господарчо-питного водопостачання.
3. всі проекти шахт регіону, що закриваються та реструктуризуються виконувати з оцінкою можливого використання шахтної води.

Як першочергові етапи робіт Центра можна назвати три. По-перше, на території Донбасу :

- розрахувати водні потреби промислових підприємств;
- уточнити величини притоків шахтних вод, їхній хімічний склад, вимоги до якості їхнього очищення, що виставляються споживачами:

По-друге, виділити найбільш перспективні по використанню шахтних вод і розробити для них ТЕО (ТЕР), у яких визначити:

- продуктивність очисних споруд;
- технологію очищення;
- капітальні витрати на будівництво очисних споруд.

По-третє, розробити на основі ТЕО (ТЕР) програми робіт з вказівкою етапів їхнього виконання, обсягів і джерел фінансування, строків реалізації програм.

#### Бібліографічний список:

1. <http://www.un.org/russian/conferen/conferences.htm>
2. Данилов-Данильян В.И. Дефицит пресной воды и мировой рынок // Водные ресурсы, 2005. – Т. 32, - С. 625-633.
3. <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTWRM/0,,menuPK:337246~pagePK:149018~piPK:149093~theSitePK:337240,00.html>
4. Яцик А.В. Водогосподарські екологічні проблеми в Україні на початку нового століття. // Вісник УДУВГП. Рациональне використання і охорона природних ресурсів. - 2002. - Вип. 5, част. 1. – С.176-187.
5. [Сандул В.А. Якість питної води як складова Національної безпеки і передумова майбутнього України. http://geeras.narod.ru/public/water01.htm](http://geeras.narod.ru/public/water01.htm)
6. Хвесик М.А., Яроцька О.В., Ришова К.І., Чередніченко Ю.Г. Перспективи розвитку та вдосконалення системи управління водним господарством України. - К.: 2007. – 326 с.
7. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2004 році. <http://www.rvps.kiev.ua/PUBLIK/newreport.htm>

8. Минаев А.А., Матлак Е.С., Аверин Г.В. О максимальном вовлечении шахтных вод в хозяйственное водоснабжение Донбасса // Збірка доповідей науково-практичної конференції «Охорона довкілля та екологічна безпека», т.1. – Донецьк, 2001. – С.206-210.

МАТЛАК Е.С., ЦВИРКУНОВ К. А. (Донецкий национальный технический университет)

## **НЕТРАДИЦИОННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ УГОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА БАЗЕ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Розглянуті аспекти ресурсо- та енергозбереження у сфері гірничого виробництва, а також диверсифікації господарчої діяльності вугледобувних підприємств на основі використання когенераційних технологій.*

*Рассмотрены аспекты ресурсо- и энергосбережения в сфере горного производства, а также диверсификации хозяйственной деятельности угледобывающих предприятий на основе использования когенерационных технологий.*

*Aspects of resource and energy economy in the field of coal production, and either aspects by diversification of economic activity of mining enterprises on the basis of application cogeneration technologies are considered.*

К основным недостаткам традиционных источников энергии – нефти, природного газа, угля и ядерного топлива – относится их исчерпаемость. Угроза топливного «голода», отрицательные изменения состояния окружающей природной среды вследствие сжигания углеводородов и тот факт, что прирост потребности в энергии значительно опережает ее производство, вынуждает с новых позиций обратить внимание на нетрадиционные источники энергии. Это становится движущей силой в процессе происходящих изменений в энергетической политике стран, направленной на структурную перестройку их топливно-энергетических комплексов. Актуальным становится переход на энерго- и ресурсосберегающие технологии не только в энергетике, но и в промышленности, а также в жилищно-коммунальном хозяйстве. Поиск решения проблемы ведется различными путями как на макроэкономическом, отраслевом, так и на локальном уровне (отдельных предприятий). В частности, все большее внимание привлекает идея комбинированной (когенерационной) выработки электрической, механической и бытовой энергии от одного вида источника топлива [1].

Актуальность этой проблемы для Украины усиливается тем, что примерно к 2020 г. многие блоки атомных электростанций страны будут остановлены на ремонт и потребуются восполнение недостающих энергетических мощностей. Одним из возможных направлений такого восполнения является развитие когенерационного производства, которое состоит из трех технологических циклов получения различных видов энергии от одного источника (энергоносителя): тепловой, электрической и механической. Вырабатываемый электрическая и тепловая энергия являются базовыми видами энергии, а механическая – вспомогательной, но ее производство улучшает экономические показатели. Взаимно дополняя друг друга, три технологических цикла способствуют полному использованию энергии. В угольной промышленности Украины возможны несколько вариантов технологических схем когенерации энергоносителей [2]:

- скважинная подземная газификация в комбинации с парогенерированием и аккумулярованием тепловой энергии;
- извлечение и использование метана при разработке газугольных месторождений;
- надстройка двигателей на тепловых генерирующих мощностях;
- использование тепловых насосов при утилизации низкопотенциальной теплоты горного производства.

Накопленный мировой опыт использования когенерационных технологий указывает на следующие их преимущества:

- тепловая и электрическая энергия вырабатываются практически на месте потребления, благодаря чему предотвращаются потери в линиях электропередач (достигающих в некоторых случаях 13- 18%);
- большая экологическая чистота, так как сжигание топлива в когенерационном цикле существенно уменьшает выбросы в атмосферу вредных веществ по сравнению с отдельным сжиганием;
- улучшенные технико-экономические показатели: самые низкие в энергетике удельные капиталовложения ( 2÷2,5 тыс. грн/кВт), незначительный срок ввода оборудования в действие ( от 0,5 до 1 года), малый срок окупаемости ( 1,5 – 2 года); предприятиям становится выгодным иметь собственные источники энергии, так как их экономичность, как правило, не ниже электростанций АО – энерго, а иногда и выше (при этом полностью

исключается транспортная составляющая тарифа, которая в составе общего тарифа на электроэнергию достигает 45-50%, а в составе общей платы на тепловую энергию иногда и выше ее стоимости в коллекторах ТЭЦ);

- решение социальных проблем: занятость населения, загрузка машиностроительной индустрии и др.
- поточность и однооперационность процесса, которые обеспечивают повышение производительности труда.

Перечисленные преимущества способствуют решению неотложных энергетических проблем, а оперативный ввод когенерационных электрогенерирующих мощностей позволяют выиграть время (обеспечивает своеобразный тайм – аут ) и создают технические и финансовые условия для реорганизации и модернизации крупной энергетики.

При использовании когенерационных технологий следует иметь в виду, что экономия топлива носит скрытый характер. Ввод в эксплуатацию каждой новой когенерационной установки влечет за собой увеличение у производителей энергии расходов денежных средств. Парадокс заключается в том, что топливо для когенерационной установки потребляется непосредственно у производителя энергии, а ресурсосберегающий эффект может быть реализован только на государственном уровне. Поэтому параллельно с вводом когенерационных мощностей надобно выводить из эксплуатации устаревшие низкоэффективные энергетические мощности (котельные, тепловые электростанции). Следовательно, для предприятий, готовых строить когенерационные установки в целях производства собственной более дешевой, чем в государственных сетях, электро- и теплоэнергии, необходимо решать прежде всего проблему инвестирования когенерации энергоносителей.

Отмеченные особенности когенерационных технологий позволяют нетрадиционно подойти к производству энергоносителей в угольной промышленности. Для угольной промышленности широкомасштабное внедрение когенерационных технологий позволит: снизить потери электроэнергии в сетях вследствие приближения производителя энергии к потребителю; ввести новые электротеплогенерирующие мощности (10-15 МВт), большинство из которых можно использовать как пиковые (маневренные), и хотя бы частично решить за счет этого энергетические проблемы; улучшить экологическую обстановку в регионах за счет снижения выбросов оксида – и диоксида углерода, а также оксидов азота. Исследуем возможность реализации идеи использования некоторых нетрадиционных источников энергии в угольной промышленности на когенерационной основе. Приоритетным является, безусловно использование шахтного метана. Как условное топливо он занимает третье-четвертое место в мире после угля, нефти и природного газа. Поэтому газоносные угольные месторождения считаются нетрадиционными источниками углеводородных газов. По мере прогрессирующего истощения ископаемых энергоносителей в мировой практике возрастает интерес к их освоению.

Угольные пласты донбасских шахт также отличаются повышенным содержанием метана. По разным подсчетам, на территории Донецкого угольного бассейна залегает порядка 14-22 трлн. куб. метров метана, который по своим физико-химическим свойствам сходен с эталонным газом Уренгойского месторождения. Наличие таких огромных залежей высококачественного газа порождает надежды в удовлетворении на перспективу части потребности страны в топливе из угольных пластов, которая в общем составляет около 80 млрд. м<sup>3</sup>/год. Однако реализация этих ожиданий в значительных масштабах на современном этапе научно – технического прогресса весьма затруднительна. Это связано, прежде всего, с тем, что угольные пласты, как коллекторы метана, по физическим и физико-химическим свойствам отличаются от коллекторов природного углеводородного газа. Основное отличие сравниваемых коллекторов состоит в принципиально разных формах нахождения в них газов и видах связи в системе «газ – природное пористое тело». В отличие от коллекторов природных газов в угленосных отложениях метан находится в угле не в свободном, а сорбированном состоянии, образуя твердый углеметановый раствор. Эмиссия газа в таком состоянии возможна лишь при наличии определенной пористости угольного пласта. Однако последняя чрезвычайно низкая, образно говоря, наподобие газопроницаемости глины. Следовательно, движение метана из таких коллекторов возможно только при нарушении термодинамического состояния системы и распаде указанного раствора. Для этого в угольном массиве необходимо либо увеличить температуру (что практически нереально), либо изменить давление в угольном пласте, т.е. разгрузить его. Последнее, как известно, постоянно происходит в технологическом процессе угледобычи: чем выше темпы угледобычи, тем больше выработается



метана. Именно процесс угледобычи является основным инструментом неорганизованного извлечения метана из угольных пластов.

По условиям безопасного ведения горных работ для снижения количества метана, поступающего в добычные забои, в процессе угледобычи используют два основных направления: эффективное проветривание выработок путем подачи свежего воздуха в забои и искусственное извлечение метана из угольных пластов путем их скважинной дегазации:

- в пределах шахтного поля действующих шахт;
- в пределах горных отводов закрываемых и ликвидированных шахт;
- на изолированных месторождениях ( площадях ) угольного бассейна.

При этом различают три основные группы способов извлечения метана из угольных пластов:

- шахтные подземные способы;
- шахтные наземные способы;
- бесшахтные («промысловые») способы дегазации угольных пластов.

Первые две (шахтные) группы способов применяются в пределах шахтного поля действующего горнодобывающего предприятия. Они объединены общим принципом: попутное извлечение и последующая утилизация каптированного шахтного метана, точнее метановоздушных смесей (МВС) в процессе добычи угля.

Третья группа способов промышленного извлечения метана применяется на месторождениях, которые еще не освоены угольными предприятиями, а также для условий больших глубин. На это направление обращается в настоящее время все более пристальное внимание из-за сокращения запасов природного газа.

Для окончательного выбора направления дегазации массива следует оценивать отдельно критерии применения шахтного и бесшахтного способов, а также особенности использования основных подземных способов.

В настоящее время дегазацию источников метановыделения рассматривают как направление, которое обеспечивает, прежде всего, безопасные по газу условия труда шахтеров и нормальный ритм работы предприятия, а также существенно увеличивает производительность очистных забоев, что способствует снижению себестоимости добываемого угля, росту прибыли. Однако стремление к комплексному использованию добываемых минеральных ресурсов, в том числе более полному использованию природных энергоресурсов неизбежно приведет в перспективе к пересмотру роли дегазации на угольных шахтах. На дегазацию, являющуюся неотъемлемым технологическим процессом в газообильных и выбросоопасных шахтах, необходимо смотреть одновременно и как на способ добычи метана с последующим его использованием в народном хозяйстве.

Поскольку метан находится в сорбированном состоянии в труднодоступных угольных пластах, а для его извлечения требуется гораздо больше буровых скважин чем при добыче природного газа, то инвестиции в добычу метана связаны с большими рисками. Это свидетельствует о необходимости расширения исследований и разработок по рассматриваемой проблеме, их государственной поддержке. Становится все более очевидным, что успешное решение задач промышленной добычи метана может иметь место на стыке интересов газовой и угольной отраслей и требует взаимосвязи научных, технико-технологических и организационно-методических вопросов.

Важной задачей является расширение объемов утилизации угольного метана в народном хозяйстве. Извлекаемый из угольных месторождений газ по содержанию чистого метана можно подразделить на 3 группы:

- угольный метан с концентрированным содержанием чистого  $\text{CH}_4$  до 100%;
- метановоздушные смеси (МВС) – концентрация метана колеблется, достигая 60 – 70%;
- вентиляционные выбросы (струи) – до 0,75% чистого метана;

Ежедневно в процессе добычи угля выделяется свыше 1,5 млн.  $\text{м}^3$  метана, большая часть (две, трети) которого выбрасывается в атмосферу через вентиляционные системы.

В силу низкой концентрации метана в вентиляционном потоке (как правило, ниже 1%  $\text{CH}_4$ ) полезное использование вентиляционного газа является затруднительным. Лишь около 4% газа утилизируется. Не более чем на 10-12 шахтах Донбасса используют метан как топливо для шахтных котелен. При этом он сжигается в них для получения теплоты, но электроэнергия при этом не вырабатывается. В то же время из метана, выбрасываемого в атмосферу, можно получить дополнительно около 9 млрд. кВт. ч/год. электроэнергии и около 36 млн. ГДж/год тепловой.

Поскольку экономика Украины в значительной мере зависит от импорта газа, любой дополнительный источник этого вида топлива внутри страны способствует повышению ее энергетической независимости. Поэтому по эколого-экономическим соображениям в настоящее время необходимо решать задачу использования шахтных вентиляционных струй с содержанием метана 0,7% (для дутья котлов, сушилок и т.п.). Это также может снизить расход дефицитных видов топлива и уменьшить выбросы вредных отходов в атмосферу. Одним из применений метана, выносимого из шахты вентиляционной струей, может быть его использование в качестве первичного воздуха для двигателей внутреннего сгорания, газовых турбин. В последнее время газобразное топливо и воздух подаются под давлением в камеру сгорания газотурбинных установок (ГТУ) газовым и воздушным компрессорами.

Если общешахтную вентиляционную струю с содержанием метана 0,5-0,75% дополнительно обогатить, довести содержание метана до 1-2%, то теплота сгорания полученной смеси при высокой степени выгорания метана будет достаточной для работы ГТУ. Непрерывность процесса следует поддерживать путем добавки горючего вещества, например, жидкого топлива, подогревом получаемой смеси и выгоранием метана в реакционной камере.

Для утилизации некондиционных газовых смесей, расход и концентрация метана в которых значительно колеблются в течение года и суток, рекомендуется оборудовать ТЭЦ современными парогенераторами, работающими на угле. При этом используемая вентиляционная смесь должна очищаться от примесей и осушаться.

Опыт мировой практики показывает, что наиболее перспективной технологией, позволяющей использовать вентиляционный газ, является окисление – термальное или каталитическое. Подобное оборудование (окислитель) в течение длительного времени используется, например, в печатной промышленности для очистки промышленных выбросов. Основное достоинство технологии – возможность работы с большими объемами газа и низкой концентрацией органических примесей. В процессе нагревания газа до необходимой температуры окисления (около 100<sup>0</sup> С) он разлагается на СО<sub>2</sub> и воду с производством теплоты.

Технически данная технология может применяться для вентиляционного газа концентрацией от 0,3% СН<sub>4</sub>. Однако экономически использование технологии нецелесообразно при концентрации метана ниже 0,7% СН<sub>4</sub>.

Компания ВНР Billition и шведская компания Meg Tec Systems при поддержке правительства Австралии объявили о завершении строительства первого в мировой практике коммерческого проекта с использованием процесса производства электроэнергии из вентиляционного газа. Проект применен на действующей угольной шахте Вест Клиф в штате Нью Сауф Уэйлс и по плану начал работу в конце 2006 года.

Реструктуризация угольной промышленности неразрывно связана с проблемой диверсификации хозяйственной деятельности добывающих предприятий. Это обуславливает необходимость углубленной переработки угля, шахтного метана и отходов углеобогащения на месте их добычи с помощью производимой предприятиями тепловой и электрической энергии, а также высокоэффективных теплоэнергетических технологий. Достижение этой цели позволит изменить структуру цены на конечный продукт, где себестоимость угля уже не будет играть решающую роль, а станет одной из составляющих. Реализацию данного предложения рекомендуется осуществлять в первую очередь на базе предприятий, обладающих значительными промышленными запасами угля и шахтного метана. Актуальность такого подхода подчеркивается тем, что сами угледобывающие предприятия – это крупные потребители энергии. Их теплоснабжение, в основном, обеспечивается от собственных нерентабельных котельных, но электроэнергия приобретается по монополюльно установленной цене. При этом непрерывный рост цен и лимитирование потребления электроэнергии непосредственно влияет на рентабельность предприятий.

Новым инструментом утилизации шахтного метана, переработки угля и отходов углеобогащения, а следовательно диверсификации хозяйственной деятельности добывающих предприятий, должно стать создание специальных энергокомплексов, которые в общем случае включают в себя топливный, энергетический и технологический модули. При этом топливным модулем является шахта, которая предназначена для обеспечения энергетического и технологического модулей необходимым количеством топлива (низкосортный уголь, отходы углеобогащения и шахтный метан, тепловой потенциал геологических структур).

В состав энергетического модуля должны входить энергетические объекты, котлы, и непременно высокоэффективные когенерационные установки для производства тепловой и

электрической энергии. Для создания такой комбинации паровых, водогрейных котлов (или котлов-утилизаторов), обеспечивающих совместную выработку тепловой и электрической энергии с высоким КПД, можно рекомендовать два основных варианта когенерационных технологий:

- шахтные энергокомплексы на базе паротурбинной когенерации, реализующие сжигание топлива в циркулирующем кипящем слое ( ЦКС );
- шахтные энергокомплексы на базе газопоршневой когенерации.

Каждый из вариантов характеризуется тем или иным видом используемых топлив или их сочетаний (низкосортный уголь, отходы углеобогащения, шахтный метан) и рациональной областью применения, определяемой как запасами топлива, так и характером, а также объемом потребляемых тепловой и электрической энергии.

Технология ЦКС может реализовываться паровыми котлами в сочетании с паровыми турбинами и электрическими генераторами. Кроме того, перспективны варианты шахтных когенерационных энергокомплексов на основе турбинизации существующих котельных, а также каталитических реверс – поточных реакторов, утилизирующих метан исходящих вентиляционных струй.

Преимуществами технологии ЦКС являются: высокоэффективное (до 99%) сжигания углей любого качества и состава зольностью до 60%, теплотворной способностью от 10 МДж/кг и выше; относительно невысокие рабочие температуры (в среднем 850<sup>0</sup>С), вследствие чего имеют место низкие уровни выбросов оксидов азота; эффективное (90-95%) связывание серы известняком, поступающим в котлоагрегат вместе с углем. В топках ЦКС, предназначенных для сжигания угля можно без существенных изменений конструкции сжигать также отходы углеобогащения. Такие отходы в Донбассе накопились в количестве сотен миллионов тонн, имеют низкое качество, а потому не включаются в топливный баланс. В топках ЦКС могут сжигать также угли, непригодные для прямого сжигания в топках электростанции, поскольку они требуют обогащения. Показатели энергокомплексов могут быть существенно улучшены при использовании после простой и недорогой топливоподготовки сухих отходов антрацита, а также отходов мокрого его обогащения и каменного угля, которых накоплено в Украине около 780 млн. т.

Энергетические модули, создаваемые на базе газопоршневых установок, являются чрезвычайно высокоэффективными, поскольку позволяют вырабатывать тепловую и электрическую энергию с соотношением примерно 1:1 и коэффициентом полезного действия при полной нагрузке до 86%. Для этого энергетические объекты, котлы и газопоршневые установки должны быть снабжены каналами подачи основного топлива и воздушного дутья. Шахтный метан может поступать как по первому (при концентрации более 30%), так и по второму (менее 2,5%) каналам.

Третьей составляющей энергокомплекса является его технологические модули, предназначенные для выработки высоколиквидной продукции из местного сырья на базе теплоэнергоёмких технологий с использованием теплоты и электроэнергии, вырабатываемых энергоблоком. Примеры таких технологий – обогащение, обессеривание, газификация или гидрогенерация угля и т. д. отходы технологических модулей, реализующих, приведенные технологии, являются низкокалорийным топливом и могут использоваться как дополнительное сырье для энергоблока, тем самым, замыкая цикл комплексной энерготехнологической переработки угля.

Как известно, на шахтах круглогодично теплота расходуется на нужды горячего водоснабжения. В то же время потребление тепловой энергии установками, а также расход ее на отопление шахтных помещений носит сезонный характер. Сезонность потребления создает определенные сложности с реализацией тепловой энергии, вырабатываемой энергетическими модулями круглогодично и равномерно. Рациональной схемой покрытия тепловых нагрузок является такая, при которой в зимнее время возможный недостаток энергии от когенерационного энергетического модуля покрывается шахтной котельной, работающей в пиковом режиме, а в летнее время избыток энергии должен использоваться либо для реализации теплоёмких технологий на промышленной площадке, либо отпускаться сторонним потребителям. При таком подходе количество и единичную мощность блоков, входящих в энергетический модуль, и следует определять на основе технико-экономического анализа.

Шахтные энергокомплексы на базе угледобывающих предприятий позволят решить многие экономические и экологические вопросы. В частности в экономическом плане:

- обеспечить надежность электро- и теплоснабжения шахт, а также прилегающих к ним жилых массивов и промышленных предприятий, что достигается работой генераторов энергокомплекса параллельно с энергосистемой;
- существенно сократить расход импортного природного газа за счет вывода из эксплуатации отопительных газовых котельных;
- использовать в качестве топлива высокозольные отходы углеобогащения (паротурбинная когенерация) и метан (газопоршневая когенерация);
- организовать рентабельное производство с комбинированной выработкой собственных электроэнергии и теплоты по сравнению с низкорентабельной, экологически «грязной» шахтной котельной и необходимостью закупки электроэнергии;
- создать дополнительные рабочие места и на значительный срок разрешить социальные проблемы, связанные с закрытием шахт.

Экономическая эффективность энергетических комплексов на базе угледобывающих предприятий определяется:

- низкой стоимостью топлива (низкосортный необогащенный уголь, отходы углеобогащения, угольный метан);
- реализацией принципа когенерации, т. е. выработкой теплоты и электроэнергии путем последовательного использования термодинамического потенциала рабочего тела;
- отсутствием затрат на обогащение и транспортирование угля до электростанции и передачи энергии от электростанции к угледобывающим предприятиям.

Объединение в единое целое процессов добычи и переработки топлива в электрическую и тепловую энергии открывает перспективу существенного повышения экономической эффективности всего энергокомплекса, несмотря на возможную нерентабельность угольной шахты, которая входит в его состав в качестве топливного модуля. Технико-экономические обоснования доказывают, что строительство таких комплексов позволит вырабатывать тепловую и электрическую виды энергии себестоимостью в 3-4 раза ниже действующих тарифов.

Утилизация метана в шахтных энергокомплексах (газопоршневых и турбинных) имеет большое экологическое значение, поскольку сокращает его выбросы в атмосферу, снижая тем самым действие парникового эффекта, а также обеспечивает:

- приведение вредных выбросов в атмосферу до уровня нормативных;
- использование шахтной воды в качестве источника водопотребления по замкнутому циклу без сбросов промышленных вод;
- утилизацию и использование золы топлива для закладки в шахту и для производства стройматериалов;
- утилизацию запыленного шахтного воздуха, содержащего метан, в топках котла;
- ликвидацию шламохранилищ и рекультивацию территории занимаемой ими.

Кроме того, наблюдается косвенный экологический эффект, заключающийся в уменьшении количества сжигаемого угля на ГРЭС, а следовательно, и вредных выбросов в атмосферу при замещении части электроэнергии из энергосистемы собственной, вырабатываемой при сжигании метана.

Один из крупнейших в мире (по объемам утилизации извлекаемого метана) проектов с использованием предложенных ИГТМ НАН Украины энергокомплексов реализуется в нашей стране на АП «Шахта им. Засядько» в Донбассе при поддержке компании «Синапс», представляющей интересы американской корпорации General Electric.

Впервые в Европе на этой шахте создается когенерационный энергетический комплекс на базе 22 газопоршневых установок JMS 620 австрийской фирмы «Jenbacher», работающих на угольном метане концентрацией 25%. Установленная мощность одной установки составляет 3,035 МВт.

Цель проекта – реконструкция дегазационной системы шахты, снижение выбросов метана в атмосферу, компенсация потребности в электроэнергии за счет утилизации каптированного метана и продажи углеродных квот на выбросы в рамках Киотского Протокола. Осуществление программы дегазации шахты в полном объеме позволит перерабатывать 11,58 млн. куб. м/год метана.

По Киотскому соглашению предусмотрены жесткие штрафные санкции за увеличение объемов выбросов метана и других вредных газов. Утилизация метана в шахтных теплоэнергетических модулях позволит АП «Шахта им. Засядько» не только избежать штрафных

санкции, но и получить возможность улучшить финансовое положение предприятия за счет продажи квот от уменьшения вредных выбросов. При этом город Донецк получит дополнительные ресурсы для отопления зданий и тепличных комплексов, а на шахте весь автопарк предприятия уже работает на собственном сжатом метане, что, как известно, в 5-10 раз уменьшает выбросы вредных углеводородных соединений.

Помимо использования шахтного метана на когенерационной основе важным направлением в условиях как действующих, так и закрытых шахт является использование на аналогичной основе потенциала других нетрадиционных источников энергии. К ним следует отнести безвозвратно теряемые на современном этапе работы шахт потоки низкопотенциальной теплоты породного массива, вентиляционных струй, шахтных и сбросных хозяйственно—бытовой вод, а также оборотных вод.

Тепловой потенциал геологических структур горного массива определяется температурой пород, вмещающих угольные пласты на больших глубинах (800-1400 м), которая достигает 40-50° С, в связи с чем добыча угля производится в сложных климатических условиях. С учетом теплового фактора и огромной протяженности подземных выработок (достигающих в отдельных случаях 70 км), угольные шахты можно рассматривать как возобновляемый энергетический ресурс.

Тепловой потенциал геологических структур передается шахтным водам и исходящим вентиляционным струям рудничного воздуха. Сеть подземных горных выработок и путей фильтрации подземных вод в породном массиве и даже по водоотливным канавкам можно рассматривать как теплообменник, в котором естественным образом происходит теплообмен между породами, шахтной водой и рудничным газом.

Расчеты свидетельствуют о следующем: тепловой поток с 1 км<sup>2</sup> грунта равен 10 Вт, следовательно, с 1 км<sup>2</sup> шахтного поля он составляет не менее 10 МВт, что соответствует сгоранию 10,5 тыс. тонн условного топлива. Поскольку температура пород глубоких горизонтов выше температуры грунта, то можно ожидать, что реальная мощность теплового потока в шахтах намного больше. Исходя из сказанного, низкопотенциальный тепловой поток шахтного поля может равняться мощности одного блока атомной электростанции.

Помимо геологических структур, источниками теплоты являются и другие технологические процессы угольного производства. К ним относят: тепловые потоки сбрасываемых оборотных вод систем охлаждения технологического оборудования (компрессоры, вентиляторы, подъемники и т.д.), хозяйственно-бытовых стоков, энергетический потенциал отвалов, на поверхности которых целесообразно размещение ветроэнергетических и теплоустановок для получения электроэнергии, аккумулируемой для сезонного потребления.

Таким образом, шахты могут поставлять народному хозяйству не только полезные ископаемые, но и тепловую энергию, которая транспортируется на поверхность с помощью таких энергоносителей как шахтные воды и рудничный воздух. Ежегодно в Донбассе из шахт откачивается и сбрасывается в гидрографическую сеть почти 900 млн. м<sup>3</sup> воды, из общего объема которой около 50% по химическому составу нейтральны, а температура их в точке сброса в любое время года составляет 15 -25° С. Таким образом, в окружающую среду выбрасывается впустую огромный объем низкопотенциальной теплоты – более 15 ГДж, которую при благоприятных условиях можно утилизировать. Кроме шахтных вод в поверхностную гидросферу поступает более 100 млн. м<sup>3</sup>/год хозяйственно-бытовых стоков, также обладающих запасом низкопотенциальной теплоты. Не менее значим по объему и количеству низкопотенциальной теплоты рудничный воздух, выбрасываемый в виде вентиляционных струй. Ежеминутно каждая шахтная вентиляционная установка выбрасывает в атмосферу от 3 до 18 тыс. м<sup>3</sup> воздуха температурой 15-25° С. К тому же, движущийся в вентиляционном канале ствола со скоростью 10-11 м/с, поток обладает большой кинетической энергией, которая практически не востребована.

Если принять, что диаметр вентиляционного канала 4,2 м, то, пользуясь классическими формулами расчета, кинетическая энергия воздушного потока составит:

$$E = m_c v^2 / 2 = \rho v^3 F / 2 = 10248 \text{ Дж},$$

где  $m_c$  – секундная масса воздуха, кг;

$\rho$  – плотность воздуха для нормальных условий (1,23 кг/м<sup>3</sup>);

$v$  – скорость потока (11 м/с);

$F$  – площадь сечения вентиляционного канала (12,56 м<sup>2</sup>).

Наиболее наглядно преимущества реализации потенциала нетрадиционных источников энергии на когенерационной основе для снижения зависимости экономики шахт от внешнего риска за счет его включения в общий энергооборот предприятия раскрываются при рассмотрении работы шахтных котельных. Как известно, последние являются крупными потребителями углеводородного сырья и каменного угля, характеризуются низким КПД, высоким уровнем эксплуатационных затрат. Ежегодно каждая шахта сжигает в котельных от 2 до 8 тыс. тонн угля, чтобы обеспечить технологические процессы горячей водой и теплотой. В результате расходы только по статье «топливо» составляют от 0,5 до 1,1 млн. грн. В силу неблагоприятной санитарно-гигиенической обстановки с загрязнениями, выбросами в атмосферу и размещением золы (шлаков) к затратам по статье «топливо» добавляются затраты по экологическим сборам. Таким образом, уголь используется нерационально, а значительные энергетические ресурсы массива горных пород остаются невостребованными. Для повышения эффективности процесса теплоснабжения необходим поиск моделей и алгоритма оптимизации эколого-экономических параметров теплоснабжения угольной шахты на основе замещения традиционных теплоносителей (уголь, газ, мазут) низкопотенциальной теплотой вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), потоков шахтных и сбросных хозяйственно-бытовых вод, оборотной воды систем охлаждения технологического оборудования и вентиляционных струй.

В шахтных котельных когенерационные системы могут создаваться на основе надстройки теплоагрегатов котелен электрогенерирующими тепловыми двигателями. После сооружения когенерационной установки простая котельная превращается в мини-ТЭС и эффективность ее работы определяется показателями, связанными с отпуском потребителю энергии общих видов. С помощью когенерационной установки можно производить электроэнергию в объемах, не только достаточных для удовлетворения собственных потребностей предприятия, но также для продажи в сеть по цене рынка или установленным тарифам. Прибыль предприятия, реализующего когенерационную технологию, образуется за счет разницы между тарифами и себестоимостью вырабатываемой на когенерационной установке энергии. Расчеты показывают, что прибыль предприятия, реализующего когенерационную технологию, образуется за счет того, что себестоимость собственной электроэнергии оказывается в 2-2,5 раза ниже, чем стоимость электроэнергии, покупаемой в сетях. Это позволяет в конечном итоге снижать себестоимость основной продукции. Другим привлекательным моментом для внедрения когенерационных технологий на предприятии является его энергетическая независимость и стабильность технологического процесса добычи угля. Благодаря непрерывности технологических процессов производства электро- и теплоэнергии, эффективность использования топлива в когенерационных установках будет близкой к максимальной (90-93 %) в течении года и суток.

Для утилизации низкопотенциальной теплоты пород горного массива вентиляционных струй, шахтных и других источников перспективной моделью следует признать модель с использованием тепловых насосов (ТН), уже нашедших широкое применение в промышленно развитых странах.

Тепловой насос – устройство, извлекающее накопленную энергию из различных источников (грунтовых, артезианских и термальных вод; вод рек, озёр, морей; очищенных промышленных и бытовых стоков; вентиляционных выбросов и дымовых газов; грунта и земных недр), переносящее и превращающее их низкопотенциальную теплоту в высокопотенциальную тепловую энергию до уровня энергии теплоносителя, используемого в сетях отопления.

Для угольного производства наиболее перспективны абсорбционные тепловые насосы (АБТН), обладающие следующими преимуществами: экологическая безопасность, пожаро- и взрывобезопасность; отсутствие динамических нагрузок на фундамент; автоматизированность; не требуют постоянного обслуживания; имеют длительный срок службы (свыше 15 лет); отличаются большой единичной мощностью, незначительным потреблением электроэнергии.

Энергетический баланс для АБТН выходной мощностью 2МВт составляет: полная теплота сжигаемого топлива – 1380 кВт; утилизируемая теплота сбросной или оборотной воды – 750 кВт; электроэнергия – 10 кВт.

Коэффициент полезного действия АБТН достигает 90% (для сравнения у водогрейной котельной он состав 80%). У большинства котельных на единицу вырабатываемой полезной теплоты затрачивается примерно 1,1-1,2 единицы тепловой энергии сжигаемого топлива. АБТН, работающий на топливе, с учетом утилизируемой теплоты сбросных шахтных вод на единицу вырабатываемой полезной теплоты затрачивает примерно 0,65-0,7 единицы тепловой энергии сжигаемого топлива. При этом по сравнению с котельными достигается экономия до 40% топлива.

На рис. 1 приведен алгоритм оптимизации энергетических и экологических параметров системы теплоснабжения угольной шах, а на рис. 2 показана функциональная объектная модель системы теплоснабжения, реализующая этот алгоритм (по данным д.т.н. Закирова Д.С.).

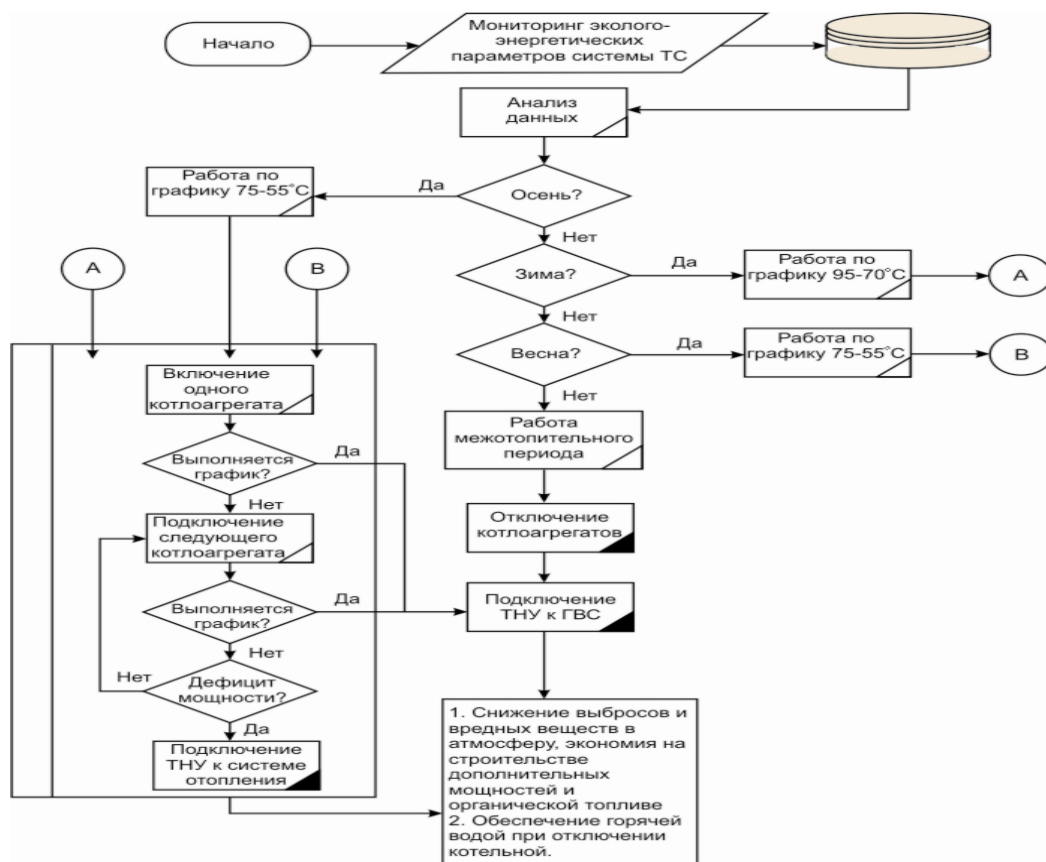


Рисунок 1 – Алгоритм оптимизации энергетических и экологических параметров системы теплоснабжения угольной шахты.

Аналогичным образом (с помощью тепловых насосов) решается задача использования низкопотенциальной теплоты хозяйственно-бытовых стоков, оборотной воды охлаждения шахтных компрессорных установок и охлаждения сжатого воздуха. В последнем случае тепловые насосы монтируются в здании компрессорной станции. Использование насосов значительно улучшает условия охлаждения компрессоров и температурные режимы их эксплуатации (из технологической схемы исключается шахтная градирня), обеспечивает экономическую целесообразность утилизации ранее сбрасываемой теплоты и улучшает экологическую обстановку на прилегающих территориях за счет снижения нагрузки на промышленные котельные.

Перспективным является использование тепловых насосов также для утилизации теплоты рудничного воздуха. Отбор теплоты воздуха осуществляется теплообменниками на низкотемпературных трубах, устанавливаемых вдоль потока.

Учитывая огромный потенциал теплоты породных массивов шахт Украины, использование низкопотенциальной энергии позволит получать в больших объемах экологически чистую тепловую энергию, снизить себестоимость теплоснабжения, значительно уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу за счет сокращения потребления газа и угля. Важно, что рассматриваемый подход может реализоваться не только в условиях действующих шахт, но и ликвидированных. Это связано с непрерывным откачиванием шахтных вод на шахте, закрываемых в режимах «сухой» или «полусухой» консервации. Особенно актуальными данные вопросы являются для шахтерских городов, где в связи с закрытием нерентабельных угледобывающих предприятий обеспечение теплотой объектов социальной инфраструктуры стоит на первом месте.

Эффективное использование возобновляемых низкопотенциальных источников теплоты, которые имеются на каждой шахте, обеспечит получения тепловой энергии для различных нужд, а это – новые направления развития шахтерских городов и поселков, рабочие

места для персонала закрываемых предприятий. Одним из основных преимуществ шахт как источников тепловой энергии является то, что они равномерно рассредоточены по территории с большой плотностью населения и максимально приближены к потребителям. Шахты, построенные как предприятия по добыче угля, могут служить еще после их закрытия многие десятилетия источниками тепловой энергии.

Согласно прогнозам Мирового энергетического комитета к 2020 г. до 75% теплоснабжения (промышленного и коммунального) в развитых странах будет осуществляться с помощью тепловых насосов.

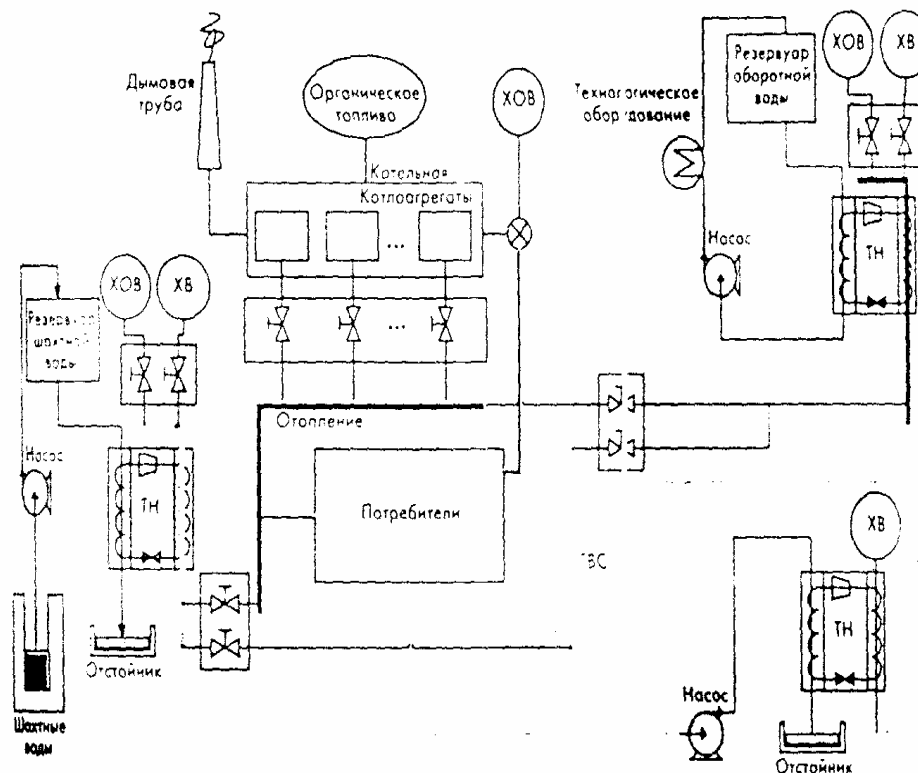


Рисунок 2 – Функциональная объектная модель системы теплоснабжения угольной шахты с тепловыми насосами.

Изложенное позволяет заключить, что использование на когенерационной основе нетрадиционных источников энергии в условиях горного производства создает предпосылки для улучшения экономических показателей работы угледобывающих предприятий с одновременным получением прямого и косвенного экологических эффектов. Реализацию этих предпосылок рекомендуется осуществлять путем создания шахтных энергокомплексов, пользующихся извлекаемым в процессе дегазации метаном, а также тепловой потенциал геологических структур горного массива, вентиляционных струй, шахтных и сбросных хозяйственно-бытовых, а также оборотных вод.

#### Библиографический список:

1. Матлак Е.С., Цвиркунов К.А. Основные экологические и энергетические проблемы в угольной промышленности: приоритетные направления их решения // Проблемы экологии. – 2007. – № 1-2. – С. 96-100.
2. Табаченко Н.М. Проблемы когенерации энергоносителей в угольной промышленности // Уголь Украины. – 2006. – № 4. – С. 19-24.
3. Закиров Д.Г. Приоритетные направления решения основных экологических и энергетических проблем в угольной промышленности // Уголь. – 2006. – № 9. – С. 61-63.



КОЛЕСНИКОВА В.В. (Донецкий национальный технический университет)

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТВАЛЬНОЙ МАССЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Один з головних напрямків зниження збитку навколишньому середовищу - це підвищення повноти і комплексності використання надр, а також якості корисних копалин, що добуваються. Це дозволить істотно знизити обсяги відходів по всьому технологічному ланцюжку видобутку і переробки на гірських, збагачувальних, енергетичних і металургійних підприємствах.*

*Одно из главных направлений снижения ущерба окружающей среде - это повышение полноты и комплексности использования недр, а также качества добываемых полезных ископаемых. Это позволит существенно снизить объемы отходов по всей технологической цепочке добычи и переработки на горных, обогащательных, энергетических и металлургических предприятиях.*

*One of main directions of decline of harm to the environment is the increase of plenitude and complexity of the use of bowels of the earth, and also qualities of the obtained minerals. It will allow substantially to reduce the volumes of wastes on all technological chainlet of booty and processing on mountain, concentrating, power and metallurgical enterprises*

Повышение общего уровня социально-экономического развития общества неминуемое сопровождается увеличением потребления невозобновляемых природно-минеральных ресурсов, интенсивной разработкой месторождений полезных ископаемых, поэтому охрана и эффективное использование недр является одной из актуальнейших проблем современности. Процесс реформирования горнодобывающей отрасли и интенсивное использование недр требует постоянного усовершенствования их правовой охраны, нормативного обеспечения, рационализации и экологизации недропользования. Регулирование горных отношений с целью обеспечения рационального, комплексного использования недр для удовлетворения потребностей в минеральном сырье и других потребностей общественного производства, охраны недр, гарантирование при пользовании недрами безопасности людей, имущества и окружающей природной среды, а также охрана прав и законных интересов предприятий, учреждений, организаций и граждан осуществляется на основании Кодекса Украины о недрах.

С каждым годом запасы ресурсов истощаются при всевозрастающем объеме их потребления, поэтому остро стоит вопрос об обязательном комплексном их использовании. Поэтому в задачи высшей технической школы должно входить воспитание в будущих горных инженерах экологичности мышления и сознания. Горный инженер - это специалист, который несет огромную ответственность перед государством и обществом за целесообразность и правильность разработки месторождений полезных ископаемых, представляющих собой национальное богатство, которое расходовать нужно бережно. Каждому предприятию, в том числе угольному, требуется руководитель, имеющий необходимое и достаточное специальное образование, а также практическую подготовку в управлении очень сложным производством с многочисленным коллективом трудящихся. Больше всего на должность руководителя угольного предприятия, а также его заместителей подходят лица, окончившие высшие учебные заведения и получившие специальную профессию горного инженера, а также имеющие достаточные практические навыки управления трудовым коллективом. Одновременно квалифицированный специалист горнодобывающей отрасли промышленности должен обладать достаточно глубокими знаниями и в области комплексного рационального использования недр. Эта необходимость продиктована тем, что при анализе итогов развития украинской экономики в последние годы становится очевидным, что механизм нерационального ресурсопотребления не только не остановлен, но и увеличил свои обороты. К таким выводам нас подводит тот факт, что спад в выпуске продукции опережает сокращение потребления сырья и материалов. Вместе с тем прогресс науки и техники позволяет все более рационально использовать материальные ресурсы.

Комплексная переработка минерального сырья – это разделение полезных ископаемых на конечные продукты с изъятием всех ценных компонентов, которые находятся в начальном сырье.

Выделяют четыре уровня комплексной переработки твердого минерального сырья:

1. выделение из сырья методами обогащения одного концентрата, который содержит один или несколько основных ценных компонентов (угольного концентрата с угольных месторождений, монометаллического с месторождений цветных и черных металлов и т.д.);
2. дополнительное выделение методами обогащения отдельных концентратов, которые не являются основными для данной подотрасли (молибденового концентрата с

- медномолибденовых руд, медного и висмутового из вольфрам-молибденовых руд, баритового, флюоритового, полевошпатового из руд цветных металлов и т.д.);
3. выделение элементов-спутников, которые не создают самостоятельных минералов (редчайших и рассеянных элементов), из концентратов обогащения химико-металлургическими методами;
  4. использование отходов обогащения и металлургии для получения драгоценных материалов и другой попутной продукции (щебня, песка, гравия из хвостов обогатительных фабрик и т.д.).

Специфика подземной добычи угля состоит в том, что на каждые 1000 т добытого угля (мировые данные) на поверхность выбрасывается до 12 кг угольной и породной пыли, 50 – 570 тыс. м<sup>3</sup> метана, 7,5 – 15 тыс. м<sup>3</sup> углекислого газа, около 5,5 тыс. м<sup>3</sup> окислов, образующихся при взрывных работах, 1,5 – 9 тыс. м<sup>3</sup> шахтных вод, 210...300 т (а в Донбассе до 800 т) породы. В результате, на территории Донецкого бассейна, сейчас насчитывается около 1260 терриконов техногенных месторождений. Ежегодный объем горной массы, выдаваемой в отвалы, составляет около 30 млн. м<sup>3</sup>, а их общий объем в Донбассе превышает 2 млрд. м<sup>3</sup>. В настоящее время темпы поступления горных пород в отвалы превышают темпы их утилизации. Основными направлениями их использования являются: засыпка выработанного пространства (94,4% общего объема использования), производство стройматериалов (4,7%), производство закладочных работ (0,9%). Следовательно, несмотря на снижение добычи угля в Донбассе за последние годы, тенденция увеличения объемов шахтных пород сохраняется.

С точки зрения возможного использования все породные отвалы можно разделить на три группы:

1. содержащие элементы, необходимые для питания растений и пригодные для производства удобрений;
2. содержащие токсичные элементы и при использовании соответствующих технологий пригодные для производства стройматериалов;
3. содержащие ценные микроэлементы, пригодные для обогащения и промышленного извлечения элементов.

Рассмотрим некоторые варианты использования горной породы в народном хозяйстве.

Луганскими учеными был разработан инвестиционный проект в технологии утилизации отходов угледобычи и промышленного птицеводства. Производство позволяет получать биоорганоминеральное удобрение и будет способствовать решению серьезных экологических и социальных проблем, восстановлению естественного плодородия сельскохозяйственных угодий, повышению урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции без использования минеральных удобрений.

Это производство включает следующие этапы переработки:

- на первом этапе углеродосодержащие отходы подвергаются сбраживанию в метантенке, в результате чего образуется биогаз и обеззараженный шлам. Метантенк объемом 100 м<sup>3</sup> может производить 3 млн м<sup>3</sup> биогаза в год. Полученный биогаз обеспечивает энергией производство, а также может в сжиженном виде служить топливом для автомобилей, сельскохозяйственной техники и использоваться для нужд населения;
- на втором этапе шлам биогазовых установок смешивается с перемолотой породой. Полученная смесь поступает в установку для производства искусственного гумуса - криптогумина производительностью 1 тонна криптогумина в час;
- на третьем этапе смесь шлама и породы, или криптогумин идет на питание калифорнийских червей, что дает возможность получить биогумус.

Биогумус, полученный на основе органических отходов и горной породы, содержит большое количество микроэлементов, необходимых для питания растений, и является высокоэффективным комплексным удобрением. Локальное внесение биогуруса в количестве 2 - 5 т/га может повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 40 - 80%. При этом решается задача восстановления черноземного слоя и увеличения плодородия почв.

Другим направлением использования пустой породы является производство строительных материалов. Промышленность строительных материалов Украины способна широко и эффективно использовать многотоннажные шахтные горелые породы и другие техногенные отходы предприятий тяжелой индустрии Донбасса или осуществлять их утилизацию и рекультивацию. Горелая порода удовлетворяет требованиям химического состава, физических свойств, радиационно-гигиенической оценки и другим показателям в качестве сырья, способного на 30-

40% заменить природное материальное сырье для стройиндустрии. Инновационные исследования показали также, что кроме вяжущего на основе горелой породы, могут быть получены бесцементные плотные, и ячеистые автоклавные и безавтоклавные бетоны для широкой номенклатуры изделий: стеновых наружных блоков, стеновых внутренних блоков, перегородок, плит перекрытия, фундаментных блоков.

Горелую шахтную породу терриконов после несложной механической переработки на месте, можно использовать в качестве крупного и мелкого заполнителя в цементных бетонах и для изготовления мелкоштучных стеновых изделий (кирпич, камни, блоки), кровельной черепицы, декоративных облицовочных и дорожных плит. Горелопородное сырье в комбинации с известью, цементом или активирующими добавками, имеющимися в достаточном количестве в регионе, позволяет получать высокоэффективный строительный материал нормируемого качества.

В результате многолетних исследований и промышленных экспериментов, выполненных Луганским и Донецким территориальными отделениями, учеными и специалистами определены основные режимы, технологии и номенклатура строительной продукции, получаемой на основе горелой шахтной породы:

- бесцементное цветное вяжущее, характеризующееся пределом прочности при сжатии 20 – 30 МПа, для производства строительных работ, в том числе кладки стен, штукатурных и отделочных работ, приготовления растворов и бетонов;
- мелкий заполнитель для бетонов и растворов;
- плотные (тяжелые) породные бетоны средней плотности (1400 – 1600 кг/м<sup>3</sup>);
- ячеистые бетоны средней плотности (450 – 750 кг/м<sup>3</sup>).

Кроме того, анализ отечественной и мировой практики освоения техногенных ресурсов свидетельствует, что их отработка может служить для горно-добывающих предприятий дополнительным источником получения цветных и драгоценных металлов, а также способствовать уменьшению вредного воздействия токсичных веществ на окружающую среду и возвращению в хозяйственный оборот ранее изъятых земель. В отходах горнодобывающей промышленности установлено наличие черных (железо, марганец, хром), легирующих (титан, ванадий, никель, кобальт, молибден и вольфрам), цветных (медь, цинк, свинец, ртуть, сурьма и висмут), благородных (серебро), редких (литий, бериллий, стронций, иттрий, лантан, ниобий, кадмий, скандий, галлий и германий) металлов и неметаллов (фарфор). Однако практическая разработка таких месторождений не производится, т. к. на горных предприятиях отсутствуют технология и рабочие проекты селективной разработки техногенных месторождений полезных ископаемых.

Официальные структуры Кабинета Министров Украины и местных органов власти до настоящего времени дают крайне противоречивые объяснения и оценки спада производства в ключевой отрасли энергетики, а Указом Президента Украины еще от 07.02.96 г. № 116/96 предусмотрены крупномасштабные меры по структурной перестройке угольной промышленности. Среди них особо сложные для региона социально-экономические процессы связаны с закрытием и ликвидацией шахт Донбасса. В этих, далеко не благоприятных социально-экономических и техногенно-экологических условиях чрезвычайно важное значение имеет реализация потенциальных возможностей региональной науки, проектирования и изысканий. Располагая дешевой базой техногенных месторождений сырья, результатами научно-исследовательских, проектных и экспериментальных разработок представляется экономически целесообразным и технически возможным в национальном региональном масштабе решить следующие проблемы:

- создать объективные на государственном и региональном уровнях предпосылки перехода к безотходным энерго- и ресурсосберегающим технологиям, утилизации и рекультивации техногенно - экологического сырья;
- создать передвижные заводы-спутники и мини-заводы переработки сырья в зоне терриконов;
- частично решить социально-экономическую программу региона в части создания новых рабочих мест на каждом заводе-спутнике - 35-50 человек, мини-заводе - 240-280 человек;
- способствовать нормализации экологической обстановки в регионе.

Кроме комплексного использования недр важным показателем в эффективности разработки месторождений полезных ископаемых является комплексное их освоение, которое представляет собой наиболее полное и экономическое освоение всех видов ресурсов земных недр на основе комплексов эффективных горных технологий. Критерием эффективности комплексного освоения недр является достижение оптимальных для развития экономики страны и интересов

будущих поколений показателей полноты использования ресурсов недр при оптимальных имеющихся трудовых и материальных ресурсах.

В последние годы комплексное освоение недр тесно связывается с концепцией устойчивого развития общества, согласно которой добыча и освоение полезных ископаемых должно осуществляться без причинения вреда следующим поколениям, ущемление их интересов. Рациональность процесса освоения минеральных ресурсов оценивается показателями полноты изъятия их из недр и при дальнейшей переработке. Общие потери полезных ископаемых состоят в среднем из потерь: в процессе добычи – 10-30%, первичной переработки (обогащение) до 20-40%, химико-металлургической переработке – 10-15%. В особенности большие потери при первичной переработке многокомпонентных руд. Поэтому беспрерывно увеличивается число “попутных” компонентов, которые изымаются из комплексного минерального сырья.

На основе обобщения отечественных и зарубежных достижений была принята Комплексная система управления рациональным использованием материальных ресурсов. Ее цель – постоянное развитие ресурсосберегающих методов хозяйствования. Составная часть комплексной системы управления рациональным использованием материальных ресурсов – комплексная система управления рациональным использованием вторичного сырья.

Система предусматривает проведение следующих мероприятий:

- научно-технического характера (использование передовой техники и технологии по сбору и переработке вторичного сырья);
- экономического (внутрихозяйственное планирование образования, сбора, использования и реализации отходов, установление цен на эти ресурсы и продукты их переработки, материальное стимулирование их рационального применения, комплексный учет и анализ результатов работы с вторичным сырьем);
- правового (использование директивных указаний и инструкций в работе с вторичным сырьем, подбор и расстановка кадров, расширение и упорядочение договорных отношений между поставщиками и потребителями);
- экологического (использование вторичного сырья с учетом аспектов защиты окружающей среды).

Система носит многоуровневый характер и охватывает все стадии жизненного цикла вторичных материальных ресурсов:

- выявление ресурсов;
- планирование их сбора и использования, сбор и подготовку к потреблению или реализации; собственно полезное применение;
- реализацию на сторону;
- профилактику частичного уничтожения.

Организационно-методической, нормативно-технической и правовой ее основой являются стандарты и сертификация вторичных ресурсов. Регламентируя прогрессивные нормы, правила и методы, а также этапы и содержание процессов, стандарты вносят ясность в работу исполнителей, четко разграничивая их права и обязанности, а также устанавливая формы материального и морального стимулирования.

Основные функции стандартов в области управления рациональным использованием вторичных ресурсов следующие:

- упорядочение внутренних и внешних связей производственных систем для вовлечения в производство отходов, а также повышения эффективности их использования;
- нормирование требований к экономному, рациональному применению вторичного сырья и элементам производства, обеспечивающим выполнение этих требований;
- внедрение в производство достижений научно-технического прогресса и передового опыта (образцов вторичных ресурсов и технологии их полезного использования);
- организация трудовых процессов на основе прогрессивной технологии и совершенствования производственных отношений;
- обеспечение контроля за рациональным использованием отходов на стадиях их жизненного цикла;
- управление рациональным использованием дополнительных источников снабжения.

В настоящей статье были рассмотрены лишь три основных направления комплексного использования отходов горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности для дальнейшего получения из них полезных компонентов и материалов, применяемых в народном

хозяйстве. Однако таких направлений гораздо больше и автором не были затронуты такие технологии комплексного использования природных ресурсов, как:

- дегазация углепородного массива;
- осветление и деминерализация шахтной воды;
- добыча ценных и редчайших минералов и газов;
- газификация пластов некондиционной мощности;
- добыча геотермальной энергии;
- использование подземных пустот.

На основании вышеизложенного видно, что комплексное использование недр охватывает широких круг проблем в угольной отрасли. В данное время большая глубина разработки пластов малой мощности при относительно низкой прочности горных вмещающих пород, выбросоопасность угля и песчаников, значительная газоносность массивов, повышенный уровень температуры, устаревшие технологии добычи, изношенность основных фондов шахт и прочие причины обусловили высокую трудоемкость и себестоимость добычи донецкого угля. Это отрицательно сказывается на конкурентоспособности широкого спектра номенклатуры продукции, которую производят с использованием угля и его производных. Поэтому внедрение принципов комплексного использования недр является одним из приоритетных направлений в развитии угольной отрасли нашего государства.

#### **Библиографический список:**

1. [Комплексное использование сырья и утилизация отходов, охрана окружающей среды/](#) Ежегодник научно-технических достижений в области минерально-сырьевых, водных и лесных ресурсов природопользования. – ВИЭМС – 2004.
2. Кодекс України «Про надра» № 132/94-ВР від 27 липня 1994 р.
3. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-ХІІ від 25 червня 1991 р.

ОСТАПЧУК О.Н., СТЕЦЕНКО В.Ю., ПЯТЫШКИН Г.Г. (Донецкий национальный технический университет)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕТРОГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ЗЕМЛИ

*Раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів сьогодні є однією з глобальних світових проблем. Одним з перспективних напрямів рішення цієї проблеми є застосування нових енергозберігаючих технологій, що використовують нетрадиційні поновлювані джерела енергії (НПДЕ). Ця стаття містить короткий огляд петрогеотермальних джерел енергії та можливості їх розрахунку за допомогою чисельних методів.*

*Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов сегодня представляет собой одну из глобальных мировых проблем. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ). Данная статья содержит краткий обзор петрогеотермальных источников энергии и возможности их расчета с помощью численных методов.*

*Rational fuel and energy using today represents one of the global problems. One of the perspective ways to solve this problem is application of the new energy saving technologies using nonconventional renewed energy sources (NRES). Given article is about using geothermal energy received from rocks and an opportunity of by means of numerical methods.*

В настоящее время потребность в органическом топливе удовлетворяется за счет собственной добычи на 44 % от существующего уровня потребления (170 млн. т. у. т.), что говорит о принадлежности Украины к энергодефицитным странам.

Вследствие объективных факторов Украине угрожает энергетический вакуум. В связи с этим, а также истощением запасов традиционного ископаемого топлива [1-3], и экологическими последствиями его сжигания возрастает интерес к альтернативным технологиям [3-5]. Технологии теплоснабжения, использующие нетрадиционные источники энергии, позволяют значительно сократить затраты энергии в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений, обеспечить экологическую чистоту их использования и повысить степень автономности систем жизнеобеспечения. По всей видимости, в недалеком будущем именно эти качества будут иметь определяющее значение в формировании конкурентной ситуации на рынке теплогенерирующего оборудования.

Одним из перспективных видов нетрадиционной энергии является тепло Земли [4-8]. В течение последних 10-ти лет в Украине усилиями геологов велись работы по изучению геотермических условий недр и оценке таких ресурсов (табл. 1). По результатам этих работ построены геотермические карты [8-12] оценены ресурсы термальных вод и геотермальной энергии, содержащейся в сухих горных породах.

Украина располагает значительными ресурсами геотермальной энергии, потенциальные запасы которой оцениваются величиной  $10^{22}$  Дж. Это эквивалентно запасам топлива  $3.4 \cdot 10^{11}$  у. т.

Геотермальную энергию в зависимости от температуры теплоносителя делят на высоко- и низкопотенциальную [4-7, 9]. Низкопотенциальной геотермальной энергией называют такую, которая нагревает теплоноситель до температуры фазового перехода. С другой стороны, энергия Земли может быть представлена в виде гидрогеотермальной и петрогеотермальной энергии – в зависимости от источника передачи тепла. Источником гидротермальных ресурсов являются термальные воды, пароводяные смеси и перегретый пар, нагретые в результате геологических процессов до высокой температуры, что позволяет их использовать для теплоснабжения зданий. Источником петрогеотермальной энергии – тепло сухих горных пород. Его можно использовать в разных климатических условиях и в разные времена года (интенсивность энергопотока не зависит от солнечной активности).

Подсчитано, что температура ядра Земли достигает около  $50000^{\circ}\text{C}$  [5]. Общий тепловой баланс первых 10 км земной коры составляет почти  $3 \cdot 10^{23}$  ккал  $\times 4,1868$  кДж =  $12,5604 \cdot 10^{23}$  кДж, что в тысячи раз превышает теплотворную способность мировых запасов всех видов топлива. Ориентировочные расчеты показывают, что в Земле содержится теплоты намного больше, чем ее можно было бы добыть, расщепив в ядерных реакторах все земные запасы урана и тория. Если человечество будет использовать одну только геотермальную энергию, пройдет 41 млн. лет, прежде чем температура недр Земли понизится на полградуса [5].

Таблица 1 – Общая характеристика геотермальных ресурсов

| Тип ресурсов       | Локализация (вид) ресурсов                   | Распространение | Преобладающий тип природного теплоносителя | Температура на глубине 3-4 км, °С |
|--------------------|--|-----------------|--|-----------------------------------|
| Гидрогеотермальные | Трещинно-жильные месторождения               | Локальное       | Пар<br>Термальные воды                     | До 300                            |
|                    | Артезианские бассейны                        | Региональное    |  | До 150                            |
| Петрогеотермальные | Магматические очаги                          | Локальное       | Расплавы<br>Твёрдые горные породы          | До 1200                           |
|                    | Зоны термоаномалий                           |                 |  | До 400                            |
|                    | Районы повышенного геотермического градиента | Региональное    |  | До 150                            |
|                    | Области развития осадочного чехла            | Глобальное      |  | До 100                            |

Тепловой режим поверхностных слоев Земли формируется под действием двух основных факторов – падающей на поверхность солнечной радиации и потоком тепла из земных недр. Сезонные и суточные изменения интенсивности солнечной радиации и температуры наружного воздуха вызывают колебания температуры верхних слоев. Глубина проникновения суточных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности падающей солнечной радиации в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий достигает порядка 30 м.

Температурный режим слоев, расположенных ниже глубины «нейтральной зоны», формируется под воздействием тепловой энергии, поступающей из недр Земли [13]. Тепловая энергия недр образуется за счет расщепления радионуклидов  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  и т.д. в ядре Земли. Продолжительный период их полураспада (который пропорционален суммарному возрасту Земли) позволяет считать их неиссякаемым источником тепловой энергии. В земную кору тепло поступает из подкорковых геосфер с помощью кондуктивного переноса. И в коре создается температурное поле.

Величина потока тепла для разных местностей различна. Критерием теплового состояния Земли является поверхностный градиент температур, позволяющий судить о температурных перепадах в глубине Земли и о потерях тепла. С увеличением глубины температура грунта возрастает в соответствии с геотермическим градиентом (примерно 3°C на каждые 100 м). На любой глубине температура горных пород определяется по формуле (1)

$$t = t_0 + (H - H_0) / \sigma \quad (1)$$

где  $H_0$  – глубина залегания слоя постоянной температуры, м;

$t_0$  – температура пород на глубине  $H_0$ , °С;

$H$  – глубина для которой определяется температура, м;

$\sigma$  – геотермическая ступень, м/град [5, 8, 13-15].

Бесконечная генерация внутреннего земного тепла компенсирует его внешние потери и служит источником энергонакопления. В зависимости от места расположения источника петрогеотермальной энергии меняется и интенсивность тепла, которое можно из него получить [17]. Согласно прогнозной оценке в верхней 10-километровой толще земной коры недр Украины содержится  $6,9 \cdot 10^{22}$  Дж или  $2,38 \cdot 10^{12}$  т. у. т., а в верхней 3-километровой толще содержится  $3,3 \cdot 10^{22}$  Дж, или  $1,12 \cdot 10^{12}$  т. у. т. Таким образом, экономически обоснованными являются системы с глубиной буровой скважины до 3 км.

Перспективность повсеместного освоения этого нового «полезного ископаемого» определяется глобальностью его распространения, но требует научного, экономически обоснованного подхода к технологии его разработки и выполнения геолого-экономической оценки

его ресурсов. С этой целью следует отметить ряд специфических особенностей, определяющих достоинства и недостатки теплоты недр как полезного ископаемого [15].

К основным достоинствам можно отнести:

- повсеместность распространения – вся толща земной коры ниже нейтрального слоя или слоя вечной мерзлоты находится в нагретом состоянии и при самых различных геотермических условиях (даже наихудших), теплота аккумулирована горными породами, и поэтому гипотетически она может быть извлечена в любой точке территории Земли;
- неисчерпаемость – энергетический потенциал нагретых пород лимитируется техническими возможностями глубины бурения скважины;
- приближенность к потребителю – геотермальные циркуляционные системы можно строить непосредственно около потребителя, что с учетом средней дальности транспортировки органического топлива в стране позволит экономить на перевозках угля, нефти и газа, а так же снизить затраты на топливо в районах потребления;
- приспособляемость к потребителю – геотермальные циркуляционные системы могут в широком диапазоне удовлетворять требования по тепловым нагрузкам и температурному потенциалу наиболее распространенных пользователей;
- сравнительно низкая капиталоемкость по сравнению разработкой и добычей природного газа, нефти и угля;
- относительно низкая трудоемкость – геотермальные циркуляционные системы после вывода их на эксплуатационный режим могут быть полностью автоматизированы и почти не требуют рабочей силы для обслуживания;
- безотходность – замкнутый цикл циркуляции теплоносителя может обеспечить по сравнению с традиционными способами выработки энергии, особенно на твердом топливе, практически полную защиту окружающей среды.

Однако специфика геотермальных ресурсов включает и ряд недостатков:

- сравнительно низкий температурный потенциал теплоносителя. В общем случае он зависит от геотермических условий района и необходимых затрат на добычу теплоты, которое определяется в основном капиталовложениями в строительство скважин. Экономически целесообразная глубина зоны теплоотбора ограничивается альтернативными затратами на добычу традиционного топлива и составляет 4-6 км, в связи с чем теплоноситель с температурой 80-90 °С может экономично добываться на 70-80 % территории страны, 90-110 °С – на 20-30 %, 110-150 °С – на 5-10 % и более 150 °С – в отдельных районах геотермических аномалий.
- нетранспортабельность – добытая теплота должна быть использована или преобразована в электроэнергию на месте либо вблизи месторождения, так как на строительство теплотрассы нужны значительные капиталовложения, поэтому район теплоэнергетического обеспечения потребителей ограничивается радиусом 10-15км, а в особо благоприятных условиях – до 25-50км.
- невозможность складирования – для аккумуляции добытой теплоты в виде горячей воды необходимо строительство гигантских емкостей, техническая и экономическая оправданность весьма сомнительна, а теплоаккумуляторов, эквивалентных угольным складам или нефте- и газохранилищам, пока нет.
- отсутствие промышленного опыта – построено пока небольшое количество промышленных циркуляционных систем с естественными коллекторами (во Франции), одна опытная промышленная на Ханкальском месторождении и две экспериментальные системы в слабопроницаемых породах (США, Великобритания); этой практики явно не достаточно для широкого освоения петрогеотермальных ресурсов.

Идея извлечения геотермальной энергии твердых горячих пород при их теплообмене с холодной водой, нагнетаемой с земной поверхности на глубокие горизонты, «оформилась» в начале текущего столетия, а разработку глубинных источников тепла начали сравнительно недавно. Наиболее преуспели в этом отношении Америка и Франция. К примеру, в Париже работает девять геотермальных источников.

Первая технологическая схема геотермальной циркуляционной системы (ГЦС) и сам этот термин были предложены знаменитым ученым и писателем-фантастом акад. В. А. Обручевым в 1920 г. в его повести «Тепловая шахта». По схеме В. А. Обручева ГЦС представляла собой глубокий вертикальный ствол, от которого подобно лучам пройдены 12



квершлагов. Каждый из них заканчивался вертикальным 10-метровым «колодцем» диаметром 2 м, герметически закрытым сверху привинчивающейся крышкой (рис. 1). В «колодцах» кипела вода, поскольку окружающий их гранитный массив имел температуру выше 100°C. Образующийся пар собирался под крышками «колодцев» и оттуда по трубам, проложенным в квершлагах и стволе, поступал в турбины подземной геотермальной электростанции, а конденсат отводился обратно в «колодцы» по другим трубопроводам, замыкавшим контур циркуляционной системы [14]. Предложенная В. А. Обручевым технологическая схема осуществима, хотя и неэкономична. При указанных параметрах теплообменных «колодцев» даже в случае, если температура пород намного превышает 100°C, кипение воды прекратится по мере охлаждения горячего породного массива около стенок «колодцев», ведь их теплообменная поверхность всего около 800 м<sup>2</sup>. Для получения реальной энергопродукции (например, 10 МВт в течение 10 лет) эту поверхность нужно увеличить не менее чем на три порядка. Однако затраты на проходку 12 000 теплообменных «колодцев» с учетом резкого удлинения квершлагов возрастут намного больше, чем в 1000 раз. Такие «астрономические» затраты не окупятся и при значительной мощности ГЦС.

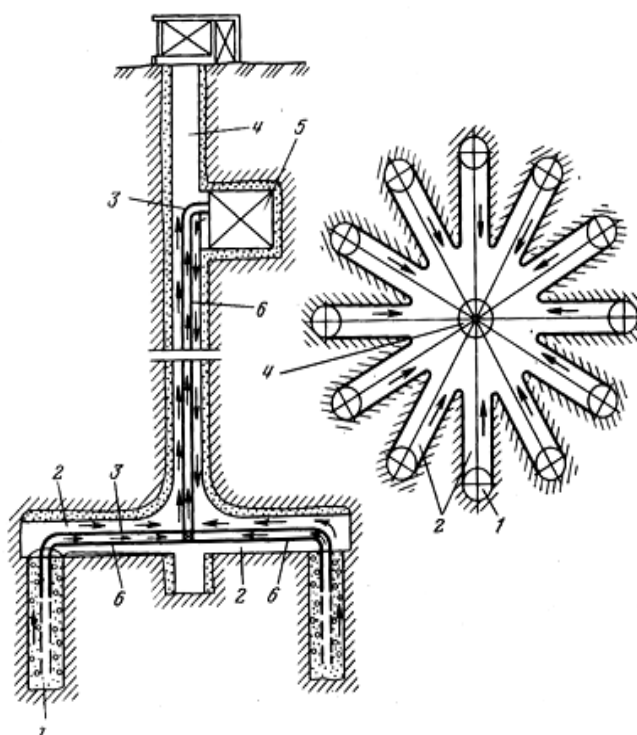


Рисунок 1 – Схема геотермальной циркуляционной системы, описанная в 1920 г. академиком В. А. Обручевым

1 – вертикальный «колодец»; 2 – квершлаг; 3 – паропроводы; 4 – шахтный ствол; 5 – подземная ГеоТЭС; 6 – трубопроводы конденсата

Разумеется, в предложении В. А. Обручева нужно видеть и оценивать не «технический проект», а перспективную идею извлечения геотермальной энергии горячих пород. В дальнейшем для практической реализации идеи геотермальной циркуляционной системы нужны были экономичные способы использования естественной теплообменной поверхности или создание из глубоких скважин обширной искусственной теплообменной поверхности в массиве горячих пород.

В результате пришли к двум видам систем использования низкопотенциальной тепловой энергии земли [7, 14, 16]:

- открытые системы: в качестве источника низкопотенциальной тепловой энергии используются грунтовые воды, подводимые непосредственно к тепловым насосам;
- замкнутые системы: естественно замкнутые, теплообменники расположены в грунтовом массиве, или гидравлически закрытых подземных тепловых котлов, или искусственно создаваемых подземных тепловых котлов; при циркуляции по ним теплоносителя с

пониженной относительно грунта температурой происходит «отбор» тепловой энергии от грунта и перенос ее к испарителю теплового насоса.

В открытых системах посредством скважин из водоносных слоев грунта добывается горячая вода, которая поступает на отопление домов [17, 18]. К недостаткам этой технологии следует отнести то, что воду, отдавшую тепло, нельзя сливать на поверхность земли или сбрасывать в реку, так как она с большим количеством солей и различных примесей. Поэтому обычно для этого устраиваются парные скважины, чтобы затем возвращать воду обратно в те же водоносные слои.

Главные требования к грунту и грунтовым водам следующие: достаточная водопроницаемость грунта, позволяющая пополняться запасам воды, и хороший химический состав грунтовых вод (например, низкое железосодержание), позволяющий избежать проблем, связанных с образованием отложений на стенках труб и коррозией.

Достоинством открытых систем является возможность получения большого количества тепловой энергии при относительно низких затратах. Однако скважины требуют обслуживания. Кроме этого, использование таких систем возможно не во всех местностях.

Вторую группу систем извлечения теплоты образуют системы с техногенными (нагнетаемыми на рабочий горизонт с земной поверхности) теплоносителями. Одной из таких систем идея замкнутого контура – была предложена в 1963 г. академиками АН УССР А.Н.Щербанем и О.А.Кремневым [18-20]. Нагрев теплоносителя в этой системе производится в естественных или искусственных породах – теплообменниках. Аналогично естественным искусственные теплообменники (геотермальные котлы) представляют собой участки массива горных пород с повышенной температурой, в которых искусственно, например взрывом, созданы полости, трещины и поры, создающие достаточно большую теплообменную поверхность и обеспечивающие проницаемость подвижного теплоносителя. Циркуляция теплоносителя, в качестве которого используется, как правило, вода, осуществляется через систему нагнетательных и эксплуатационных скважин расположенных на расстоянии 300 метров на одной и той же глубине. Впервые этот метод был применен во Франции. Он так и назывался «украинский способ получения геотермальной энергии».

Циркуляционная система извлечения тепла Земли [16, 19, 20] состоит из следующих основных элементов (рис. 2): нагнетательных скважин 1, подземного котла 2, включающего зону естественной или искусственно созданной проницаемости 3, эксплуатационных скважин 4 и поверхностного комплекса, состоящего из установки для очистки теплоносителя 5, промежуточного теплообменника 6 и насосной установки 7.

Нагнетаемая по скважине 1 холодная вода нагревается при фильтрации в зоне проницаемости за счет нестационарного теплообмена с кусками разрушенных трещинами пород и кондуктивного теплового потока из непроницаемого массива, а затем выводится на поверхность по скважине 4 и используется в качестве рабочего теплоносителя или отдает ему тепло в промежуточном теплообменнике 6.

Теплоноситель нагревается за счет охлаждения как разрушенных пород, так и массива, окружающего зону фильтрации. При этом долю глубинного теплового потока в общем количестве вынесенного водой тепла можно считать пренебрежимо малой, несмотря на существенное увеличение его плотности.

Замкнутые системы делятся на горизонтальные и вертикальные. Горизонтальный грунтовой теплообменник устраивается, как правило, рядом с домом на небольшой глубине (но ниже уровня промерзания грунта в зимнее время). Использование горизонтальных грунтовых теплообменников ограничено размерами имеющейся площадки.

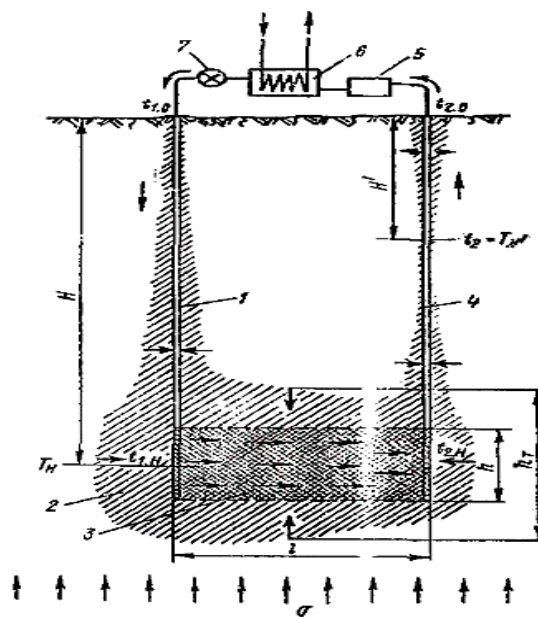


Рисунок 2 – Циркуляционная система извлечения тепла Земли

В странах Западной и Центральной Европы горизонтальные грунтовые теплообменники обычно представляют собой отдельные трубы [15-17], положенные относительно плотно и соединенные между собой последовательно или параллельно. Для экономии площади были разработаны усовершенствованные типы теплообменников, например теплообменники в форме спирали, расположенной горизонтально или вертикально.

Если система с горизонтальными теплообменниками используется только для получения тепла, ее нормальное функционирование возможно только при условии достаточных теплоступлений с поверхности земли за счет солнечной радиации. По этой причине поверхность выше теплообменников должна быть подвержена воздействию солнечных лучей.

Вертикальные грунтовые теплообменники позволяют использовать низкопотенциальную тепловую энергию грунтового массива, лежащего ниже «нейтральной зоны». Системы с вертикальными грунтовыми теплообменниками не требуют участков большой площади и не зависят от интенсивности солнечной радиации, падающей на поверхность. Вертикальные грунтовые теплообменники эффективно работают практически во всех видах геологических сред, за исключением грунтов с низкой теплопроводностью.

Существуют системы использования низкопотенциального тепла земли, которые нельзя однозначно отнести к открытым или замкнутым. Например, одна и та же глубокая (глубиной от 100 до 450 м) скважина, заполненная водой, может быть как эксплуатационной, так и нагнетательной. Диаметр скважины обычно составляет 15 см. В нижнюю часть скважины помещается насос, посредством которого вода из скважины подается к испарителям теплового насоса. Обратная вода возвращается в верхнюю часть водяного столба в ту же скважину. Происходит постоянная подпитка скважины грунтовыми водами, и открытая система работает подобно замкнутой.

Оценка экономической эффективности представляет собой сложную задачу, так как требуется выполнение целого комплекса инженерно-физических расчетов по обоснованию многочисленных взаимосвязанных параметров и режимов эксплуатации такой системы. При этом наиболее важной проблемой является определение температуры теплоносителя при его циркуляции по скважинам и фильтрации в подземном котле.

Неоднородность и анизотропность пород, непостоянство теплофизических свойств и возможность колебаний по времени начальной температуры и расхода поступающей в систему воды, плотности, теплоемкости, теплопроводности, неоднородного породного массива, нестационарный характер процессов теплообмена в скважине и окружающем ее массиве, а также непредсказуемость подземных потоков воды, которые могут принимать участие в процессе, и исключают возможность использовать для ее решения какие-либо известные инженерно-физические расчетные методы [21, 22]. Моделирование такой многокомпонентной системы представляет собой чрезвычайно сложную в задачку с точки зрения её постановки и

математического описания влияющих факторов и строгое решение такой сопряженной задачи нестационарного теплообмена затруднено.

Для оценки эффективности использования глубинного тепла Земли предлагается рассмотреть процесс извлечения в более простой постановке. Схема исследования состоит из герметичного теплообменника типа «труба в трубе»: вода поступает в скважину по обсадной трубе и получает тепло от сухого слоя породы. Нагретая вода поднимается вверх по внутренней трубе и подается потребителю. Предлагаемая схема экологически чистая.

Принимаемые в дальнейшем ограничения не изменяют протекающий процесс подъема тепла и постепенное «снятие» тепла с твердых пород будет только уточнять подъем тепла. Для приближенного решения этой задачи используем численный конечно-разностный метод с использованием разностных схем [23-25]. Анализ решения даст возможность определить эффективность использования такого источника энергии.

Используя конечно-разностный метод анализа уравнения энергии, уравнения Фурье, уравнения Навье-Стокса и уравнения сплошности, мы получим картину распределения температур теплоносителя на различных участках теплообменника либо в подъемных или опускных трубах. После этого сможем судить о скорости передачи геотермального тепла и его количестве.

Метод конечных разностей заключается в дискретизации вышеупомянутых дифференциальных уравнений по контрольным объемам, на которые разбивается исследуемая область. То есть область непрерывного изменения аргументов заменяется конечным, дискретным множеством узлов, называемых сеткой. Вместо искомой функции непрерывных аргументов ведётся поиск функции дискретных аргументов, определяемой в узлах сетки – сеточной функции. Производные, входящие в дифференциальное уравнение, заменяются (аппроксимируются) соответствующими разностными соотношениями. Таким образом, дифференциальные уравнения заменяются системой алгебраических уравнений. Краевые (начальное и граничные) условия также заменяются соответствующими разностными условиями для сеточной функции.

Совокупность правил написания разностных уравнений и краевых условий, выраженных в разностной форме, можно назвать разностной схемой, а узлы, задействованные в ней – шаблоном. Набор узлов, соответствующих фиксированному моменту времени, называют временным слоем.

Получаемое решение разностной задачи будет приближенным решением исходной задачи. Очевидно, что переход к дискретным аргументам подразумевает стремление разностной задачи к исходной при измельчении сетки. В этом случае схема должна гарантировать и сходимости получаемого решения. Замена дифференциальной задачи разностной заранее предусматривает введение ошибки – погрешности аппроксимации. Она характеризуется величиной невязки, получаемой при подстановке точного решения исходной задачи в разностную.

Таким образом, применяя этот метод к системе уравнений тепло- и массопереноса, мы получим реальные состояния теплоносителя, находящегося в условиях нагрева земным теплом, а следовательно, и оценить экономичность той или иной установки, содержащей такой теплообменник.

#### **Библиографический список:**

1. Товажнянский Л.Л. Проблемы энергетики на рубеже XXI столетия. Учебное пособие для вузов. – Харьков: НТУ ХПИ, 2004. – 174 с.
2. Баланчевадзе В.И., Барановский А.И. Под ред. А.Ф. Дьякова. Энергетика сегодня и завтра. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 344 с.
3. Кононов Ю.Д. Энергетика и экономика. Проблемы перехода к новым источникам энергии. – М.: Наука, 1981. – 190 с.
4. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики. Учебник для вузов. – М.: ИНФРА, 2006. – 278 с.
5. Калинин Ю.Я., Дубинин А.Б. Нетрадиционные способы получения энергии. – Саратов: СПИ, 1983. – 70 с.
6. Дворов И.М., Дворов В.И. Освоение внутривоздушного тепла. – М.: Наука, 1984. – 160 с.
7. Берман Э. Геотермальная энергия. – М.: Мир, 1978. – 416 с.
8. Изучение и использование глубинного тепла Земли. Сборник статей. Ред. коллегия Макаренко Ф.А. и др.–М.: Наука, 1973.–316 с.
9. Моисеенко У.И., Смыслов А.А. Температура земных недр.–Ленинград: Недра, 1986.–178 с.

10. Кутас Р.И. Бевзюк М.И. Земной тепловой поток Донбасса // Геофиз. журн. – 1992. – 14, №2 – С. 14-22.
11. Гордиенко В.В., Завгородняя О.В., Усенко О.В. Тепловой поток Донецкого бассейна // Геофиз. журн. – 1999. – № 1. – С. 127-130.
12. Усенко О.В. Тепловой поток и современная активизация Донецкого бассейна (по новым данным) // Геофиз. журн. – 2002. – 24, № 5. – С. 102-111.
13. Васильев Г.П., Шилкин Н.В. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонаносных системах // АВОК – 2003, № 2.
14. Дядькин Ю.Д., Парийский Ю.М. Извлечение и использование тепла Земли: Учебное пособие. – Ленинград: ЛПИ, 1977. – 113 с.
15. Богусловский Э.И. Техничко-экономическая оценка освоения тепловых ресурсов недр. – Ленинград: Изд-в ЛГУ, 1984. – 167 с.
16. Дядькин Ю.Д. Разработка геотермальных месторождений. – М.: Недра, 1989. – 228 с.
17. Назаров С.Н. Об одном способе использования глубинного тепла Земли. В кн.: Геотермические исследования и использование тепла Земли. – Ленинград: Наука, 1966.
18. Тело Земли и его извлечение. /Под ред. А.Н. Щербань. – Киев: Наук. думка, 1974. – 263 с.
19. Дядькин Ю.Д. Теплообмен в глубоких скважинах и зонах фильтрации при извлечении тепла сухих горных пород. – Ленинград: Наука, 1974. – 38 с.
20. Дикий Н.А. Энергоустановки геотермальных электростанций. – К. Выща шк., 1989. – 198 с.
21. Лялько В.И., Митник М.М. Исследование процессов переноса тепла и вещества в земной коре. – Киев: Наук. думка, 1978. – 150 с.
22. Любимова Е.А. Численные модели тепловых полей Земли. – М.: Наука, 1983. – 125 с.
23. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. – М. Наука, 1971.
24. Магомедов К.М., Холодов А.С. Сеточно-характеристические численные методы. – М.: Наука, 1988. – 286 с.
25. Патанкар С.В. численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах: Пер. с англ. / Под ред. Г.Г. Янькова. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 312 с.

## О ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ

*Розглянуто питання підземного перетворення твердого палива у газоподібний енергоносіє шляхом газифікації вугілля. Наведено етапи у історичному розвитку даної технології. Досліджено проблему зниження екологічного збитку в процесі використання технології газифікації вугілля.*

*Рассмотрены вопросы подземной преобразования твердого топлива в газообразный энергоноситель путем газификации угля. Приведены этапы в историческом развитии данной технологии. Исследована проблема снижения экологического ущерба в процессе использования технологии газификации угля.*

*Questions underground transformations of firm fuel to the gaseous energy carrier are considered by gasification of coal. Stages in historical development of the given technology are resulted. The problem of decrease in ecological damage is investigated during use of technology of gasification of coal.*

В последние годы в мире обострилась проблема энергообеспечения жизнедеятельности населения. Вследствие все возрастающего потребления и удорожания энергоносителей начали широко привлекаться нетрадиционные способы получения энергии: ветровая, гидротермальная и т.д. Более того, использование пахотной земли под посевы растений для получения биотоплива; использование сырья для продуктов питания для этих же целей, например, создали напряженное положение на продовольственном рынке.

В этой ситуации может найти широкое применение подземная газификация углей (ПГУ) как безлюдный способ превращения твердого топлива в газообразный энергоноситель непосредственно на месте залегания угля. Проведенное в 1947-1974 г.г. опробование ПГУ в различных горно-геологических условиях и при различном марочном составе угля (Подмосковная, Лисичанская, Шатская, Горловская и др. станции ПГУ) позволили разработать технологию промышленного получения газа для энергетических целей, а длительная работа в СССР Южно-Абинской (с 1955 г.) в Кузбассе и Агреновской (с 1962 г.) в Узбекистане станций не только дали возможность глубоко изучить проблему газификации углей в пласте на месте залегания, но и усовершенствовать технологические и конструктивные параметры работы подземных газогенераторов, а также использование газа различными потребителями. Так, если газ на Агреновской станции ПГУ производился теплотворной способностью 3,3-4,2 МДж/м<sup>3</sup> при сжигании бурых углей в мощном пласте и использовался расположенной вблизи с электростанцией для выработки электроэнергии, то на Южно-Абинской станции газ получался при сжигании каменных углей, содержащихся в свите крутопадающих пластов средней мощности и использовался на 14 предприятиях г. Прокопьевка, включая машиностроительный и хлебозаводы и другие организации.

Технология ПГУ была разработана до такого уровня, что в 70-е годы соответствующая лицензия была приобретена США, широко опробована на многих месторождениях страны, а затем начала внедряться в третьих странах (Испания, Индия, Австралия и т.д.) в виде строительства пилотных установок ПГУ.

В СССР проблемой подземной газификации углей вначале занимались НИИ и проектные организации Газпрома, а в конце 80-х годов - Минуглепром. Научная часть проблемы решалась институтом горного дела им. А.А. Скочинского, а проектная - проектным институтом «Донгипрошахт» (головные в отрасли по данной проблеме).

За короткий промежуток времени эти институты разработали проекты реконструкции Южно-Абинской и Агреновской станций, технико-экономическое обоснование строительства предприятия ПГУ на Татарском месторождении Красноярского края, участвовали в подборе участков для ПГУ в Сербии, Боснии, Индии, провели исследования по освоению Богдановского месторождения в Луганской области.

В начале 90-х годов ИГД им. А.А. Скочинского разработал критерии горно-геологических условий газификации угольных пластов и составил каталог участков месторождений, пригодных для ПГУ [1], для резерва запасов группы «а» Госбаланса запасов полезных ископаемых СССР. При разработке критериев подбора участков для газификации было установлено, что подземной газификации могут быть подвергнуты угли всех марок, за исключением тощих и антрацитов, технология газификации которых не разработана; запасы участка должны обеспечить 30-летнюю работу предприятия; минимальная мощность пласта для каменных углей составляет 0,6 м, для бурых - 1,5 м при максимальной зольности 50% на сырую массу; приток подземных вод в газо-

генератор не должен превышать  $1,0-1,5 \text{ м}^3/\text{т}$  сжигаемого угля. Во избежание утечек газа на земную поверхность минимальная глубина залегания выгазовываемого пласта должна быть более 15-кратной его мощности. Благоприятными являются условия, когда вмещающие угольный пласт породы являются своеобразным экраном для исключения утечек газа в пористые породы, т.е. газопроницаемость пород кровли и почвы должна быть на порядок меньше сжигаемого пласта.

Институтом «Донгипрошахт» в 1993 году на основе указанных критериев были проанализированы все участки (месторождения) Госбаланса полезных ископаемых Украины, содержащие угля для энергетических целей (не рассматривались участки с коксующимися углями, являющимися ценным сырьем для коксохимии). При этом выявлено 156 участков, удовлетворяющих описанным выше критериям, из них 127 участков с каменными углями и 29 с бурыми [2]. Географически указанные участки размещены в 11 областях и содержат около 20 млрд. т запасов углей разной степени разведанности. Основу для первоочередного строительства составляют около 20% участков детально разведанных и переданных в промышленное освоение. Следует заметить, что для газификации могут быть использованы угольные пласты с забалансовыми запасами или запасами, нецелесообразными к отработке. Кроме того при газификации нередко выгорает также углерод, содержащийся во вмещающих угольный пласта породах, увеличивая таким образом количество выгазованных запасов.

При газификации углей теплотворная способность получаемого газа в основном зависит от состава подаваемой на очаг воздушной смеси. При подаче атмосферного воздуха теплотворная способность газа составляет  $3,35-4,19 \text{ МДж}/\text{м}^3$ , а газ может быть использован для энергетических целей (производство электроэнергии, пара, горячей воды). Однако такой газ неэкономично транспортировать на расстояние более 25-30 км, поэтому область его применения резко сужается.

В связи с этим в СССР, США и Западной Европе были проведены масштабные аналитические и экспериментальные работы по производству газа ПГУ повышенной теплотворной способности, который служил бы не только для энергетических целей на большом удалении от места производства, но и в качестве сырья для химической промышленности [3]. Определены следующие пути повышения теплотворной способности газа:

- совершенствование конструкции подземного газогенератора или режима его работы позволяет увеличить калорийность газа на  $0,21-1,05 \text{ МДж}/\text{м}^3$  и достичь величины  $4,4 \text{ МДж}/\text{м}^3$ ;
- очистка газа ПГУ от негорючих примесей, в частности от азота и диоксида углерода  $\text{CO}_2$ . Так как выделение азота из газа ПГУ представляет сложную и дорогостоящую техническую задачу, обычно ограничиваются отмывкой диоксида углерода, что может повысить теплотворную способность газа на 10-15%;
- использование в качестве дутья смеси газов, отличающихся от состава воздуха. При этом добавка в воздушное дутье горючего или другого компонента, способствующего интенсификации процесса, уменьшает долю балласта (азота) в дутье и увеличивает долю элементов, участвующих в газификации. Данное направление является наиболее перспективным для улучшения качества газа вплоть до получения синтез-газа, являющегося сырьем для химической его переработки.

Экспериментально подтверждено, что газификация угольных пластов с повышенным содержанием кислорода способствует росту температуры в окислительной зоне и более полному реагированию углерода угля. Теплота сгорания газа достигает максимальных значений для бурых углей  $6,5-6,7 \text{ МДж}/\text{м}^3$ , каменных углей -  $8,0-8,2 \text{ МДж}/\text{м}^3$  при концентрации кислорода в дутье 65-70% при обычном давлении и  $10,2-10,4 \text{ МДж}/\text{м}^3$  при повышенном давлении.

Введение в воздушную смесь водяного пара вызывает повышение скорости реакции воды с углеродом и в меньшей степени скорости реакции углекислоты с углеродом в восстановительной зоне газогенератора и тем самым увеличение содержания в газе водорода и окиси углерода. Кроме того, отмечаются реакции гидрирования с образованием метана благодаря достаточному количеству поступающего с дутьем водорода и повышенному давлению в зоне газификации. При концентрации кислорода в дутье 65-70% и добавке пара 100-300 г/м теплотворная способность газа, полученного из бурых углей, может составить  $6,4-7,2 \text{ МДж}/\text{м}^3$ , из каменных -  $8,9-9,0 \text{ Дж}/\text{м}^3$ , и при повышенном давлении (1-4 МПа) -  $12,0-12,4 \text{ МДж}/\text{м}^3$ .

Экспериментальные данные по газификации угольных пластов с использованием в качестве дутья диоксида углерода и кислорода свидетельствуют о том, что увеличенная начальная концентрация в дутье диоксида углерода приводит к повышению скорости реакции его с углеродом над скоростью реакции воды с углеродом, вследствие чего больше образуется оксида углерода, чем водорода. Другая составляющая дутья (кислород) обеспечивает повышение

температуры процесса и концентрации оксида углерода и водорода в газе. Оптимальным является соотношение  $CC^{\wedge}C^{1,5}.. 2$  в дутье. При концентрации кислорода в дутье 40-50% теплотворная способность газа из бурых углей составит 7,0-7,1 МДж/м<sup>3</sup>, из каменных - 8,6-8,8 МДж/м<sup>3</sup>, и при давлении 1-4 МПа - 10,1-10,3 МДж/м<sup>3</sup>. Следует отметить, что диоксид углерода для дутья можно получить путем отмывки генераторного газа.

Одновременно с получением газа можно использовать до 3-5% его теплотворности путем отбора тепла газа на головках скважин.

Разумеется, приведенные меры по улучшению качества газа потребуют значительных затрат на получение кислорода и диоксида углерода, однако позволит снизить удельные расходы на транспортировку газа, его очистке и расширить круг потребителей.

Проведенные ИГД им. А.А. Скочинского исследования экономической целесообразности строительства предприятий ПГУ [4] показали следующее.

Экономические показатели ПГУ зависят от производительности предприятия и в ценах до ликвидации СССР наиболее экономически выгодной мощностью предприятия ПГУ является мощность, равная 300-500 МВт, что соответствует ежегодному выгазовыванию 0,5-0,8 млн. т условного топлива. Анализ показывает, что качество угля оказывает незначительное влияние на основные технико-экономические показатели, а сравнительная технико-экономическая оценка предприятий ПГУ и традиционных производств по добыче угля свидетельствует о том, что производительность труда на предприятиях ПГУ в 2,5 раза выше, чем на шахте, а удельные капитальные вложения близки к капитальным затратам на разрезе при добыче угля открытым способом и многократно ниже, чем на шахте. Общий тепловой КПД (по использованию тепла промышленных запасов угля с учетом утечек газа и потерь негазированного угля) также превышает КПД использования угля при его традиционной добыче. При этом следует иметь в виду, что в случае использования не только газа ПГУ, но и тепла газа, КПД ПГУ значительно возрастает.

Важную роль при оценке способов добычи и использования углей играет экологическая составляющая этих процессов. Известно, что традиционные методы добычи и потребления угля обуславливают превращение угольных регионов в зоны экологического бедствия. Это же касается районов размещения углестигающих производств. По данным проф. Е.В. Крейнина [4], на каждый кВт установленной мощности угольной электростанции ежегодно выбрасывается в атмосферу 500 кг золы и шлаков, 75 кг окислов серы и 10 кг окислов азота.

Большинство факторов воздействия ПГУ на среду обитания человека оценивается по сравнению с твердым и жидким топливом как менее пагубные.

Как свидетельствуют данные ИГД им. А.А. Скочинского, приведенные в табл. 1 [5], газ ПГУ в качестве топлива значительно меньше загрязняет воздушный бассейн.

Кроме того, при добыче угля традиционными способами происходит на значительных площадях отчуждение земли в постоянное пользование и необходимость ее восстановления после ликвидации объекта; колоссальный выброс угольной пыли при вентиляции и транспортировке и породы с отвалов; вымывание из породных отвалов вредных веществ и тяжелых металлов.

Источниками загрязнения при ПГУ являются очаг горения в угольном пласте; продукты газификации (окись и двуокись углерода, сероводород и др.); побочные продукты газификации (фенолы, смолы, аммиак, цианиды, пиридиновые основания); остаточные продукты газификации в виде золы и шлаков.

Таблица 1 – Вредные вещества в продуктах сгорания газа ПГУ, твердого и жидкого топлива

| Вредные вещества                            | Содержание вредных веществ в различных видах топлива при их сжигании |                  |                |                  |           |                  |
|---|--|------------------|----------------|------------------|-----------|------------------|
|   | уголь  |                  | жидкое топливо |                  | газ ПГУ   |                  |
|   | % объема   | г/м <sup>3</sup> | % объема       | г/м <sup>3</sup> | % объема  | г/м <sup>3</sup> |
| Твердые частицы (зола, сажа)                | -  | 1,45-4,50        | -              | 0,2-0,3          | -         | -                |
| Оксиды серы                                 | 0,06-0,2   | 1,6-11,0         | 0,031-0,2      | 1,0-7,0          | -         | -                |
| Оксиды азота в пересчете на NO <sub>2</sub> | 0,02-0,07  | 0,6-2,0          | 0,007-0,004    | 0,2-1,0          | 0,007     | 0,2              |
| Окись углерода                              | 0,035-0,35   | 0,44-4,4         | 0,035-0,35     | 0,44-4,4         | 0,01-0,09 | 0,15-1,10        |



Опыт работы предприятий подземной газификации в СССР свидетельствует, во-первых, о значительном влиянии горно-геологических и технологических условий работы предприятия и, во-вторых, о возможных методах борьбы с экологическим загрязнением геологической среды и воздушного бассейна.

Для минимизации отрицательного воздействия на экосистему газификации угля необходимо осуществлять подбор угольного пласта, изолированного от проницаемых пород почвы и кровли и водоносных горизонтов. Это позволяет предотвратить утечки газа и содержащихся в нем вредных веществ. Достаточно большая глубина выгазовывания угольного пласта (более 15 т, где т – мощность выгазованного пласта) и залегание его в мощной толще водоупорных пород исключает утечки газа по газо- и водопроницающим трещинам на дневную поверхность, т.е. не оказывает отрицательного воздействия на воздушный бассейн. При преобладании в кровле и почве угольного пласта глинистых пород последние в зоне прогрева очага горения превращаются в стекловидную монолитную массу, а также вспучиваются, заполняя выгазовываемое пространство и трещинопроявления. Таким образом остаточные продукты горения локализируются. Установлено [4], что содержание фенолов в подземном газогенераторе не превышает 0,017 мг/л, а на границах горного отвода - не превышает 0,001 мг/л.

За счет откачки воды из выгазованного пространства и выноса влаги с отводимым горячим газом создается глубокая депрессия подземных вод, воспрепятствующая распространению и локализирующая загрязнения. Следует заметить, что откачиваемые загрязненные подземные воды могут быть использованы для охлаждения газа и получения пара с последующей закачкой в газогенератор.

В 80-е годы прошлого столетия интерес научной общественности проявился к использованию в качестве основного энергоносителя не к горючему газу, а к температуре газозвушной смеси, выходящей из газогенератора. Эта технология получила название «ПСУ – подземное сжигание угля» и предназначена для получения на основе выработанного газообразного энергоносителя, нагретого до температуры 700-800°C, горячей воды, пара и электрической энергии непосредственно на месте его производства. Технология ПСУ опробована на экспериментальных участках шахт «Острый» в Донбассе и «Киреевская» в Подмосковном угольном бассейне.

Учитывая, что современные технологии ПГУ помимо производства энергетического и технологического газов позволяют отбирать их тепло для использования в теплоэнергетике, а технология ПСУ - только производить тепло, естественно рассматривать последнюю как частный случай общего широкого понятия подземной газификации угля. Принципиальным отличием, на наш взгляд, является, во-первых, использование энергоносителя (горючий газ и высокотемпературная газозвушная смесь), а, во-вторых, атмосфера в газо- и теплогенераторе. Если для получения газа ПГУ в газогенераторе поддерживается избыточное по отношению к атмосферному давлению, то для получения нагретой газозвушной смеси используется, как правило, пониженное давление. В этом состоит серьезное преимущество ПСУ, позволяющее сжигать уголь, залегающий на малой глубине, в том числе и так называемые «зависшие» запасы действующих и закрытых шахт.

Таким образом, технология подземной газификации угля в широком смысле может быть использована в практически любых условиях залегания угольных пластов любого марочного состава угля; продукт ПГУ в виде энергетического и технологического газа и высокотемпературной газозвушной смеси может быть использован как для выработки электроэнергии, так и для получения химпродукта, включая минеральные удобрения и жидкие углеводороды; производство и потребление газа ПГУ по своим экологическим особенностям значительно менее вредно, чем твердое и жидкое топливо; удельные затраты на строительство и эксплуатацию предприятия ПГУ в несколько раз ниже затрат на строительство шахты и сопоставимо с затратами на добычу угля открытым способом; сроки строительства предприятия ПГУ в несколько раз ниже сроков строительства шахты.

#### **Библиографический список:**

1. Разработка временных рекомендаций на подбор угольных месторождений для проектирования станций подземной газификации углей // ИГД им. А.А. Скочинского. –
2. М. – 1998. – 63 с.
3. Каталог участков (месторождений), пригодных для подземной газификации углей //

- Донгипрошахт. – Донецк, 1993. – 81 с.
4. Кулешов В.М., Корчемагин А.В., Панасенко В.М. Повышение эффективности подземной газификации угля // Уголь Украины. – 1990. – № 2. – С. 18-20.
  5. Крейнин Е.В. Экологическое и технико-экономическое обоснование строительства промышленных предприятий подземной газификации углей // Уголь. – 1997. – № 2 – С. 46-48.
  6. Подземная газификация углей в СССР / Антонова Р.И., Бежанишвили А.Г., Блиндерман М.С. и др. – М, ЦНИЭИуголь. – 1990. – 98 с.

КОСТЕНКО В. К., ШЕВЧЕНКО Е. В. (Донецкий национальный технический университет)

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ УПРАВЛЕНИЕМ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЕМ ИЗ ТРАНСПОРТИРУЕМОЙ ГОРНОЙ МАССЫ**

*Розглянуто питання управління метановиделенням гірничої маси, що транспортується з шахтних виробок, в умовах інтенсивного відробітку вугільних пластів, що супроводиться посиленням надходженням газу з свіжим струменем в очисне вироблення, погіршенням безпеки і екологічної обстановки в шахті.*

*Рассмотрен вопрос управления метановыделением из транспортируемой по шахтным выработкам горной массы в условиях интенсивной отработки угольных пластов, сопровождающейся усиленным поступлением газа со свежей струей в очистную выработку, ухудшением безопасности и экологической обстановки в шахте.*

*The question of management is considered by allocation of methane which is transported on mine manufactures in conditions of intensive working off of coal layers. This allocation is accompanied by amplified receipt of gas with a fresh jet in clearing manufacture and deterioration of safety and ecological conditions in mine.*

С ростом нагрузки на очистные забои, увеличением на глубоких горизонтах природной метаноносности угольных пластов, деформированием на больших глубинах и, соответственно, уменьшением площади сечения воздухоподающих выработок обозначилась проблема повышенного содержания метана на поступающей в очистные забои струе воздуха. Из транспортируемых по выработкам со свежей струей воздуха грузопотоков горной массы выделяется значительное количество газов, которые возвращаются в очистные выработки, добавляются к поступающему из пласта, вмещающих пород и выработанного пространства метану. Управление метановыделением на данном этапе транспортировки угля является одной из наименее изученных и не решенной в техническом плане задачей. Актуальность исследования данного процесса, в первую очередь связана с обеспечением безопасности и эффективности труда, так как выделяющийся из транспортируемого угля метан сдерживает интенсивную отработку угольных пластов. Следует отметить, что кроме газов при транспортировке выделяются пыль и теплота, которые ухудшают кондиции шахтного воздуха.

Со свободным выделением метана в атмосферу горных выработок связано также ухудшение экологической обстановки, вблизи угледобывающих предприятий, десорбирующийся из угля и породы газ поступает с исходящей струей воздуха из шахты на поверхность, способствуя парниковому эффекту.

В связи с этим, разработка эффективных методов управления выделением метана из отбитой от забоя угольной массы, позволяющих обеспечивать безопасные условия труда и улучшать экологическую обстановку, представляется весьма актуальной.

«Правилами безопасности в угольных шахтах» [1] нормируется концентрация метана в поступающей к забоям свежей струе не более  $C_0=0,5\%$ , а также минимальная и максимальная скорость движения воздуха. Минимальная скорость движения воздуха в выработке должна быть не менее  $0,25\text{ м/с}$ , максимальная - зависит от типа выработок и их назначения ( $v_{\text{max}}$  в лаве- до  $4\text{ м/с}$ , всех типах пройденных по углю выработок – до  $6\text{ м/с}$ , стволах с людскими подъемами -  $8\text{ до }12\text{ м/с}$ , стволах грузовых – до  $12\text{ м/с}$ ). В силу того, что сечение воздухоподающих выработок конструктивно ограничено, скорость движения струи воздуха лимитирована, с увеличением нагрузки на очистной забой усиливается поступление к нему метана вместе со свежей струей. Максимальное количество подаваемого в лаву воздуха не может превышать значение:

$$Q_{\text{max}}=v_{\text{max}} \cdot S,$$

а максимально допустимое количество поступающего в лаву метана не может превышать:

$$q_{\text{max}}=0,005 \cdot Q_{\text{max}}=0,005 \cdot v_{\text{max}} \cdot S,$$

где  $v_{\text{max}}$  – максимально допустимая скорость воздуха в воздухоподающей выработке;  
 $S$  – площадь сечения этой выработки.

Замедление транспортирования угля по очистной выработке для обеспечения выделения в него большего количества метана также не представляется возможным из-за ограничения содержания в исходящей из лавы воздушной струе. Максимально допустимое содержание метана

при этом не может быть больше  $C=1\%$  (1,3% - при наличии аппаратуры АГК - автоматического газового контроля), а его количество:

$$q_{\max}^{\text{л}}=0,01 \cdot Q_{\max}^{\text{л}}=0,01 \cdot v_{\max}^{\text{л}} \cdot S^{\text{л}} \text{ (или } q_{\max}^{\text{л}}=0,013 \cdot Q_{\max}^{\text{л}}=0,013 \cdot v_{\max}^{\text{л}} \cdot S^{\text{л}}),$$

где  $Q_{\max}^{\text{л}}$ ,  $v_{\max}^{\text{л}}$ ,  $S^{\text{л}}$  – соответственно для лавы: максимально допустимый расход и скорость движения воздуха; площадь поперечного сечения.

Таким образом, допустимое выделение метана в лаве ограничено количеством поступающего со свежим воздухом газа и (при отсутствии АГК) не может быть больше:

$$q_{\max}^{\text{л}} - q_{\max} = 0,01 \cdot v_{\max}^{\text{л}} \cdot S^{\text{л}} - 0,005 \cdot v_{\max} \cdot S.$$

Основываясь на приведенной в нормативном документе [2] зависимости максимально возможной по газовому фактору нагрузки на очистной забой, можно оценить влияние содержащегося в свежей струе метана на интенсивность горных работ.

$$A_{\max} = A_p I_p^{-1,67} \left[ \frac{Q_{\max}^{\text{э}} (C - C_0)}{194} \right]^{1,93},$$

где  $I_p$  - средняя абсолютная метанообильность очистной выработки, м<sup>3</sup>/мин;

$A_p$  - расчетная нагрузка на очистной забой, т/сут;

$Q_{\max}^{\text{э}}$  - максимальный расход воздуха в очистной выработке, м<sup>3</sup>/мин;

$C, C_0$  - допустимые концентрации метана в исходящей из очистной горной выработки (1%) и поступающей на выемочный участок (0...0,5%) вентиляционных струях.

Сгруппировав постоянные для определенного очистного забоя величины  $A_p$ ,  $I_p$ ,  $Q_{\max}^{\text{э}}$  введем новую константу "a". После преобразования формулы получим удобное для расчетов выражение:

$$A_{\max} \cdot a = (C - C_0)^{1,93}$$

Из него следует, что максимальная нагрузка на очистной забой находится в степенной зависимости от разностной концентрации метана в вентиляционных потоках, поступающем к очистной выработке и исходящем из нее:

$$A_{\max} = \frac{(C - C_0)^{1,93}}{a}.$$

Таким образом, рассчитав  $A_{\max}$  для значений  $C_0$  (в пределах от 0 до 0,5%) при  $C=1\%$ , получим наглядную зависимость максимально допустимой нагрузки на очистной забой от концентрации метана (рис.1).

Она позволяет видеть, что при увеличении содержания метана от 0 до 0,5% в поступающем в лаву воздухе, в три-четыре раза сокращается возможность интенсивной отработки угольных пластов.

Целью данной статьи является: обоснование перспективных направлений управления процессом десорбции метана из отбитой от забоя горной массы при снижении негативных последствий для окружающей природной среды, создании безопасных условий труда и, как следствие, получения максимально возможного эколого-экономического эффекта.

Такое технологическое решение, в первом приближении, состоит из двух взаимно противоречивых процессов. Во-первых, необходимо добиться снижения десорбции метана из отбитого угля в период его транспортировки по лаве и расположенному в воздухоподающей

выработке ленточному конвейеру. А затем, в удобном для этого месте, обеспечить интенсивную газоотдачу с одновременным каптажем метана. При реализации такой технологии схематично метановыделение из отбитого угля выглядит следующим образом (рис.2).

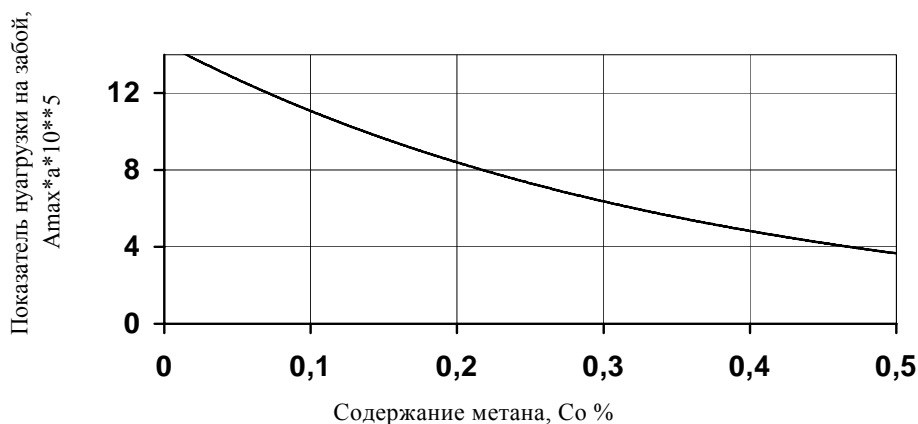


Рисунок 1 – Влияние содержащегося в поступающей воздушной струе метана ( $C_0$ ) на показатель производительности очистного забоя ( $A_{max} \cdot a$ )

В период ( $t_1$ ) транспортировки по лаве и по штреку отбитой горной массы принимаются меры по снижению газоотдачи из нее. Наиболее простым представляется использование для этого водных растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ). Возможно применение двух технологических приемов. Первый из них состоит в нанесении раствора на поверхность разрушенного угля. При этом под действием капиллярных сил растворы проникают в трещины и поры угля и «запирают» метан в них, препятствуя свободному выделению его в атмосферу. Еще один вариант ограничения метановыделения состоит в укрытии транспортируемого угля слоем воздушно-механической пены, которая позволяет изолировать полезное ископаемое от воздушного потока. Применение пен высокой и средней кратности позволяет ограничиться достаточно малым количеством привносимой в уголь воды, что не сказывается на его товарных качествах. Применение «биологически мягких» ПАВ не приводит к негативным воздействиям на окружающую среду при попадании их в сточные шахтные воды.

В настоящее время представляется возможным еще ряд способов ограничения десорбции газа из отбитого угля. Можно, например, существенно увеличить скорость транспортирования отбитой горной массы по выработкам, значительно сократив длительность периода  $t_1$ . Представляет интерес возможность отделения вентиляционного потока воздуха от транспортируемой горной массы в пространстве горной выработки. Существует устройство, позволяющее снизить метано-пыле-тепловыделение из отбитой горной массы в горную выработку - трубчатый ленточный конвейер (ТЛК) [3]. В ТЛК непрерывно подаваемый на плоскую часть ленты груз увлекается ею, и обжимается при сворачивании ленты в трубу. Сохраняя все преимущества обычного ленточного, ТЛК значительно превосходит его по возможности изменения радиуса изгиба става в горизонтальной и вертикальной плоскости. Находящийся внутри трубы транспортируемый груз имеет ограниченный контакт с окружающей атмосферой горной выработки, выделяющийся свободный метан преимущественно остается внутри этого изолированного пространства.

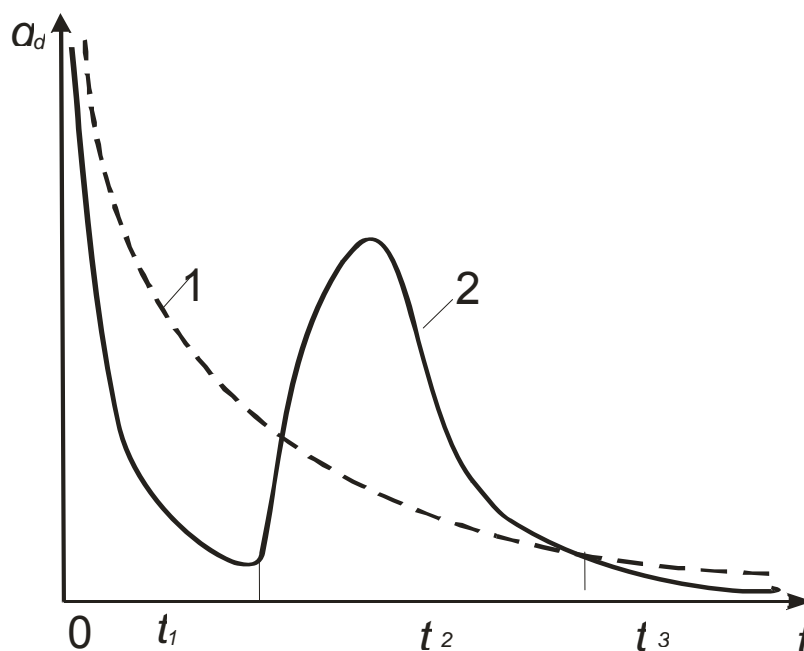


Рисунок 2 – Режимы метановыделения ( $q_d$ ) во время ( $t$ ) транспортирования отбитой горной массы по горным выработкам: 1 – существующий; 2 – предлагаемый;  
 $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  – характерные периоды десорбции метана при, соответственно: транспортировании; складировании в бункере; нахождении в открытом пространстве.

Можно предположить, что наибольший эффект в период  $t_1$  можно достичь комбинацией применения растворов ПАВ и пен при транспортировке отбитой горной массы от забоя до ленточного конвейера, а затем используя ГЛК.

Однако, только использование ГЛК не обеспечивает существенного повышения уровня охраны труда и экологической безопасности. Пыль, а в особенности метан, выделяются в атмосферу в местах перегрузки и складирования горной массы в бункера. При этом основная часть газов поступает в очистную выработку и, в конечном итоге, в атмосферу. Следовательно, необходимы дополнительные меры управления потоками газа, пыли и тепла в выработках со свежей струей.

Представляется целесообразным герметизировать места перегрузки и складирования горной массы, а также соединить изолированную полость с дегазационным трубопроводом. Разряжение, создаваемое дегазационными вакуум-насосами, в бункерах будет способствовать интенсивному выделению метана из угля (период  $t_2$ ). А отсос газовой смеси из ограниченного объема бункера с последующей утилизацией – способствовать удалению метана из горных выработок и достижению поставленных целей: повышению нагрузки на очистной забой с повышением при этом безопасности труда и уменьшением негативного воздействия на окружающую природную среду. Отрицательная сторона такой технологии состоит в необходимости длительного нахождения угля в бункере для более полного удаления газа и увеличения его размеров, что дорого и не всегда возможно в подземных условиях. Добиться уменьшения размеров бункера и срока складирования горной массы возможно, оказывая на нее стимулирующее дегазацию воздействие, например, электрогидродинамическим воздействием или другим способом. Управление скоростью десорбции метана из угля может существенно улучшить показатели работы высоконагруженных очистных забоев при увеличении уровня безопасности труда и снижении негативного воздействия на окружающую среду. В этом направлении необходимо провести дополнительные исследования.

После выгрузки из бункера уголь с пониженным содержанием метана представляет меньшую угрозу для окружающей среды и безопасности ведения горных работ. Выделение опасных газовых компонентов из него резко уменьшается (период  $t_3$ ).

Таким образом, выполненный анализ позволяет сделать заключение о том, что, управляя выделением метана из отбитой горной массы можно достичь существенного увеличения на очистной забой. Теоретические выкладки показывают, что можно повысить добычу из лавы в три-четыре раза. При этом достигается существенное снижение негативных факторов безопасности труда, в первую очередь загазовывания и запыления воздушных потоков. Кроме того, за счет

каптажа метана системами дегазации и последующей его утилизации обеспечивается улучшение экологической обстановки как за счет снижения выброса парниковых газов, так из-за рационального использования природных ресурсов.

#### **Библиографический список:**

1. ДНАОП 11.30-1.01.96. Правила безопасности в угольных шахтах. – К.: Основа, 1996.- 425 с.
2. ДНАОП 11.30-6.09.93. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 312 с.
3. Перспективы применения трубчатых ленточных конвейеров в условиях отработки угольных пластов в пределах шахтных полей шахт ”Павлоградская” и ”Терновская”// Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы и перспективы развития транспорта горных предприятий». – Днепропетровск: НГУ, 2007. – С. 34-37.

КОСТЕНКО В.К., БОКИЙ А.Б. (Донецкий национальный технический университет)

## **О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОЦЕССА ДЕГАЗАЦИИ УГЛЕГАЗОНОСНОГО МАССИВА**

*На основі встановленого механізму виділення метану з углегазоносного масиву, пропонується уточнити параметри силової дії на гірські породи, що дегазуються, і ін'єкції в тріщини, що утворилися, дисперсного наповнювача.*

*На основе установленного механизма выделения метана из углегазоносного массива, предлагается уточнить параметры силового воздействия на дегазируемые горные породы и инъецирования в образовавшиеся трещины дисперсного наполнителя.*

*On the basis of the set mechanism of selection of methane from an uglegazonosnogo array, it is suggested to specify the parameters of the power affecting the decontaminated mountain breeds and injection in the appearing cracks of dispersible napolnitelya.*

В настоящее время на угольных шахтах Украины основная часть выделяющегося из горного массива метана поступает на поверхность в составе выдаваемых из шахты: вентиляционной струи, горной массы, откачиваемой воды, а также выделяющегося в течение продолжительного периода почвенного газа [1]. Находящийся в окрестностях очистной выработки газ принято условно разделять на «быстрый» и «медленный». «Быстрый» находится в макротрещинах и открытых макропорах в свободном состоянии и может мигрировать по ним, его динамика может быть описана законом Бернулли. «Медленный» - сосредоточен в закрытых порах, растворен в угле и т.п., его движение обусловлено законами фильтрации, эффузии и диффузии. Соотношение быстрой и медленной составляющих газового баланса в массиве не постоянно, это обусловлено тем, что при изменении напряженно-деформированного состояния горных пород под влиянием очистных работ происходит постепенный переход метана из связанного состояния в свободное, т.е. превращение из «медленного» в «быстрый».

Пригодным для каптажа и утилизации является «быстрый» метан, находящийся в зоне эффективного действия дегазационных скважин, однако при интенсификации очистных работ увеличивается доля «медленного» газа, сравнительно медленно фильтрующегося из разбитых на блоки горных пород и пластов. Увеличение доли «медленного» метана при интенсивной отработке запасов приводит к ухудшению газовой обстановки в выработанном пространстве и примыкающих к нему горных выработках. Для обеспечения безопасных условий труда в шахте и улучшения экологической обстановки на поверхности важной представляется задача увеличения доли каптированного «быстрого» газа наряду с интенсификацией горных работ. Снижение в недрах уровня остаточного метана позволит сократить выделение почвенного метана и также улучшить состояние природной среды. Таким образом, актуальной представляется задача по обеспечению наилучших условий для каптажа свободного метана, в частности, увеличения: эффективного радиуса действия дегазационных скважин и продолжительности их функционирования после перехода связанного метана в свободное состояние.

Довольно широкое распространение получил в отечественной практике способ дегазации углегазовых месторождений, который предусматривает бурение скважины к дегазируемому участку горного массива, герметизацию участка скважины в пределах дегазируемой части массива, циклическое силовое воздействие в герметизированном объеме [1]. Силовое воздействие производят путем повышения давления в герметизированной полости скважины нагнетанием жидкости или газа, взрывом или другим способом. При этом разрушают часть массива, стимулируя интенсивную газоотдачу из него. Величина прикладываемых в герметизированном объеме усилий зависит от прочности разрушаемых горных пород и величины напряженного состояния. Для разрушения находящихся в условиях всестороннего сжатия на глубоких горизонтах пород следует создавать больший уровень силового воздействия. Затем, при необходимости, откачивают из скважины воду и производят отсос метана.

Недостатком такой технологии, по нашему мнению, является сравнительно небольшой объем разрушения массива при силовом воздействии (малый радиус зоны эффективного действия дегазационной скважины). Это определяет малую продолжительность интенсивного отбора газа из скважины, так как газ быстро иссякает в ограниченном разрушенном объеме. Низкая продуктивность скважин определяет необходимость бурения дополнительных и ведет к существенному удорожанию получаемого газа. Кроме того, реализация такой технологии требует



значительных энергозатрат на разрушение массива, а также использования при этом мощного дорогостоящего силового оборудования, что также приводит к удорожанию газа.

Следующим этапом развития технологии можно считать способ дегазации газоугольных месторождений, который предусматривает заблаговременное бурение скважины к дегазируемому участку горного массива, герметизацию продуктивного участка скважины в пределах дегазируемой части массива, выемку угольного пласта очистным забоем, отсос газа из скважины [2]. При этом ствол скважины располагают в разгружаемой от горного давления части горного массива, где улучшаются условия фильтрации газа по трещинам и порам после выемки пласта. Как правило, скважину проводят или в зоне полных сдвижений подработанных пород кровли по касательной к направлению разрушения породных слоев, или в неподверженной разрушению части горного массива вблизи границ зоны полных сдвижений. Однако, продолжительность продуктивной работы скважин невелика, так как фильтрационное истечение газа, начавшееся после образования в массиве трещин под влиянием очистных работ, резко снижается после удаления очистного забоя от скважины и смыкания стенок трещин. Кроме того, количество извлеченного из скважины газа существенно зависит от размера эффективного радиуса зоны влияния дегазационной скважины. Попытки усилить газоотдачу усилением вакуума в скважине приводят к подсосам воздуха из выработанного пространства и ухудшению состава каптируемой газовой смеси.

По мнению авторов, повысить количество извлекаемого из горного массива метана можно, используя геомеханические закономерности деформирования горного массива вблизи границ очистной выработки. Предложение базируется на том, что в результате измерения относительных деформаций пород непосредственной почвы разрабатываемого угольного пласта (рис.1) установлено несколько характерных областей, связанных с изменениями напряженно-деформированного состояния (НДС) массива. Они расположены в различных интервалах расстояний от очистного забоя: локальной разгрузки  $L_{лр}$ - $L_{од}$ ; опорного давления –  $L_{од}$ - $L_{р}$ ; разгрузки от горного давления -  $L_{р}$ - $L_{мр}$ ; пригрузки оседающими породами кровли -  $L_{мр}$ - $L_{пр}$  [3,4].

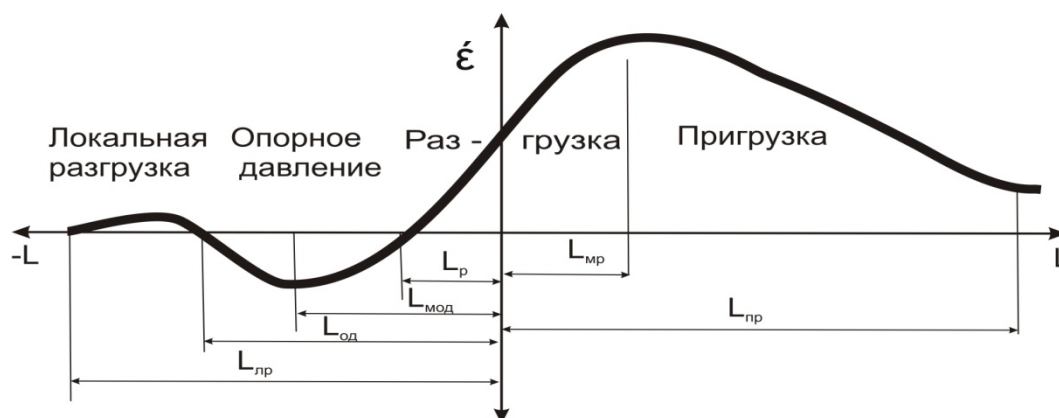


Рисунок 1 – Относительные деформации ( $\epsilon$ ) горных пород непосредственной почвы разрабатываемого угольного пласта впереди ( $-L$ ) и позади ( $L$ ) очистного забоя

Силовое воздействие на стенки скважины, например в режиме гидрорасчленения пласта-спутника, предлагается производить в области локальной разгрузки массива ( $L_{лр}$ - $L_{од}$ ), то размер эффективного радиуса зоны влияния дегазационной скважины образующийся при этом будет существенно больше, чем при выполнении этой операции в скважине, находящейся в нетронутом массиве. Это объясняется пониженным уровнем действующих в этот период напряжений в породном массиве. Если силовое воздействие на стенки скважины выполнено в соответствии с предлагаемой технологией, то при одном и том же уровне силового воздействия на стенки скважины размер зоны разрушенных пород вокруг нее будет максимальным, что обеспечивает более продуктивную и продолжительную работу дегазационной скважины. Сформировавшаяся при силовом воздействии в области локальной разгрузки зона разрушенных пород вокруг скважины горных пород представляет в плане эллипс, большая ось которого совпадает с превалярующей в массиве системой кливажных трещин.

После перехода скважины в область опорного давления ( $L_{од}-L_p$ ), под действием сложных (сжимающих, изгибающих и крутящих) деформаций и напряжений, трещиноватость, образованная в предыдущий период, развивается, как прорастанием трещин в перпендикулярном оси скважины направлении, так и увеличением числа трещин. Этот процесс аналогичен деформированию подготовительных выработок в области опорного давления. Искусственные трещины являются концентраторами напряжений и способствуют как дальнейшему дроблению пород, так и прорастанию новых трещин, еще более удаленных от скважины. Находящийся в газоносной толще в связанном состоянии метан (сорбированный или растворенный) интенсивно переходит в свободное состояние и по трещинам начинает мигрировать по трещинам в скважину.

В результате существенно улучшаются условия для истечения газа в полость скважины после приближения лавы в период разгрузки массива ( $L_p-L_{мр}$ ). Этап разгрузки продолжается до отхода очистного забоя от скважины на расстояние  $L_{мр}$ , когда в выработанном пространстве происходит обрушение пород основной кровли и высота свода обрушения достигает герметизированного участка скважины. Дальнейшее удаление очистного забоя от скважины определяет увеличение пригрузки на продуктивный газоносный слой и сжатие вмещающих скважину пород, этот процесс продолжается до окончания формирования свода полных сдвижений после отхода очистного забоя до  $L_{мр}$ . После удаления очистного забоя на расстояние, превышающее  $L_{мр}$  деформации породной толщи  $\epsilon$  стабилизируются. Характер расхода метана из дегазационной скважины, представлен на диаграмме (рис.2).

Реализация предлагаемой технологии (кривая **II**) обеспечивает интенсивное выделение метана в скважину вследствие формирования более значительных зон разрушенных пород вокруг скважин. Кроме того, период эффективного функционирования скважины несколько увеличен за счет роста пути фильтрации свободного газа через разрушенные породы. Все вместе это обеспечивает рост продолжительности и темпов извлечения, а, следовательно, объемов добычи газа из горного массива. На рис.3 представлен вид в плане фрагмента добычного участка с подготовительной выработкой, лавой с очистным забоем, дегазационными скважинами. Для сравнения на нем показаны скважины, эксплуатируемые в соответствии с наиболее близким аналогом и в соответствии с предлагаемой технологией.

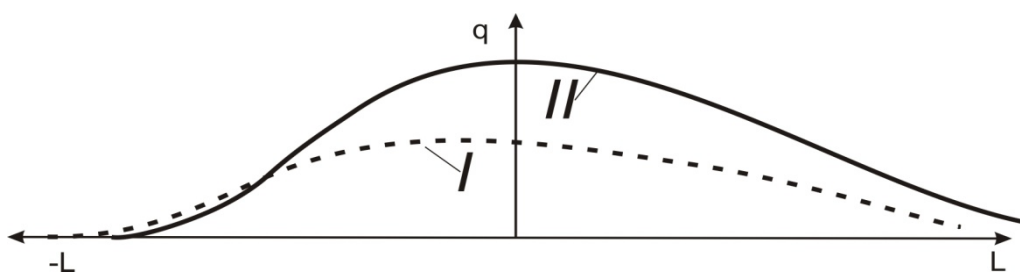


Рисунок 2 – Продуктивность ( $q$ ) дегазационных скважин при использовании соответственно: традиционной (**I**) и предлагаемой (**II**) технологии

Увеличение размеров зон разрушенных пород вокруг скважин дает возможность снизить объемы бурения скважин и получить за счет этого существенный экономический эффект.

Повышение продуктивности дегазационных скважин обеспечивают путем подачи дисперсного наполнителя в формируемую вокруг скважин зону гидроразрыва [6]. Технология предусматривает заблаговременное бурение скважины к дегазируемому участку горного массива, герметизацию продуктивного участка скважины в пределах дегазируемой части массива, силовое воздействие в герметизированном участке скважины с одновременной подачей в образовавшиеся в массиве трещины дисперсного наполнителя, выемку угольного пласта очистным забоем, отсос газа из скважины. В качестве наполнителя используют песок или керамические частицы, частично заполняющие полости трещин и фиксирующие их в раскрытом состоянии. После этого откачивают из скважины воду и ведут каптаж метана.

Увеличение размеров зон разрушенных пород вокруг скважин дает возможность снизить объемы бурения скважин и получить за счет этого существенный экономический эффект.

Повышение продуктивности дегазационных скважин обеспечивают путем подачи дисперсного наполнителя в формируемую вокруг скважин зону гидроразрыва [6]. Технология предусматривает заблаговременное бурение скважины к дегазируемому участку горного массива,

герметизацию продуктивного участка скважины в пределах дегазируемой части массива, силовое воздействие в герметизированном участке скважины с одновременной подачей в образовавшиеся в массиве трещины дисперсного наполнителя, выемку угольного пласта очистным забоем, отсос газа из скважины. В качестве наполнителя используют песок или керамические частицы, частично заполняющие полости трещин и фиксирующие их в раскрытом состоянии. После этого откачивают из скважины воду и ведут каптаж метана.

Недостаток известной технологии заключается в малом объеме разрушения массива при силовом воздействии, что определяет низкую интенсивность отбора газа из скважины, так как он быстро иссякает в разрушенном объеме, соответственно, низкой продуктивности скважин, что требует бурения дополнительных скважин и к существенному удорожанию получаемого газа при реализации способа. Другой недостаток этот и подобных технологий состоит в значительных энергозатратах на разрушение массива при силовом воздействии, а также необходимости использования мощного дорогостоящего гидравлического силового оборудования, что также приводит к существенному удорожанию получаемого газа при реализации способа.

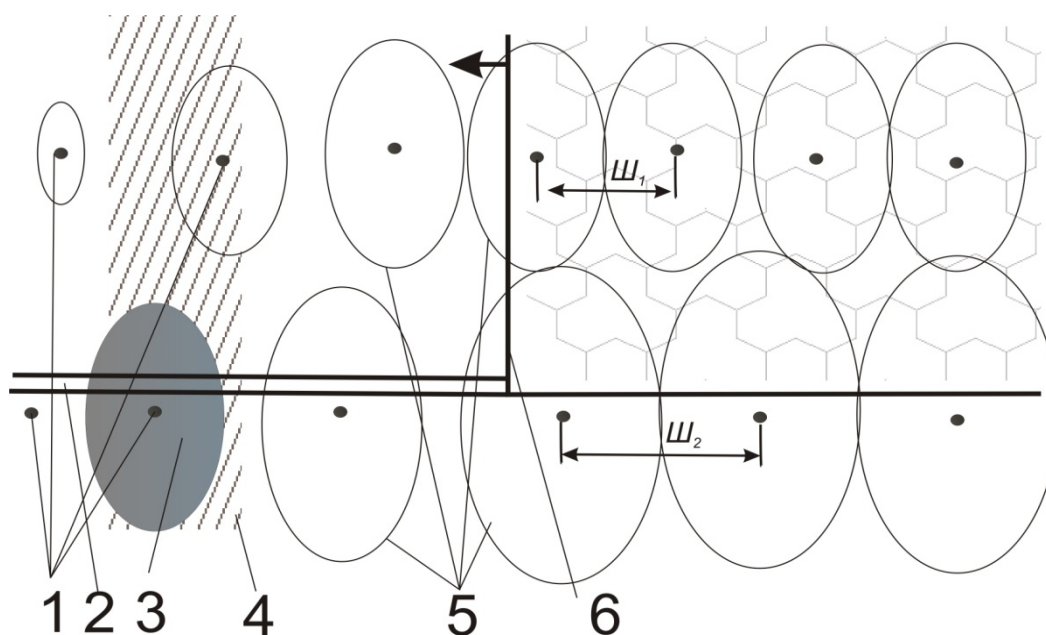


Рисунок 3 – План выемочного участка:

$Ш_1$  и  $Ш_2$  – шаг (расстояние) по простиранию между дегазационными скважинами соответственно при реализации традиционной и предлагаемой технологии;

1 – скважины; 2 – подготовительная горная выработка; 3 – зона разрушения горных пород при силовом воздействии в области локальной разгрузки пород; 4 – вид в плане области локальной разгрузки; 5 – границы зон разрушенных пород вокруг скважин; 6 – очистной забой.

Авторами поставлена задача усовершенствования технологии каптажа метана из газоугольных месторождений, в которой обеспечивается технический результат – уменьшение объема работ по бурению скважин и повышение продуктивности скважин. Поставленная задача решается тем, что, силовое воздействие на продуктивный участок скважины с одновременной подачей дисперсного наполнителя осуществляют в период нахождения ее вблизи очистного забоя в зоне разгрузки (см. рис.1) на участке  $L_p-L_{mp}$ . Проведение силового воздействия в зоне опорного давления ( $L_{од}-L_p$ ) малоэффективно из-за высокого уровня напряженно-деформированного состояния массива горных пород и высоких энергозатрат на его разрушение. Выполнение этой операции позади очистного забоя ( $0-L_{mp}$ ), или в области пригрузки горных пород ( $L_{mp}-L_{пр}$ ), не обеспечивает достижения технического эффекта из-за высокого уровня трещиноватости горного массива и утечек рабочей жидкости с дисперсным наполнителем в негазоносные участки горного массива. Если силовое воздействие на стенки скважины выполнено в соответствии с предлагаемыми параметрами, то при одном и том же уровне силового воздействия на стенки скважины размер зоны разрушенных пород вокруг нее, а также загрузка полостей трещин дисперсным наполнителем будут максимальными, что обеспечивает более продуктивную и продолжительную работу дегазационной скважины (рис.4).

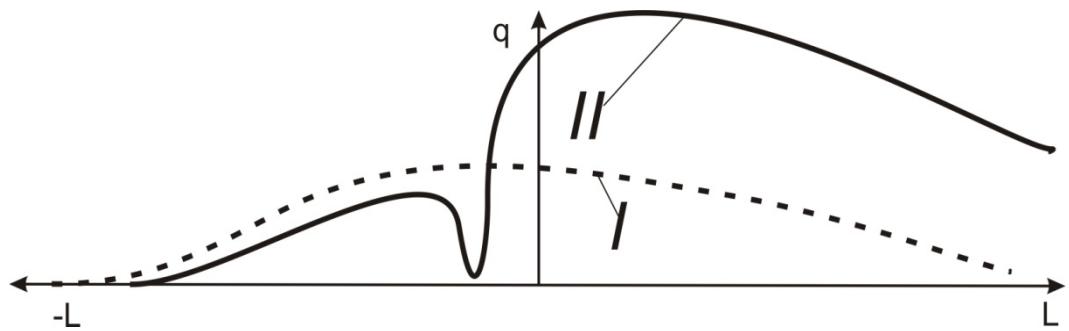


Рисунок 4 – Продуктивность ( $q$ ) дегазационных скважин при использовании соответственно: традиционной (**I**) и предлагаемой технологии с силовым воздействием и подачей дисперсного наполнителя в области разгрузки пород (**II**)

При выполнении силового воздействия в области разгрузки происходит непродолжительное уменьшение дебита скважины до нулевого значения. Однако, в дальнейшем устанавливается интенсивное выделение метана в скважину вследствие формирования более значительных зон разрушенных пород вокруг скважин. Кроме того, период эффективного функционирования скважины значительно увеличен за счет обеспечения фильтрации свободного газа через трещины, содержащие дисперсный наполнитель.

Все это обеспечивает рост продолжительности и темпов извлечения, а, следовательно, объемов добычи газа из горного массива. Увеличение размеров зон разрушенных пород вокруг скважин дает возможность уменьшения объема работ по бурению скважин и повышения продуктивности скважины путем увеличения разрушенного пространства в горном массиве и длительного сохранения его проницаемости, чем объясняется рост темпов и продолжительности извлечения газа из горного массива.

#### Библиографический список:

1. Управление свойствами и состоянием угольных пластов с целью борьбы с основными опасностями в угольных шахтах/В.В. Ржевский, Б.Ф. Братченко, А.С. Бурчаков, Н.В. Ножкин. Под общей. ред. В.В. Ржевского//Недра.1984.-327с.
2. Пудак В.В., Конарев Е.В., Алексеев А.Д., Брижанев А.М. /Исследование, разработка технологии и промышленное использование метана углегазовых месторождений Донбасса//Уголь Украины. №№ 10-11, 1996. –С.68-71.
3. Костенко В.К. Геомеханические и технологические способы предупреждения и ликвидации возгораний угля // Горноспасательное дело: сб. науч. тр. // НИИГД. – Донецк, 1998. – С.69-75.
4. Костенко В.К., Бокий А.Б., Шевченко Е.В. Влияние очистных работ на процесс выделения метана из породного массива/Вісті Донецького гірничого інституту//Донецьк: ДВНЗ „ДонНТУ”, 2007. - № 2. – С 36-43.
5. Костенко В.К., Шевченко О.В., Бордюгов Л.Г., Бокий О.Б. Способ дегазації газовугільних родовищ // Патент на корисну модель № 36900, опубл. 10.11. 2008, бюл. № 21.
6. Кауфман Л.Л., Кулдыркаев Н.И., Лысиков Б.А. Добыча горючих газов угольных месторождений. – Донецк: «Вебер» (Донецкое отделение). 2007. – 232 с.

УДК 343.97

БОРДЮГОВ Л.Г. (Донецький науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України)

## СУДОВО-ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА – ВАЖЛИВА ЛАНКА У ГАЛУЗІ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

*Охорона навколишнього природного середовища – одна з найбільш актуальних проблем сучасності. Важливою ланкою у галузі захисту навколишнього природного середовища є судово-екологічна експертиза, яка знаходиться у стані формування, що обумовлює необхідність досліджень у даному напрямку.*

*Охрана окружающей природной среды - одна из наиболее актуальных проблем современности. Важным звеном в области защиты окружающей природной среды является судебно-экологическая экспертиза, которая находится в стадии формирования, что обуславливает необходимость исследований в данном направлении.*

*Protection of the surrounding natural environment - one of the most actual problems of the present. The important part in the field of protection of the surrounding natural environment is judicial - ecological examination which is in a stage of formation that causes necessity of researches for the given direction.*

На початку 21 сторіччя, як ніколи раніше, перед всім людством гостро встали проблеми екологічної безпеки, проблеми пошуку науково-обґрунтованої стратегії відносин у системі людина-суспільство-природа, актуалізації екологічної політики щодо запобігання масштабної деградації навколишнього природного середовища й глобальної екологічної катастрофи.

Зміни стану навколишнього природного середовища відбуваються під впливом біосферних процесів, пов'язаних з діяльністю людини. Антропогенні впливи є найбільш масштабними причинами змін, що відбуваються в біосфері, при цьому продуктивна діяльність людей здійснюється переважно колективно у вигляді підприємств. Кожне з них перебуває у взаємодії з навколишнім природним середовищем. Як правило, наслідком цієї взаємодії є зміни (деформації) у навколишньому природному середовищі [1, с.228].

У результаті спалювання паливних ресурсів у світі в атмосферу щорічно викидається більше 22 млрд. т двоокису вуглецю й більше 150 млн. т сірчаного газу. Щорічно світова промисловість викидає в ріки більше 160 м<sup>3</sup> шкідливих стоків, у ґрунти вноситься 500 млн. т мінеральних добрив. З одного боку, добрива сприяють підвищенню врожайності зернових, овочевих і інших культур на 15-20%, з іншого, – набагато збільшують забруднення ґрунтів, ґрунтових вод і вирощуваних продуктів. За кількістю промислового забруднення на одну людину Україна займає одне з перших місць у Європі, а тривалість життя людини найменша – 66 років, тоді як у Швейцарії, Ісландії й США – 75-79 років. [2, с. 232-233].

Екологічні проблеми найчастіше сконцентровані у великих промислових центрах і навколо них. Це результат інтенсивної індустріалізації в компактних районах, нераціонального використання енергії й природних ресурсів, а також зневаги екологічними факторами при прийнятті рішень. Забруднення повітря й води, руйнування екосистем досягли значного рівня в промислових районах колишніх республік СРСР [3, с.36].

В останні роки наше суспільство зштовхнулося із проявом нових, найнебезпечніших видів протиправної поведінки стосовно навколишнього природного середовища. На території України відбувається нагромадження радіоактивних, токсичних, медичних відходів, завезених таємно з інших держав. Підприємства викидають без належного оформлення небезпечні відходи. Недотримання елементарних правил охорони навколишнього природного середовища, яке приводить до забруднення водойм, атмосферного повітря, ґрунту, у нас прийнято пояснювати труднощами нинішнього соціально-економічного положення країни. Виробничники не тільки заощаджують «на природі» і наростаючими темпами споживають природні ресурси, але навіть не використовують наявні очисні споруди й широко відомі природо-захисні технології [4, с.4].

У даний час екологічний стан природного комплексу України оцінюється як критичний. Тільки в її повітряний басейн за 2004 рік викинуто близько 4,1 мільйони тонн шкідливих речовин. Викиди здійснювали приблизно 11 тисяч промислових підприємств країни. Основними забруднювачами атмосфери продовжують залишатися об'єкти добувної промисловості (23,8% викидів), виробники електроенергії, газу й води (31,6%), підприємства металургії й обробки металів (29,2%) [5, с.8].

Протягом століть перед людством стояла проблема збереження сприятливих природних умов, йшла боротьба за запобігання, ослаблення й усунення негативних проявів діяльності людей щодо природи, але лише на початку ХХ сторіччя суспільний рух за охорону природи придбав глобальний характер.

В 1913 році в Берні вперше в історії людства відбулася Конференція з міжнародної охорони природи. Це була перша спроба об'єднатися на міжнародному рівні для спільних зусиль, перша спроба щодо створення міждержавного органа в сфері охорони природи.

Після Бернської конференції відбувся ряд міжнародних екологічних конференцій: у Швеції (м. Стокгольм) в 1972 році, у Бразилії (м. Ріо-де-Жанейро) в 1992 році, у ПАР (м. Йоганнесбург) в 2002 році.

Але проблеми з міжнародної охорони природи, які розглядалися на Бернській конференції, є актуальними проблемами й у наші дні:

- створення постійної міжнародної природоохоронної організації;
- збереження біологічної розмаїтості;
- збереження ландшафтів;
- захисту навколишнього середовища;
- захисту навколишнього середовища Арктики й Антарктики [6, с. 2-3].

Питання захисту навколишнього природного середовища є актуальним і для нашої країни. Забезпечення екологічної безпеки й підтримка екологічної рівноваги на території України є важливою проблемою державної екологічної політики й невід'ємною умовою сталого економічного й соціального розвитку.

Це обумовлено значним антропогенним порушенням і техногенною переважаністю території України, негативними екологічними наслідками Чорнобильської катастрофи, неефективним використанням природних ресурсів, широкомасштабним застосуванням екологічно шкідливих і недосконалих технологій, неконтрольованим ввозом екологічно небезпечних технологій, речовин і матеріалів, негативними екологічними наслідками оборонної й військової діяльності й природних катаклізмів [7, с.7].

З метою усунення шкідливого впливу діяльності людини на геосистему або зменшення антропогенного навантаження необхідно створити наукові основи моніторингу навколишнього природного середовища, розробити принципи економічної оцінки змін біосфери під впливом промислового виробництва, методи й засоби оптимізації впливу промислового виробництва на природу, на державному, регіональному й об'єктовому рівнях створити спеціальну нормативну документацію, що регламентує профілактичні, технологічні, технічні й інші заходи щодо охорони природи [8, с.507].

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [9] встановлює перелік екологічних правопорушень, у тому числі порушень вимог, норм та нормативів екологічної безпеки (ст.68), до яких віднесені: порушення прав громадян на екологічно безпечне навколишнє природне середовище; порушення норм екологічної безпеки; порушення екологічних вимог при проектуванні, розміщенні, будівництві, реконструкції, введенні в дію, експлуатації та ліквідації підприємств, споруд, пересувних засобів та інших шкідливих впливів на довкілля; невжиття заходів щодо попередження та ліквідації екологічних наслідків аварії та іншого шкідливого впливу на навколишнє природне середовище; порушення природоохоронних вимог під час зберігання, транспортування, використання, знешкодження та захоронення хімічних засобів захисту рослин, мінеральних добрив, токсичних і радіоактивних речовин, виробничих, побутових та інших видів відходів; відмова від надання своєчасної повної та достовірної інформації про стан екологічної обстановки чи захворюваності населення [7, с.75-76].

У наш час проблема екологічної злочинності у всіх країнах світу, незалежно від їхнього географічного знаходження, викликає необхідність залучення все більшої уваги та дій правоохоронних органів для організації боротьби з даним видом злочинів.

Стан правопорушень у сфері екології свідчить про надзвичайно низьку ефективність засобів щодо попередження, розкриття й розслідування злочинів даного виду. Велику клопотаність викликає висока латентність і низьке розкриття екологічних злочинів. У результаті поверхневого розслідування у багатьох випадках не встановлюються причини злочинів, не виявляються винні особи, не приймаються необхідні заходи щодо відшкодування збитків.

Виходячи із цього, доцільно займатися правовою, організаційною й економічною діяльністю, пов'язаною з попередженням або зменшенням негативного впливу підприємств на навколишнє природне середовище й здоров'я людини, а також розвивати судово-екологічну

експертизу для проведення об'єктивної професійної оцінки природоохоронної діяльності (бездіяльності) директорів (власників) підприємств, інших відповідальних посадових осіб, конкретних виконавців і більш ефективного дослідження техногенних аварій, які виникли на цих промислових об'єктах і які привели до значних екологічних збитків.

При цьому варто провести, спираючись на загальну теорію судової експертизи, дослідження питань, що стосується судово-екологічної експертизи, приблизно за наступною схемою:

- дослідження проблеми забруднення навколишнього природного середовища підприємствами з екологічно й потенційно небезпечним виробництвом;
- аналіз екологічних правопорушень (злочинів) на промислових об'єктах;
- обґрунтування актуальності розвитку судово-екологічної експертизи й створення концепції її теорії;
- розробка методології судово-екологічної експертизи [10, с.158].

Розробка методології пізнання й практики, як відомо [11], починається з формулювання їхньої мети, об'єкта, предмета, завдань і створення найбільш оптимальних методів рішення останніх. Як і будь-яка пізнавальна діяльність, судово-експертне екологічне дослідження також має свій предмет пізнання, обумовлений об'єктом, метою, завданнями й засобами (методами) пізнання. Ці елементи існують у діалектичній єдності.

Виникнення судово-екологічної експертизи як самостійного класу експертних досліджень – закономірний процес, необхідність якого обумовлена реаліями сьогодення й у ще більшому ступені – завтрашнього дня, оскільки екологічні проблеми займають все більше місце в житті сучасної людини й усього суспільства, в промисловості, економіці і навіть політиці [12, с.15].

Однак сьогодні теоретичні й методичні основи судово-екологічної експертизи перебувають у стані формування. Дотепер не визначені ключові категорії даної експертизи, її об'єкт, предмет, коло розв'язуваних завдань, місце в системі судових експертиз.

Недостатня теоретична розробленість, велика практична значимість для діяльності правоохоронних органів з розкриття й розслідуванню злочинів, пов'язаних з порушеннями вимог екологічного законодавства, насущні потреби подальшого розвитку й удосконалення загальної теорії судової експертизи обумовлюють необхідність досліджень у даному напрямку.

Судово-екологічна експертиза повинна вирішувати поставлені перед нею слідчими органами або судом завдання на основі спеціальних знань, які визначають предмет експертного пізнання, обумовленого навкруги фактичних обставин, що встановлюються у справі, яка розслідується або розглядається судом.

Завдання судово-екологічної експертизи необхідно розуміти як експертну діяльність, яка спрямована на перетворення інформації, що міститься у наданих на експертизу в якості вихідних даних матеріалах справи, інших документах і речових доказах, у доказову інформацію, яка може бути використана для правильного ухвалення рішення в кримінальній, цивільній, адміністративній або господарській справі.

З урахуванням сучасних наукових розробок найбільш типові завдання судово-екологічної експертизи можна об'єднати в наступні групи:

- визначення виду й місця розташування джерела негативного антропогенного впливу на навколишнє природне середовище;
- визначення характеристики негативного антропогенного впливу на навколишнє природне середовище в часі та просторі;
- встановлення механізму негативного антропогенного впливу (механізму виникнення надзвичайної екологічної події);
- визначення масштабів, а також умов та обставин, що сприяють виникненню негативного антропогенного впливу на навколишнє природне середовище;
- визначення умов та обставин, що сприяють посиленню негативного антропогенного впливу на навколишнє природне середовище;
- встановлення невідповідностей екологічного характеру у проектах техніко-економічних розрахунків та техніко-економічних обґрунтувань будівництва (реконструкції), планування певного об'єкта;
- встановлення обставин, пов'язаних з порушеннями природоохоронного законодавства та умов експлуатації потенційно небезпечних об'єктів, з діями (бездіяльністю) спеціально уповноважених осіб в галузі охорони навколишнього середовища й природокористування,

які сприяли заподіяння шкоди здоров'ю людини (смерті людини) або привели до інших тяжких наслідків [13, с.51; 14, с.125].

Розробка ключових категорій судово-екологічної експертизи, тобто поняття її об'єкта, предмета, кола розв'язуваних завдань, відіграє важливу роль у визначенні її місця в системі судових експертиз, та в подальшій розробці її теоретичних засад.

Факти, які встановлюються судово-екологічною експертизою можуть сприяти цілеспрямованому проведенню слідчих дій, у цілому істотно сприяти успішному проведенню розслідування та судовому розгляду екологічних правопорушень.

### Бібліографічний список:

1. Костенко В.К., Крупка А.А., Дузь Л.Е., Бордюгов Л.Г. Деформации окружающей предприятие природной среды как предмет судебной экологической экспертизы // Экспертное обеспечение правосудия: проблемы теории и практики / Материалы Международной научно-практической конференции (7-8 сентября 2006 года, Автономная Республика Крым). Симферополь: ДиАйПи, 2006. – С. 228-231.
2. Батутіна А.П., Ємченко І.В. Експертиза товарів: Навчальний посібник: Навчальне видання, – К.: ЦУЛ, 2004, – 278 с.
3. Окружающая среда и безопасность. Преобразование риска в сотрудничество. Восточная Европа. Беларусь-Молдова-Украина. «Нувель Гонне», Белле, Франция, 2007. – с.114.
4. Рузметов С.А. Использование специальных познаний при расследовании экологических преступлений: Дис. ... канд. юрид. наук. – Калининград, 2003. – 219 с.
5. Абашина Д. Почему в Донбассе лучше не дышать?!//Панорама: Общественно-политический еженедельник. – 24-30 марта 2005. - №12.
6. Абашидзе А.Х., Солнцев А.М. Первая международная экологическая конференция – Конференция по международной охране природы (Берн, 1913 г.) // Экологическое право: Федеральный журнал. – М.: ИГ «ЮРИС», 2006. – Вып.4. – С.2-4.
7. Андрейцев В.І. Право екологічної безпеки: Навч. та наук.-практ. посіб. – К.: Знання-Прес, 2002.- 332 с.
8. Дружинин Г.М., Бордюгов Л.Г., Крупка А.А., Дузь Л.Е., Кривченко Ю.А. Концептуальные положения методологии судебной экологической экспертизы. //Теорія та практика судової експертизи і криміналістики. Збірник науково-практичних матеріалів. Випуск 5/ Міністерство юстиції України, Харківський науково-дослідний інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М.С. Бокаріуса; Національна юридична академія України імені Ярослава Мудрого; Ред. колегія: М.Л. Цимбал, В.Ю. Шепітько, Л.М. Головченко та ін. – Харків: Право, 2005. – С.505-512.
9. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»//Екологічне законодавство України: Зб. нормат. актів/Відп. ред. І.О. Заєць. – К.: Юрінком Інтер, 2001. – С. 7-47.
10. Бордюгов Л.Г., Крупка А.А. Судебная экологическая экспертизы и профилактика экологических правонарушений в угольной промышленности // Проблемы экологии/ Гол. ред. Мінаєв О.А. – Донецьк: ДонНТУ, №1-2. – 2007. – С.155-160.
11. Философский словарь /Под ред. И.Т. Фролова. – М.: Политиздат, 1986. – 590 с.
12. Майорова Е.И. Некоторые теоретические вопросы судебно-экологической экспертизы // Теория и практика судебной экспертизы. Научно-практический журнал. – М.: Наука, 2007. – Вып. №2 (6). – С.15-22.
13. Бордюгов Л.Г. Загальні завдання судової екологічної експертизи // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте ' 2007». Том 8. Юридические и политические науки. – Одесса: Черноморье. – 2007. – С.49-52.
14. Бордюгов Л.Г. Судово-екологічна експертиза: теоретичні аспекти//Вісник Академії адвокатури України. – К.: Видавничий центр Академії адвокатури України, 2008. – Вип.12. – С.124-126.



АРТАМОНОВ В. М., КУЗИК І. М., КАМУЗ А.М. (Донецький національний технічний університет)

## ЕКОЛОГІЧНА НЕОБХІДНІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПРЕС-АНАЛІЗУ ВМІСТУ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН У ДОВКІЛЛІ

*Проаналізовано властивості та області застосування поверхнево-активних речовин. Обґрунтовано необхідність визначення їх вмісту у водах. Проаналізовано стандартні методики визначення концентрацій поверхнево-активних речовин. Розроблено власну методику, яку запропоновано для застосування.*

*Проанализированы свойства и области использования поверхностно-активных веществ. Обоснована необходимость определения их содержания в водах. Рассмотрены стандартные методики определения концентраций поверхностно-активных веществ. Разработана собственная методика, которая предложена для применения.*

*Properties and areas of use of surface-active substances are analysed. Necessity of definition of their maintenance for waters is proved. Standard techniques of definition of concentration of surface-active substances are considered. Own technique which is offered for application is developed.*

Поверхнево-активні речовини (ПАР) у наш час є широко використовуваними сполуками. Їхнє часте застосування зумовлене низкою властивостей. Із допомогою ПАР можна впливати на енергетичний стан і структуру міжфазової поверхні та через неї регулювати властивості гетерогенних систем, використовуючи вказані сполуки в якості флотореагентів, диспергаторів, емульгаторів і т. п. [1].

Синтезовано велику кількість поверхнево-активних речовин. Виділяють п'ять класів ПАР (рис. 1) [1]. ПАР мають асиметричну молекулярну структуру [1]. Будова їх молекул дифільна, тобто молекули містять ліофільні та ліофобні атомні групи. Перші забезпечують розчинність ПАР у воді, ліофобні радикали за достатньо високої молекулярної маси сприяють розчиненню ПАР у неполярних середовищах. В адсорбційному шарі на межі фаз дифільні молекули орієнтуються наступним чином: гідрофільні групи – у бік полярної (водяної) фази, гідрофобні – у бік неполярної (газової).

Дифільна структура обумовлює поверхневу активність ПАР, тобто їх здатність концентруватися на поверхні розділу фаз, викликаючи цим зниження поверхневого натягу та зміну властивостей ПАР [1–2].

На межі фаз «тверде тіло – рідина – газ» здійснюється змочуваність твердого тіла. Цей процес характеризується крайовим кутом змочування  $\sigma$ , який розраховується, виходячи з формули (1).

$$\cos \sigma = (\sigma_{\text{тг}} - \sigma_{\text{тр}}) / \sigma_{\text{рг}}, \quad (1)$$

де  $\sigma$  – крайовий кут змочування, град;

$\sigma_{\text{тг}}$  – поверхневий натяг на межі «тверде тіло – газ», дин/см;

$\sigma_{\text{тр}}$  – поверхневий натяг на межі «тверде тіло – рідина», дин/см;

$\sigma_{\text{рг}}$  – поверхневий натяг на межі «рідина – газ», дин/см [2–3].

Із формули (1) випливає: зростання поверхневої енергії твердого тіла на межі з газом і зниження на межі з рідиною приводить до кращого змочування твердого тіла [3].

Пояснюється це тим, що всі тіла за змочуваністю поділяються на гідрофільні (добре змочувані) з кутом змочуваності  $< 90^\circ$  і гідрофобні з кутом  $> 90^\circ$ . Повна змочуваність досягається за  $\sigma = 0^\circ$  ( $\cos 0^\circ = 1$ ), повна незмочуваність – за  $\sigma = 180^\circ$  ( $\cos 180^\circ = -1$ ) [2].

Найчастіше поверхнево-активні речовини застосовуються у видобувних галузях: нафтовій та вугільній промисловостях. При видобуванні кам'яного вугілля поверхнево-активні речовини застосовуються для зволоження вугільних пластів, зміни міцності гірничого масиву з метою підвищення ефективності процесів механічного руйнування порід, зниження зношення бурового інструменту [1, 4–7].

Із іншого боку бездумне застосування ПАР, особливо у високих концентраціях, може призвести до забруднення цими сполуками навколишнього природного середовища, бо поверхнево-активні речовини здатні до накопичення та володіють властивостями токсичності й низької спроможності біологічного розкладення [1].

Виробництво ПАР супроводжується високими витратами матеріалів. Прикладом може слугувати схема синтезу етоксилатів (рис. 2) [8]. На вказаній схемі наведено матеріали та їх маси (кг), що необхідні для виробництва 1000 кг етоксилатів.

Проблемі забруднення довкілля поверхнево-активними речовинами не надають належної уваги ні влада, ні керівництво промислових підприємств, ні вчені, ні суспільство [9–11].

Тож, є доцільним вивчення питання визначення наявності і вмісту поверхнево-активних речовин у водах будь-якого призначення.

Метою даного дослідження є обґрунтування проведення експрес-аналізу вмісту поверхнево-активних речовин у довкіллі.

Задачі роботи:

1. Виявити існуючі методики щодо визначення наявності ПАР у навколишньому природному середовищі.
  2. Проаналізувати переваги та недоліки знайдених методик.
  3. Запропонувати власну екологічно обгрунтовану методику визначення наявності ПАР у довкіллі.
  4. Довести на прикладі практичного застосування ефективність запропонованого експрес-аналізу.
- Сьогодні існує багато методик аналізу ПАР, для чого застосовуються хімічні, фотоколориметричні, спектроскопічні методи (табл. 1) [1].

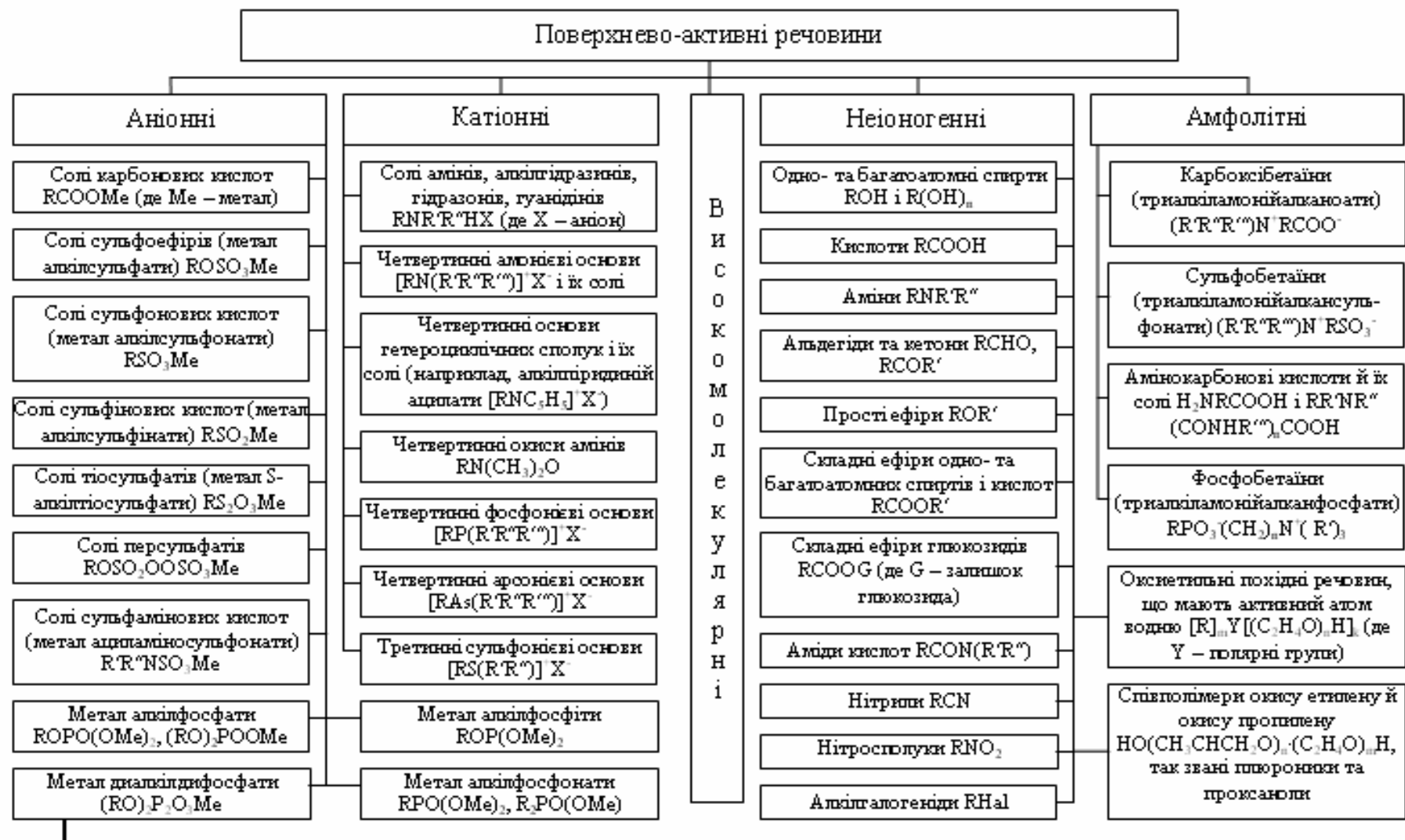


Рисунок 1 – Класифікація поверхнево-активних речовин за характером дисоціації

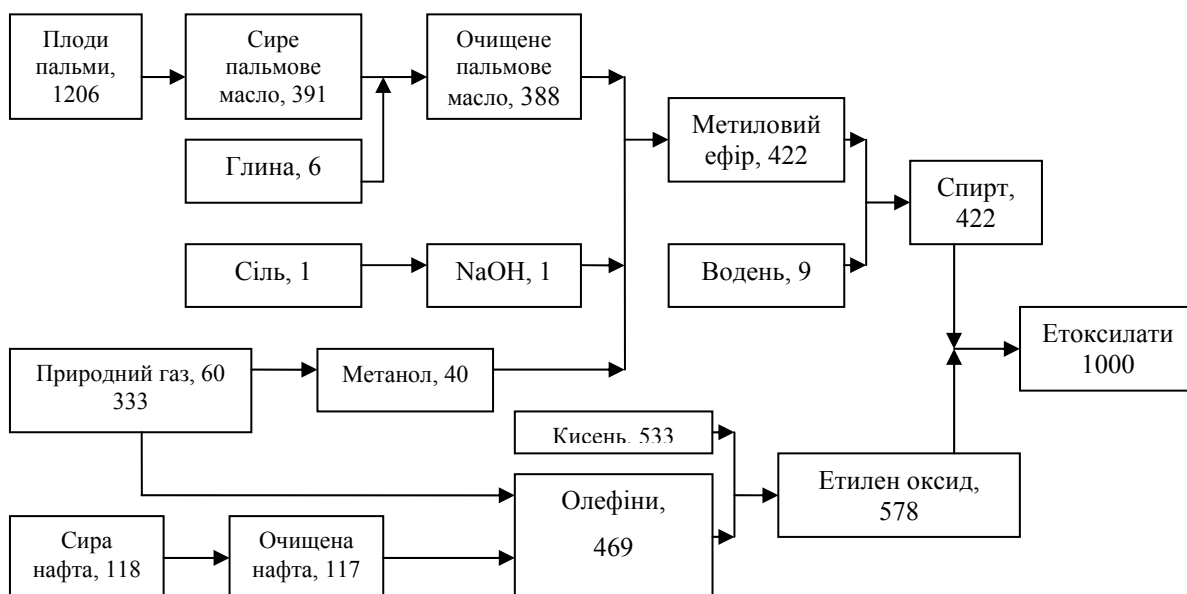


Рисунок 2 – Потік матеріалів для виробництва поверхнево-активної миючої речовини з пальмового масла, кг

До хімічних методів належать: пряме титрування в етиленгліколі розчинами соляної чи хлорної кислоти з визначенням точки еквівалентності потенціометричним шляхом або за допомогою індикаторів (метилового червоного, бромфенолового синього, тимолового синього); титрування четвертинною амонієвою основою з метиленовим синім у хлороформі; потенціометричне чи кондуктометричне титрування з катіонним ПАР; зворотне титрування надлишку хлорної кислоти розчином гідроокису тетраетиламонію; титрування натрієвих солей жирних кислот в оцетній кислоті 0,1 н.  $\text{HClO}_4$ ; двофазне титрування у системі «хлороформ – водний розчин пропанолу» у присутності індикатора бромкрезолового зеленого; екстракція кислот діетиловим ефіром із подальшою відгонкою розчинника та зважуванням залишку.

Таблиця 1 – Методи аналізу поверхнево-активних речовин

| № з/п | Метод аналізу       | Вид аналізу   |
|-------|---------------------|---|
| 1     | Хімічний            | Пряме титрування в етиленгліколі розчинами соляної чи хлорної кислоти   |
|       |                     | Титрування четвертинною амонієвою основою з метиленовим синім у хлороформі  |
|       |                     | Потенціометричне чи кондуктометричне титрування з катіонним ПАР   |
|       |                     | Зворотне титрування надлишку хлорної кислоти розчином гідроокису тетраетиламонію                                      |
|       |                     | Титрування натрієвих солей жирних кислот в оцетній кислоті 0,1 н. $\text{HClO}_4$                                     |
|       |                     | Двофазне титрування у системі «хлороформ – водний розчин пропанолу» у присутності індикатора бромкрезолового зеленого |
|       |                     | Екстракція кислот діетиловим ефіром із подальшою відгонкою розчинника   |
| 2     | Фотоколориметричний | Утворення забарвленої мідної солі жирної кислоти, розчиненої у хлороформі в присутності триетаноламіну                |
| 3     | Спектроскопічний    | Виявлення максимумів поглинання у відповідному спектрі  |

Фотоколориметричні методи засновані на утворенні забарвленої мідної солі жирної кислоти, розчиненої у хлороформі в присутності триетаноламіну.

Спектроскопічні методи пов'язані з тим, що мила насичених жирних кислот майже не знаходять максимумів поглинання в ультрафіолетовому спектрі, а ненасичених – мають цей максимум в області 220–230 нм.

Аналіз вищенаведених способів визначення вмісту ПАР у воді показує, що в основі них лежить техніка виконання, яка потребує певних зусиль для досягнення точності аналізів. Крім того, великий набір реактивів та одиниць апаратури не вигідний з точки зору матеріального забезпечення. До «мінусів» традиційних методів варто віднести й можливість визначення концентрацій лише аніонних ПАР. Звіти хімлабораторій містять показники щодо синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), тоді як бажаним є результат щодо концентрацій у водах ПАР взагалі. Ще один недолік – довготривалість виконання аналізу.

Авторами запропоновано якісно нову методику визначення наявності та відносних процентних показників концентрацій ПАР у водних розчинах [12]. Даний спосіб можна віднести до розряду експрес-методів завдяки простій техніці виконання та можливості визначення вмісту ПАР у водах за невеликий проміжок часу на місці забору проб.

Методика визначення наявності ПАР у воді експрес-аналізом була розроблена та перевірена за допомогою лабораторних дослідів у лютому–грудні 2005 року магістрами Донецького національного технічного університету О. В. Рибалко та П. О. Пермітіним під керівництвом кандидата технічних наук, професора кафедри «Природоохоронна діяльність» В. М. Артамонова.

Цей спосіб заснований на явищі зменшення поверхневого натягу у системі «вода – тверда поверхня», описаному вище. Результатом проведених дослідів стали номограми, що дозволяють провести експрес-аналіз води на наявність у ній ПАР на місці відбору проби. Пізніше, у вересні–листопаді 2006 року, магістром А. М. Камузом за змінених умов було отримано номограми, за допомогою яких визначено концентрації ПАР у досліджуваних пробах води [12].

Для дослідження було забрано проби води зі ставка-накопичувача АТЗТ «Веско» (на місцях впуску очищених стічних вод і на іншій стороні водойми), природних водних об'єктів (ставків і річок, до яких, імовірно, потрапляють води з технологічного ставка підприємства), водогону АТЗТ «Веско», колодязя в одному з найближчих населених пунктів.

Результати проведеного дослідження показують, що вода з артезіанських свердловин, яка надходить водогonom до АТЗТ «Веско», найменш забруднена поверхнево-активними речовинами з-поміж усіх відібраних проб води. Доведено, що гірничодобувне підприємство забруднює природні водні об'єкти поверхнево-активними речовинами внаслідок малоефективної роботи одного з елементів очисних споруд. Доволі високі концентрації ПАР знайдено у ставках, що знаходяться в межах басейну р. Казенний Торець, та у воді колодязя, який знаходиться у безпосередній близькості від ріки.

Оцінка наявності поверхнево-активних речовин методом експрес-аналізу у воді, яка використовується АТЗТ «Веско» для пиття і технологічних потреб, у природній і питній воді, безперечно, є зручною, простою і дешевою. На відміну від громіздких хімічних методів, експрес-метод має перспективу застосування. Для досягнення подальших результатів необхідно проведення нових досліджень щодо удосконалення використання ПАР у промисловості та ін.

#### **Висновки:**

1. Поверхнево-активні речовини є небезпечними сполуками для довкілля.
2. Проблемі забруднення навколишнього природного середовища поверхнево-активними речовинами не надається належної уваги.
3. Існуючі методики щодо визначення наявності ПАР у навколишньому природному середовищі базуються на громіздких і матеріаловитратних хімічних методах.
4. Запропоновано власну екологічно обґрунтовану методику визначення наявності ПАР у довкіллі, яка дозволила довести негативний вплив гірничодобувного підприємства на довкілля, що полягає у забрудненні поверхнево-активними речовинами природних вод.
5. Визначення наявності ПАР у воді дозволяє своєчасно використати запобіжні засоби зі знищення шкідливого їх впливу на навколишнє природне середовище.

#### **Бібліографічний список:**

1. Поверхностно-активные вещества: Справочник / Под ред. А. А. Абрамзона и Г. М. Гаевого. – Л.: Химия, 1979. – 376 с.
2. Михайлов А. М. Охрана окружающей среды на карьерах : Учеб. пособие / А. М. Михайлов. – К.: Вища шк., 1990. – 264 с.

3. Справочник по борьбе с пылью в горнодобывающей промышленности / Под ред. Кузьмича А. С. – М., 1982.
4. Артамонов В. Н. Использование водных растворов поверхностно-активных веществ для увлажнения угольных пластов / В. Н. Артамонов // Известия Донецкого горного института. – Донецк: ДонГТУ. – 2000. – № 1. – С. 35–37.
5. Норов Ю. Д. Изучение влияния водных растворов ПАВ на изменение прочности горного массива / Ю. Д. Норов, У. М. Мардонов, О. Э. Тошев // Горный журнал. – 2005. – № 3. – С. 15–16.
6. Артамонов В. Н. Принципы поэтапного гидровоздействия на угольный пласт и эффективность его применения в шахтах / В. Н. Артамонов // Известия Донецкого горного института. – 1997. – № 2. – С. 73–79.
7. Поверхностно-активные вещества в народном хозяйстве / В. Г. Правдин, И. Т. Полковниченко, Б. Е. Чистяков, А. И. Дерновая. – М.: Химия, 1989. – (Курсом ускорения научно-технического прогресса). – 48 с.
8. Гридел Т. Е. Промышленная экология: Учеб. пособие для вузов / Т. Е. Гридел, Б. Р. Алленби; пер. с англ. под ред. проф. Э. В. Гирусова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 527 с.
9. Про порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується : Постанова Кабінету Міністрів України. – № 1100. – 11 вересня 1996 р. – К.: КМУ, 1996.
10. Проект нормативов предельно допустимого сброса (ПДС) в пруд на балке (левый приток р. Грузская, бассейн р. Казенный Торец). – Ясиноватая, 2000.
11. Руднев Е. Реки болеют / Е. Руднев // 2000. – 2006. – С. В 4.
12. Камуз А. М. Розробка та обґрунтування заходів щодо оцінки наявності поверхнево-активних речовин у воді, яка використовується АТЗТ «Веско»: Кваліфікаційна робота магістра: 8.070801 / А. М. Камуз; ДонНТУ. – Донецьк, 2006. – 207 с.

**ЕКОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ ВОГНЕБІОЗАХИСТУ ЦЕЛЮЛОЗОВІСНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Розглянуто питання щодо вогне- та біозахисту целюлозовмісних матеріалів. Проведено дослідження та запропоновано для використання екологічнобезпечні речовини, які не знижують забезпечують необхідний рівень вогнебіозахисту матеріалів.*

*Рассмотрены вопросы огне- и биозащиты целлюлозосодержащих материалов. Проведены исследования и предложено для использования экологически безопасных веществ, которые не снижают необходимый уровень огнебиозащиты материалов.*

*Questions fire and bioprotection cellulosecontaining materials are considered. Researches are carried out and it is offered for use of ecologically safe substances which do not reduce a necessary level fire and bioprotection of materials.*

Целюлозовмісні матеріали, широко застосовується в будівництві й архітектурі завдяки своїм механічним та експлуатаційним властивостям, але у зв'язку з підвищеною горючістю є пожежонебезпечними виробами. Підвищити рівень пожежної безпеки об'єктів, де використовуються будівельні конструкції з целюлозовмісних матеріалів, можливо за допомогою її вогнезахисного оброблення, суть якого полягає в наданні їм здатності протистояти дії полум'я, поширенню полум'я поверхнею, в запобіганні вільному доступу кисню, який сприяє деструкції і прискоренню процесу горіння. Ефективним способом зниження горючості целюлозовмісних матеріалів є просочення їх водними захисними засобами.

Для вогнезахисту целюлозовмісних матеріалів рекомендуються здебільшого сполуки фосфору, бору, галогеніди [1-3]. Більш ефективними антипіренами на основі фосфорвмісних сполук є їх полімерні конденсовані форми [4].

Поширення застосування просочувальних засобів для вогнебіозахисту целюлозовмісних матеріалів пов'язане з тим, що питання захисту деревини від дії полум'я і біологічних руйнувань близькі за технологією. В обох випадках їх захищають хімічними речовинами із застосуванням однакового обладнання та однакових способів просочення.

Для комплексного захисту деревини, фанери, тканин від загоряння і біологічного руйнування запропоновано невелику кількість препаратів: сульфат амонію, діамонійфосфат, ортоборат натрію і фтористий натрій [5], або сульфат міді, буру, карбонат амонію і борну кислоту [6, 7]. До складу засобу вогнезахисту, який запропоновано в [1], входять продукти гідролізу полісахаридів, фосфор- і азотовмісні антипірени. Сутність вогнезахисного ефекту такої композиції полягає в гальмуванні процесів горіння целюлози за рахунок утворення у процесі піролізу деревини великої кількості негорючих газів (внаслідок розкладу інгредієнтів) та інтенсивного обуглювання.

Вогнезахисні властивості антипіренних компонентів за умови додавання до них антисептиків в деяких випадках погіршуються, рідко залишаються незмінними, а частіше за все покращуються. Додавання фториду натрію до пари "діамонійфосфат + сечовина" і додавання біхромату калію до пари "бура + борна кислота" призводить до помітного зниження антипірентної ефективності цих пар. Ефективність пари "бура + борна кислота" різко збільшується з додаванням до неї значних кількостей пентахлорфеноляту натрію (ПХФН). Встановлено позитивний вплив ПХФН на вогнезахисні властивості трихлоретилфосфату (ТХЕФ). За помірного для вогнезахисту поглинання ( $40 \text{ кг/м}^3$ ) ефективність препарату удвічі вища порівняно з чистим ТХЕФ [8]. Наведені речовини, які покращують вогнебіозахисні властивості деревини є шкідливими і відносяться до I та II класу небезпеки [9].

Особливу увагу привертає характер впливу антипіренного компонента на токсичність антисептичного компонента у вогнебіозахисних препаратах. Раніше [10] було встановлено, що препарат ББФ (бура: борна кислота: фторид натрію = 3:3:1) значно токсичніший за чистий фторид натрію (ФН). В разі комбінування ФН з іншими антипіренами (діамонійфосфат, борна кислота + кальцинована сода; діамонійфосфат + сечовина) хоча і не одержали настільки ж високих показників, але спостерігали посилення токсичності суміші (порівняно з чистим ФН). Невелике посилення токсичності суміші виявлено і в разі комбінування ФН із сульфатом амонію. Помітне зниження токсичності спостерігалось, коли антисептик хлорид цинку комбінували із сульфатом амонію чи препаратом „хлорид амонію + алюмоамонійний галун”.

Таким чином, стосовно дослідженого в цьому випадку препарату експериментально встановлено як явище синергізму, тобто утворення внаслідок змішування компонентів нових, більш токсичних сполук, так і явище антагонізму, тобто утворення менш токсичних сполук.

В європейських державах встановлено вимоги до безпечності захисних засобів і вогнезахищеної деревини для людей та теплокровних тварин. Встановлено [11–14], що металоорганічні, хлорфенольні сполуки, а також фтору, арсену шкідливі для людей і тварин, тому вони не повинні використовуватися згідно з правилами безпеки. Вказується [14] на небажане використання для житлових приміщень пентахлорфенолу та його солей, оскільки вони, виділяючись із деревини, спричинюють головний біль, важкість, а також захворювання на тонзиліт, фарингіт, бронхіт.

Аналізуючи технічні умови на водні розчини захисних засобів для деревини (ГОСТ 28815–96), можна відзначити, що як антисептики використовуються речовини I, II, III класів небезпечності за ГОСТ 12.1.007 [9]. Так, пентахлорфенолят натрію належить до I класу: речовина надзвичайно небезпечна, подразнює слизові оболонки верхніх дихальних шляхів і шкіряний покрив. Біхромати натрію і калію також належать до I класу: спричинюють місцеве подразнення шкіри і слизових оболонок; загальна токсична дія проявляється в ураженні нирок, печінки, шлунково-кишкового тракту і серцево-судинної системи; ці речовини є канцерогенами. Фторид натрію, фторид амонію, біфторид-фторид амоній належать до II класу: речовини високонебезпечні; подразнюють слизові оболонки верхніх дихальних шляхів, легенів, шлунку, шкіряний покрив; у разі гострого отруєння головне значення має дія на центральну нервову систему і місцева дія на легені та шлунково-кишковий тракт; ці речовини справляють мутагенний вплив на організм.

Хорошими вогнезахисними властивостями характеризуються препарати ДМФ (діамонійфосфат + сечовина + фторид натрію): ДМФ-112; ДМФ-551; ДМФ-552. Через присутність у препаратах фториду натрію вони належать до речовин II класу небезпечності. До того ж класу варто віднести препарат МС.

Наявність високонебезпечних речовин у рецептурах вогнебіозахисних препаратів зменшує перспективу застосування останніх для вогнезахисту будівельних конструкцій з деревини. Під час експлуатації на поверхні вогнезахищеної деревини антипірени вогнезахисних засобів через короткий проміжок часу з деревини мігрують разом з вологою до поверхні, утворюючи аерогелі і висипаються з неї під впливом навколишньої атмосфери у вигляді аерозолів, що є головною причиною послаблення вогнезахисних властивостей. Тому кожного року проводиться повторне поверхневе просочення деревини. До того ж, вогнебіозахисні засоби деревини, які утримують в своєму складі шкідливі речовини, стають небезпечними для навколишнього середовища.

На теперішній час з'явилися ефективні покриття та просочувальні композиції (суміші), зокрема композиція з антипірену (фосфати та сульфати амонію) та антисептика полімерного походження. Просочення деревини, фанери сольовими антипіренами та нанесення на просочену поверхню деревини полімерної плівки антисептика дозволяє кардинально змінити умови експлуатації уже вогнебіо захищеного виробу і таким чином сприяти підвищенню рівня пожежної безпеки об'єктів, на яких використовуються такі матеріали [15]. Комплексними дослідженнями властивостей вогнезахищених матеріалів визначено зміни умов вогнезахисту, що відображається взаємозв'язком процесів піролізу й горіння деревини та фанери із фізико-хімічними властивостями просочувального засобу з антипірену та полімерного антисептика (флегматизуванням, інгібуванням, ізолюванням теплопередачі), які призводять до перетворення легкозаймистого матеріалу на важкогорючий із новими фізико-хімічними властивостями, зокрема відсутністю температури займання та самозаймання.

Полімерна плівка антисептика (полігексаметиленгуанідинфосфату) створює бар'єр, який не дозволяє висолюватися антипірену, і таким чином збільшує термін експлуатації вогнезахищеного матеріалу [16]. По-друге, полімерний антисептик "Гембар", який відноситься до четвертого класу небезпеки [9] дозволяє вирішити екологічну задачу вогнебіо захисту деревини, відмовитися від шкідливих речовин, які раніше застосовувались. Окрім того, наявність такої полімерної плівки на поверхні деревини, навіть декількох молекулярних шарів, змінює процес піролізу вогнебіо захищеної деревини [17]. Як засвідчують результати газової хроматографії в продуктах піролізу кількість водню зменшилась в 4 рази, оксиду вуглецю - в 3-3,5 разів, зовсім відсутній метан, кількість азоту збільшилась більше, ніж на 80 %.

Фізико-механічна побудова тканини, паперу та очерету, їх структура і фізико-хімічні властивості, а також умови експлуатації відрізняються від деревини та її модифікацій, а тому просочення антипіреном в комбінації з полімерним антисептиком для таких матеріалів не є ефективним, а саме вогнезахищені матеріали покриваються шаром дрібних кристалів антипірену, змінюється колір та більш інтенсивно



втрачається ефективність вогнезахисту. Вдалося отримати таку речовину – комплексну сполуку полігексаметиленгуанідинфосфат сечовини (композиція ФСГ-1). Після оброблення текстильних матеріалів та паперу просочувальною композицією в продуктах піролізу кількість метану зменшується в 30 разів, водню – в 25–30 разів, оксиду вуглецю – в 35–40 разів та збільшується кількість негорючих газів: діоксиду вуглецю – в 1,2–2 рази, азоту – в 1,4–5 разів [18].

Необхідно було також встановити ефективність полімерного антисептика та комплексних сполук антисептика та антипірена протистояти біопшкодженню деревини. Біоцидні властивості полімерного препарату “Гембар” по відношенню до деревини та комплексних сполук антисептика та антипірена визначались в біологічних лабораторіях. Випробування проводились на тест-культурах бактерій, грибів, нижчих рослин, що добути з флори “біопшкодженої” деревини. Ефективність “Гембара” та комплексних сполук антисептика та антипірена порівнювалась з антисептиками-дезінфекторами, що традиційно використовуються у практиці реставрації “Катаміном-А” і “Катапіном бактерицидним”.

Фунгіцидна дія препаратів визначалась відповідно до ГОСТ 9.048–89 [19] за ступенем обростання тест-зразків деревини в процесі вирощування грибів у вологій камері. Результати випробувань наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати тестування фунгіцидної активності біопрепаратів

| Назва антисептика | Концентрація водного розчину, % | Зона враження деревини, см | Тривалість ефективної дії, дів | Примітка              |
|-------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Катамін           | 1                               | 2,0                        | 30                             | Еталон                |
| Катапін           | 1                               | 1,9                        | 7                              | Контроль              |
| Гембар            | 1                               | 2,1                        | 20                             | Ефективний бактерицид |

Аналіз результатів випробувань показав, наступне: бактерицидна активність однопроцентного водного розчину “Гембара” лише трошки поступається еталону “Катаміну” та перевищує активність контрольного препарату “Катапіну”.

Результати досліджень динаміки біообростання дерев’яних брусків, що оброблені антипіреном на основі суміші фосфатів і сульфатів амонію та антисептиком “Гембар” показали, що за допомогою такого поверхневого оброблення можна досягнути високої ефективності біозахисту деревини. Завдяки наявності великої кількості атомів азоту і фосфору, “Гембар” відноситься до термічно стійких органічних речовин, так під час досягнення температури більшої за 360°C відбуваються його термодеструкція з утворенням коксового залишку та виділенням молекулярного азоту.

Подальші дослідження проводили для оцінювання динаміки біообростання дерев’яних брусків, що послідовно обробляли антипіреном й антисептиком “Гембар” та комплексних сполук антисептика та антипірена. В якості антипірену використовували новий розчин суміші солей з 20 % діамонійфосфата, 10 % сульфата амонію і 1% піноутворювача, 89 % води. Оброблені та висушені до постійної маси бруски деревини обробляли суспензією спор основних видів грибів, закладали у вологу камеру й витримували за температури 25°C. Зростання біообростання фіксували кожну 5–7 добу. Результати динаміки біообростання дерев’яних брусків, оброблених антипіреном і антисептиком “Гембар” наведено в табл. 2.

Як видно із таблиці 2 зразки деревини та фанери, що оброблені тільки одним антипіреном, здатні до значного біоруйнування плісневими грибами. Зразки деревини та фанери, що оброблені комплексними сполуками антисептика та антипірена показали добру стійкість до біоруйнування плісневими грибами (ГОСТ 9.048) [19].

Використання вогнебіозахисної композиції ФСГ-1 дозволяє отримати важкозаймисті матеріали з тканин і паперу, що з точки зору пожежної безпеки дозволяє важкозаймисті тканини використовувати на об’єктах з масовим перебуванням людей (готелі, кінотеатри, театри, кафе, ресторани тощо), а важкозаймистий папір для пакування займистих матеріалів.

Необхідно також враховувати, що в процесі експлуатації тканин і паперу можливе їх руйнування під дією бактерій. З урахуванням досліджень, проведених в [20] можна було

передбачити, що ФСГ-1 буде перспективним для захисту від біологічного руйнування тканин і паперу.

Дослідженням піддавались також необроблені та оброблені зразки тканин (бавовняної, бавовняно-поліефірної, поліефірної, лляної, віскозної) і паперу пакувального (рис. 1).

Встановлено, що просочувальна композиція підвищує рівень біостійкості оброблених зразків тканин і паперу (порівняно з необробленими) в 19–20 разів за показником біоруйнування згідно з [21].

Згідно з ГОСТ 12.1.004 [22] одним з основних небезпечних факторів пожежі (НФП), що впливають на людей, є токсичні продукти горіння. Під час виникнення пожежі вплив токсичних продуктів горіння може значно випереджувати дію інших НФП (підвищену температуру оточуючого середовища та відкрите полум'я). Тому показник токсичності продуктів горіння увійшов як один з основних показників пожежної небезпеки будівельних матеріалів.

Таблиця 2 – Результати дослідження впливу препарату “Гембар” на стійкість деревини та фанери до біоруйнування

| Матеріал       | Тип біозахисного препарату   | Поглинання біозахисного препарату, мас. % | % втрати маси після випробувань |
|----------------|--|---|---------------------------------|
| Деревина сосни | полігексаметиленгуанідин фосфат (“Гембар”)                             | 10,42                                     | 8,02                            |
|                | полігексаметиленгуанідин фосфат карбаміду                              | 12,01                                     | 8,31                            |
|                | полігексаметиленгуанідин гідрохлорид + алкілдиметилбензиламоній хлорид | 8,87                                      | 6,17                            |
|                | полігексаметиленгуанідин поліфосфат амонію                             | 6,25                                      | 6,72                            |
|                | біхромат натрію (калію) + сульфат міді                                 | 3,75                                      | 4,47                            |
|                | необроблений   | -   | 29,63                           |
| Фанера         | полігексаметиленгуанідин фосфат (“Гембар”)                             | 7,12                                      | 12,98                           |
|                | полігексаметиленгуанідин фосфат карбаміду                              | 7,88                                      | 14,02                           |
|                | полігексаметиленгуанідин гідрохлорид + алкілдиметилбензиламоній хлорид | 4,07                                      | 9,13                            |
|                | полігексаметиленгуанідин поліфосфат амонію                             | 4,90                                      | 12,92                           |
|                | біхромат натрію (калію) + сульфат міді                                 | 1,75                                      | 6,12                            |
|                | необроблений   | -   | 36,82                           |

Статистичні дослідження [23] свідчать, що більше 70% загальної кількості загибелі людей на пожежах спричинено отруєнням продуктами горіння. Потенційна небезпека на пожежах зростає у зв'язку з широким застосуванням в різні сфери праці та побуту людей горючих матеріалів. Одним з напрямків підвищення безпеки людей є застосування матеріалів, що мають низький рівень показників токсичності продуктів горіння.

Відомо, що деревину за показником токсичності продуктів горіння згідно з [24] відносять до класу високонебезпечних матеріалів, тобто значення  $H_{CL50}$  становить 31,6 г/м<sup>3</sup> і знаходиться у межах вказаного класу 13-40 г/м<sup>3</sup>. Якщо за порівняльною оцінкою встановлений токсичний ефект відповідає такому ж як і для деревини, за умов однакових значень мас зразків, потенційна

токсичність таких матеріалів визначається як „прийнятна”. Токсичність продуктів горіння полімерів згідно з їх вимогами не має бути більш токсичними ніж продукти горіння необробленої деревини. Очевидно, що деревині як еталону притаманна однорідність структури та властивостей, а також вона не є матеріалом з допустимою токсичністю продуктів горіння.

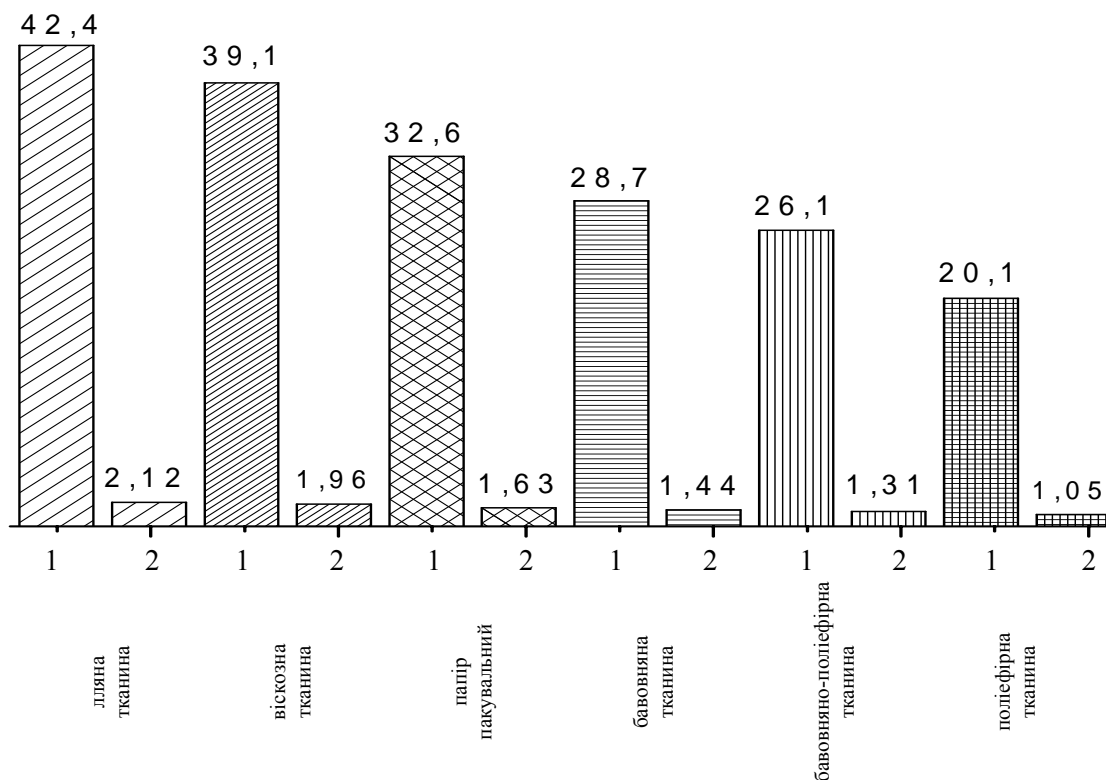


Рисунок 1 – Втрата маси (% мас.) тканин і паперу за період випробувань згідно з ГОСТ 26603 [21]: 1 – необроблені зразки; 2 – оброблені зразки.

З огляду на вищенаведене відділом гігієни та токсикології ДП УНДІ медицини транспорту МОЗ України були проведені відповідні токсикологічні випробування дерев'яних елементів моторвагонного складу, що були оброблені просочувальними сумішами ДСА-1 та ДСА-2.

Таблиця 3 – Результати токсикологічних випробувань деревини обробленої просочувальними сумішами ДСА-1 та ДСА-2

| 400°C                         |         |                               |         | 750°C                         |         |                               |         |
|-------------------------------|---------|-------------------------------|---------|-------------------------------|---------|-------------------------------|---------|
| ДСА-1                         |         | ДСА-2                         |         | ДСА-1                         |         | ДСА-2                         |         |
| $H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup> | НЬСО, % | $H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup> | НЬСО, % | $H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup> | НЬСО, % | $H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup> | НЬСО, % |
| 62,5                          | 65,2    | 73,3                          | 62,8    | 68,4                          | 62,7    | 84,2                          | 57,8    |

Таблиця 4 – Результати токсикологічних випробувань продуктів горіння обробленої фанери сумішшю ДСА-2 та гідрофобізатором “Сілол”

| Матеріал                 | 400°C                         |         | 750°C                         |             |
|--------------------------|-------------------------------|---------|-------------------------------|-------------|
|                          | $H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup> | НЬСО, % | $H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup> | НЬСО, %     |
| Фанера + ДСА-2           | 64,1                          | 60,7    | Не досягнуто                  | Не виявлено |
| Фанера + ДСА-2 + “Сілол” | 58,6                          | 59,2    | Не досягнуто                  | Не виявлено |

Таким чином, в результаті випробувань токсичності продуктів горіння встановлено наступне: рівень карбоксигемоглобіну у крові лабораторних тварин свідчить про те, що смертельний ефект обумовлений головним чином дією монооксиду вуглецю. Мінімальне значення показника  $H_{CL50}$ , визначене при температурі 400°C складає для деревини та фанери обробленої

ДСА-2, використане для встановлення величини показника токсичності продуктів горіння згідно з класифікацією за ГОСТ 12.1.044 [24] досліджені матеріали відносяться до помірно небезпечних матеріалів.

Проведено випробування з визначення токсичності продуктів згідно з ГОСТ 12.1.044 [24] тканини “Runotex” фірми “Fabryka Wyrobów Runowych S.A.” (Польща) обробленої композицією ФСГ-1, яка використовується для виготовлення диванів пасажирських вагонів, у відділі гігієни та токсикології ДП УНДІ медицини транспорту МОЗ України.

Масова доля карбоксигемоглобіну в крові лабораторних тварин визначалась спектрофотометричним методом (табл. 5).

Таблиця 5 – Результати токсикологічних випробувань тканини “Runotex”

| 400°C                         |         | 750°C                         |         |
|-------------------------------|---------|-------------------------------|---------|
| $H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup> | НЬСО, % | $H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup> | НЬСО, % |
| 84,3                          | 49,8    | 72,4                          | 52,6    |

За результатами досліджень з визначення токсичності продуктів горіння обробленої тканини встановлено: значення кількості карбоксигемоглобіну у крові лабораторних тварин свідчить про те, що смертельний ефект обумовлений головним чином дією оксиду вуглецю, аміаку та водню ціаністого. Мінімальне значення показника  $H_{CL50}$ , визначене при температурі 750 °С, склало 72,4 г/м<sup>3</sup>. Тому значення  $H_{CL50}$  при температурі 750 °С використане для встановлення величини показника токсичності продуктів горіння згідно з класифікацією згідно з ГОСТ 12.1.044 [24], відповідно до якого показника досліджуваній зразок відноситься до класу помірно небезпечних матеріалів.

Придатність до використання на об'єктах масового перебування людей визначається, крім норм пожежної безпеки, також санітарно-епідеміологічними вимогами (нормами). Проведено токсикологічні випробування на придатність вогнезахищеної фанери до використання її в пасажирських вагонах, дизель- та електропотягах. За результатами випробувань надано “Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи”, в якому зазначено, що “Об'єкт експертизи” відповідає встановленим медичним критеріям безпеки (показникам): за результатами оцінки ризику для здоров'я населення та працюючих, аналізами наданої заявником документації, яка свідчить, що при виготовленні деталей вогнезахищених фанерних плит концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони згідно вимог ГОСТ 12.1.005 [25], а саме: формальдегіду – не більше 0,5 мг/м<sup>3</sup> (пари, II клас безпеки), уайт-спіриту – не більше 300 мг/м<sup>3</sup> (пари, IV клас безпеки), етилацетату – не більше 200 мг/м<sup>3</sup> (пари, IV клас безпеки). Ефективна питома активність природних радіонуклідів у матеріалі – не більше 370 Бк/кг згідно з НРБУ-97.

При використанні деталей вогнезахищених фанерних плит за призначенням, концентрація шкідливих хімічних речовин у навколишньому середовищі (повітрі) не більше ГДК а.п. (середньодобової): аміаку – 0,04 мг/м<sup>3</sup>; формальдегіду – 0,003 мг/м<sup>3</sup>, етилацетату - 0,1 мг/м<sup>3</sup>, натомість у необробленій фанері: формальдегіду – 0,01 мг/м<sup>3</sup>, фенолу - 0,01 мг/м<sup>3</sup>, метилового спирту - 0,5 мг/м<sup>3</sup> згідно з ДСП 201-97 “Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами)”.

Таким чином, застосування екологічнобезпечних вогнебіозахисних сумішей дозволяє вирішити ряд пожежонебезпечних та екологічних задач щодо застосування вогнезахищених целюлозовмісних матеріалів на об'єктах з масовим перебуванням людей.

#### Бібліографічний список:

1. Тичино Н.А. Особенности практического применения огне- и биозащитных средств для пропитки древесины // Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Вып. 6. – М.: ВНИИПО, 2002. – С.38-43.
2. Flame retarding of paper and board. – Pater, 1976, 69-70.
3. Справочное руководство по древесине / Пер. с англ. – М.: Лесн. промышленность, 1979. – 544 с.
4. Левитес Ф.А., Гришина И.А., Гришина Е.Ф. Исследования по разработке и применению антипирена “Факор” // Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Вып. 1. – М.: ВНИИПО, 1978. – С.17-21.

5. Gyamati B., a.o. Kombinalt Ratasufranyagvedelmi kompozicio. – Pat. VNR №167921, В 27 Н 3/00.9.1.74.31.VIII.76.
6. Эрмуш Н.А., Короткая Т.Я., Калниньш А.Я. Применение препарата МБ-1 для защитной обработки деревянных конструкций // *Материалы Всесоюз. научно-техн. конф. «Проблемы модификации древесины, перспективы развития ее производства и применения в народном хозяйстве»*. – Минск, 1979. – С. 220-222.
7. Advanced Fireproofing Systems Ltd. Improvements relating to fire proofing compositions. – Brit. Pat. № 1570604, C09D5/18, C3B, 4. III. 1977, 2. VII. 1980.
8. Максименко Н.А. Исследование токсичности огнебиозащитных препаратов. // *Вторая Всесоюз. конференция по биоповреждениям*. – Горький, 1981. – С. 144-145.
9. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Киев: Госстандарт Украины, 1995.
10. Максименко Н.А. Исследование токсичности огнебиозащитных препаратов // *Вторая Всесоюзная конференция по биоповреждениям*. – Горький, 1981. – С. 144-145.
11. Baker J.M., a.o. Research in wood protection at the Princes Risborough Laboratory. 1975-1976 – *Build. Res Establ. Curr. Pap.*, 1977 – № 37. – 14 p.
12. Becker G. Situation und Tendenzen der Holzschutzmittel Anwendung. – *Holz als Roh und Werkstoff*. – 1978. – № 7. – P.255-260.
13. Dobbs A.J., Grant C. The volatilization of arsenic on burning of copper-chrome-arsenic (CCA) treated wood. – *Holzforschung*. – 1978, № 1. – P.32-35.
14. Krauses Chr., Englert N. Zur Gesundheitlichen Pentachlorphenolhaltiger Holzschutzmittel in Wohnrdumen. – *Holz als Roh und Werkstoff*. – 1980. - №11. – P. 429-432.
15. Жартовский В.М., Цапко Ю.В. Профілактика горіння целюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика. – Київ: УкрНДПБ МНС України, 2006. – 248 с.
16. Цапко Ю.В., Соколенко К.І. Аспекти моделювання процесу висолювання вогнезахисних композицій з деревини // *Науковий вісник УкрНДПБ*. – 2005. – №1 (11). – С. 82-85.
17. Жартовський В., Бут В., Цапко Ю., Барило О. Дослідження механізму вогнезахисної ефективності деревини просочувальними композиціями // *Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. Вып.55 (Технические науки и архитектура)*. – К.: Техніка, 2004. – С. 219–229.
18. Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Барило О.Г. Дослідження вогнебіозахисту тканин та паперу // *Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. Вып. 63 (Технические науки и архитектура)*. – К.: Техніка, 2005. – С. 339-343.
19. ГОСТ 9.048-89. ЕСЗКС. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. Гос. ком. СССР по управлению качеством продукции и стандартам. М.: 1989.
20. Бут В.П., Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Барило О.Г. Новый подход к огнебиозащите изделий из целлюлозы // *Пожаровзрывобезопасность. Вып. 5*. – М.: ВНИИПО. – 2004. – С. 31-32.
21. Полотна нетканые (подоснова) антисептированные из волокон всех видов для теплозвукоизоляционного линолеума. Метод определения биостойкости: ГОСТ 26603-1985. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
22. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.
23. Метрологическое обеспечение безопасности труда: Измеряемые параметры физически опасных и вредных производственных факторов. Справочник / Под ред. И.Х. Солотяна. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 174 с.
24. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044–1989 – [Дата введения 1991–01–01]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 143 с.
25. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005–1988 – Введ. 01.01.89.– М., 1988.– 7 с. (Издательство стандартов).

ПРИХОДЬКО С.Ю. (Донецкий национальный технический университет)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ДОНБАССА**

*Розглянута можливість використання сучасних геоінформаційних систем при дослідженні просторових моделей природних систем шляхом інтегрування різних, іноді несумісних, наборів даних.*

*Рассмотрена возможность использования современных геоинформационных систем (ГИС) при исследовании пространственных моделей природных систем путем интегрирования различных, иногда несопоставимых наборов данных.*

*The opportunity of use of modern geoinformation systems is considered at research of spatial models by integration various, sometimes non-comparable data sets.*

В рамках развития теории принятия решений для режима неустойчивости природной системы представляет интерес применение ГИС-технологий для получения и ввода данных мониторинга природной системы в базу прецедентов, синтез и оптимизация модели природной системы, проверка ее адекватности и исследование на устойчивость.

С позиций системного подхода особый интерес представляет разработка комплексных ГИС-проектов в сфере управления региональным природопользованием. При принятии управляющих решений часто приходится выполнять последовательные или параллельные вычислительные и аналитические операции одновременно в нескольких областях – производственной, экономической, социальной. При этом информационные потоки обычно привязаны к конкретным территориальным единицам. В этом случае они принимают форму территориально закрепленных банков данных, которые организуются в виде геоинформационных систем для каждой конкретной сферы деятельности. Подобные информационные потоки, как правило, должны пересекаться и дополнять друг друга, т.е. любое управляющее решение должно иметь комплексный и системный характер. При этом возникает достаточно сложная задача, когда необходимо разработать строго аргументированный и оптимальный алгоритм принятия управляющих решений, синтезирующий всю доступную информацию.

Опыт эколого-геофизических исследований в отдельных регионах (Московский регион, Кемерово, Новосибирск) позволяет сделать ряд практических и методологических выводов, важных при изучении любых урбанизированных территорий. Прежде всего становится очевидным, что достаточно полное их обследование может быть осуществлено только на основе системного подхода к изучаемым объектам. При этом должны применяться различные масштабы исследования, разнообразные геологические, геофизические и геохимические методы и технологии, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), ГИС-технологии, эффективные способы комплексной обработки и интерпретации получаемых данных.

Системный подход при анализе многокритериальных процессов различной природы заключается в исследовании объектов как систем. Исследование ориентируется на раскрытие целостности объекта и обеспечивающих ее механизмов, на выявление многообразных типов связей сложного объекта и сведение их в единую теоретическую картину. Мало зафиксировать наличие в объекте разнотипных связей, необходимо изобразить различные связи как логически однородные, допускающие непосредственное сравнение и сопоставление. Центральное место занимают проблемы организации и функционирования сложных объектов. Сложный объект допускает не одно, а несколько расчленений. При этом критерием обоснованного выбора наиболее адекватного расчленения изучаемого объекта может служить то, насколько удастся фиксировать целостные свойства объекта, его структуру и динамику.

Практически каждый объект может быть рассмотрен как система. Основные системные принципы: целостность – принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов и невыводимость из последних свойств целого, зависимость каждого элемента, свойства и отношения системы от его места, функций и т.д. внутри целого; структурность – возможность описания системы через установление ее структуры, т.е. сети связей и отношений системы, обусловленность поведения системы поведением ее отдельных элементов и свойствами ее структуры; взаимозависимость системы и среды; иерархичность – каждый компонент системы в свою очередь может рассматриваться как система, а данная система представляет собой один из компонентов более широкой системы; множественность описания – в

силу принципиальной сложности каждой системы ее адекватное познание требует построения множества различных моделей, каждая из которых описывает лишь определенный аспект системы

Для исследования указанных принципов наиболее оптимальным методом являются ГИС. Использование ГИС позволяет нам анализировать все 3 компоненты нашего набора данных: тематическую информацию об объекте, информацию о его пространственном размещении и временную информацию. Главное преимущество ГИС-технологий заключается в том, что с их помощью можно визуально исследовать пространственные модели, интегрируя различные, иногда несопоставимые наборы данных. В широком плане можно говорить о ГИС как о мощном инструменте системного анализа. От понимания ГИС как преимущественно картографических пакетов мы переходим сегодня к их осмыслению как универсального средства хранения, анализа и представления информации. Данные отображаемые в ГИС рассматриваются с учетом трех основных аспектов: пространственного (местоположение), временного (изменение объекта или процесса с течением времени) и тематического (выделение одних признаков и исключение других). Геоинформационные технологии в этом случае становятся междисциплинарным интегрирующим средством, позволяющим объединять и изучать любые пространственно-временные и тематические данные.

В последнее время геоинформационные системы рассматриваются в качестве эффективного инструмента интегрированного использования различных типов данных и знаний в интересах проблемно-ориентированного анализа территориальных особенностей развития регионов и выработки комплексных решений. Единый (аналоговый) подход к формированию баз данных, их однозначное геопозиционирование, возможность осуществления территориальных выборок, образная визуализация результатов и выводов позволили ГИС-технологиям занять ведущее место среди иных видов информационных технологий в сфере управления, планирования и хозяйствования. Особую динамику и привлекательность придает ГИС-технологиям их совместное интегрированное использование с сетевыми (Интернет) технологиями, которые также обладают высокой образностью и структурированностью используемых данных, относительной легкостью освоения, широкой сферой приложения. При создании новых компьютерных систем, нацеленных на организацию и обеспечение информационно - аналитической деятельности в регионах необходимо решать разнообразные концептуальные, методические, информационные, технологические и организационные задачи. Только комплексное их рассмотрение и последовательное выполнение позволяют надеяться на конечный успех разработок.

Существующие геоинформационные технологии вызывают недовольство пользователей по следующим причинам:

- консервативность традиционных методов картографии;
- недостаточная точность и актуальность данных;
- отсутствие адекватных способов отражения динамических деловых процессов и социальных явлений;
- невозможность удовлетворить бурно растущий спрос клиентов;
- процессы создания и актуализации векторных карт остаются дорогими и длительными по времени;
- при увеличении масштаба резко возрастает стоимость данных и быстро сокращается срок их актуальности;
- начиная с определенного масштаба, непрерывная поддержка карт (планов) в актуальном состоянии вообще невозможна.

Отставание в области технологий работы с пространственной и географической информацией все чаще осознается в качестве фактора первостепенной важности, препятствующего полноценному и динамичному развитию страны. Без создания современных географических информационных систем, способных предоставлять пользователям точную, актуальную и многоаспектную информацию о местности и о происходящих на ней процессах, невозможно ни ведение эффективного бизнеса, ни управление инфраструктурными объектами. Ситуация осложняется тем, что классические технологии работы с географической информацией все чаще оказываются в принципе неспособными обеспечить предъявляемые к ним требования. Современный динамичный мир остро нуждается во все более точных географических продуктах. В то же время, стоимость их создания быстро растет по мере роста точности, а период, в течение которого их можно считать достоверными — столь же быстро сокращается. Ошибки на картах становятся совершенно нетерпимыми.

Выходом из тупика явилось появление нового поколения географических продуктов, в которых воплотились последние достижения в области автоматической спутниковой навигации, дистанционного зондирования Земли, сетевых технологий агрегации, обработки и визуализации геопространственной информации. Совокупность новых технологий получила название «Неогеография». Это набор методик и средств, выходящих за пределы «классических» геоинформационных систем (ГИС), объединяет воедино сложные технологии картографии и ГИС и делает их доступными для пользователей и разработчиков. Э "новая география" эпохи Web 2.0. К неогеографии относятся сайты, в которых географический контент создается самими пользователями, (не географами-профессионалами). Это скачок в развитии электронной картографии.

Актуальность предпринятого автором исследования объясняется необходимостью углубления теоретических исследований региональных природных систем, механизма их пространственно-временной трансформации, с одной стороны, и разработки методических оснований для дальнейшего совершенствования систем мониторинга пространственного развития региона – с другой.

#### Библиографический список:

1. Волкова В.И., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – СПб.: Изд. СПбГТУ, 1997. – 510 с.
2. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 287 с.
3. Карус Е.В. Комплексные эколого-геофизические исследования Московского региона // Вестник МГУ, сер. 4, геология № 1. – 1993. – С.3-14.
4. Беленков О.В. Опыт создания корпоративных ГИС / / Геопрофи. – 2006. – №5. – С.63-65.

УДК 622.48

БУЛГАКОВ Ю.Ф., ГАВРИЛЕНКО Б.В., КОСТЕНКО Т.В. (Донецкий национальный технический университет)

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ АЗОТА В ЗОНУ ПОДЗЕМНОГО ПОЖАРА

*Виконано моделювання режиму автоматичної подачі азоту при гасінні підземної пожежі комбінованим способом. Вибрано параметри ПІД-регуляторів, які забезпечують стійкість системи управління тиском азоту між перемичками при зміні параметрів в зоні горіння.*

*Выполнено моделирование режима автоматической подачи азота при тушении подземного пожара комбинированным способом. Выбраны параметры ПИД-регуляторов, которые обеспечивают устойчивость системы управления давлением азота между перемычками при изменении параметров в зоне горения.*

*The design of the mode of automatic serve of nitrogen is executed at extinguishing of underground fire the combined method. The parameters of PID-regulates, which provide stability of control system by pressure of nitrogen between bridges at the change of parameters in the area of burning, are chosen.*

Возникающие в труднодоступных местах угольных шахт подземные пожары невозможно потушить непосредственным воздействием огнетушащих веществ (вода, пены, аэрозоли, порошки и т.п.). Наиболее эффективным является способы изоляции и комбинированный, сочетающий изоляцию с воздействием газами-флегматизаторами горения (азот, диоксид углерода, парогазовая смесь). Однако и в случае применения такого тактического приема процесс тушения развившегося пожара может длиться несколько месяцев или лет. В процессе горения в подземных условиях угольных пластов и вмещающих их пород образуется значительное количество газообразных продуктов, таких как водород, оксид и диоксид углерода, оксиды серы, азота, фосфора и других элементов. Большинство из этих газов способствует возникновению парникового эффекта. Кроме того, они весьма токсичны, некоторые взрывчаты в смеси с воздухом. Все это определяет негативное влияние подземных пожаров на окружающую природную среду, и существенно ухудшают безопасность пруда горноспасателей и трудящихся шахты.



Одним из наиболее перспективных способов предупреждения, локализации и тушения пожаров в шахтах является регулируемая подача инертного газа в аварийную выработку и постепенное искусственное снижение концентрации кислорода в ее атмосфере. Флегматизация газовой среды в изолированном объеме помощью газообразного азота позволяет: сократить срок ликвидации аварии, предотвратить взрывы газозвушной смеси на аварийном участке, ускорить охлаждение высокотемпературной зоны до безопасного уровня, сократить к минимуму или полностью прекратить процесс горения.

При ликвидации аварии азотно-компрессорная станция устанавливается на поверхности шахты и соединяется специально проложенным технологическим шахтным трубопроводом с аварийным участком. Подача азота осуществляется со стороны откаточного или вентиляционного горизонтов, через проемы в изолирующих перемычках, а также по буровым скважинам, пройденным с поверхности в изолированный пожарный участок. Наиболее эффективная инертнизация изолированного объема горных выработок обеспечивается возведением в аварийной выработке дополнительной перемычки, и подачей азота в созданную перемычками камеру через ответвление от подающего азот трубопровода (рис. 1) [1].

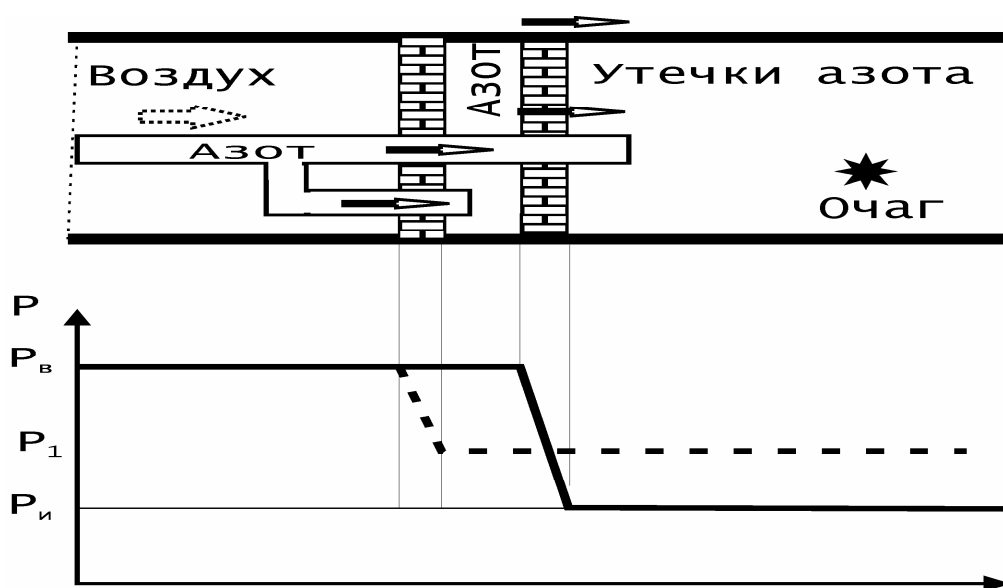


Рисунок 1 – Схема подачи азота к очагу горения с исключением утечек воздуха (а) и распределение давления газа (б) в выработке:

$P_в$  и  $P_и$  - газовое давление до и после изолирующей перемычки;

$P_1$  – газовое давление между изолирующими перемычками.

Давление азота в трубопроводе достигает одного МПа и намного превышает воздушный напор на перемычку, составляющий несколько десятков даПа. После заполнения камеры азотом, его подачу через ответвление регулируют таким образом, чтобы выровнять давление в выработке со стороны поступающей свежей воздушной струи и между перемычками. Это исключает подсосы воздуха через возведенную перемычку в камеру. С другой стороны перепад давлений перераспределяется на участке выработки, разделенным дополнительной перемычкой по обе стороны которой находится азот. В изолированной таким образом выработке через возведенную дополнительную перемычку будет иметь место подсос исключительно азота, что повышает эффективность гашения подземного пожара.

Однако до настоящего времени производство, распределение и регулирование количества азота, поступающего в аварийную выработку, осуществляется в режиме ручного управления, что резко снижает эффективность ведения работ по ликвидации аварии и безопасность ведения аварийно-спасательных работ. Опыт ликвидации подземных аварий показывает, что необходимо автоматизировать процесс подачи азота в изолированный объем. С этой целью разработана структурная схема системы автоматической подачи инертного газа в аварийную выработку.

Работа предлагаемой системы сводится к следующему. В качестве основного источника информации используются электрические выходные сигналы от двух датчиков давления, которые

установлены в горной выработке, со стороны поступающей свежей струи воздуха, и в камере, образованной перемычками. Отечественная промышленность такие устройства не производит. Предлагаемые к использованию в системе датчики измерения физических параметров атмосферы ТНР-1 имеют взрывобезопасное исполнение, разработаны и выпускаются Центром Электрификации и Автоматизации в угледобывающей промышленности EMAG (Катовице, Польша) [2]. Кроме давления датчик позволяет продолжительное время с высокой точностью измерять температуру и влажность воздуха в шахтной атмосфере (табл. 1).

Таблица 1 – Основные технические данные датчика ТНР-1.

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Измерение давления с точностью $\pm 0.1$ Па                               | 800...1300 гПа        |
| Измерение влажности при $t \leq 40^{\circ}\text{C}$ с точностью $\pm 3\%$ | 10...95%              |
| Измерение температуры с точностью $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ,             | 0...50 <sup>0</sup> C |
| Время готовности к работе   | 40 с                  |
| Время автономной работы без источника питания                             | до 8 ч                |
| Габариты  | 235×335×130 мм        |
| Масса   | около 3 кг            |

В блоке логики системы регулирования сравниваются фактические величины давлений в выработке со свежей струей воздуха и в камере. Если эти давления не равны, вырабатывается управляющий сигнал на принудительное открывание через исполнительный механизм задвижки, подающей азот в камеру через ответвление трубопровода. Содержание азота в камере увеличивается до тех пор, пока не будет достигнуто равенство давлений в камере и в выработке со свежей струей воздуха. После этого система регулирования автоматически вырабатывает команду на закрытие задвижки и прекращение подачи азота в камеру. После стабилизации рабочего давления азота в камере дальнейшая работа системы регулирования подачи азота осуществляется в следующем режиме.

Количество азота в зоне горения или самонагревания регулируется по температуре и содержанию кислорода в шахтной атмосфере аварийной выработки. При повышении температуры или содержания кислорода в атмосфере аварийной выработки система регулирования увеличивает количество азота путем автоматического открывания задвижки на основном трубопроводе до тех пор, пока не наметится процесс снижения указанных выше параметров до заданных значений [3]. После этого системой вырабатывается команда на уменьшение подачи азота в аварийную выработку и снижения давления на мембранах газоразделительной станции. Передача управляющих сигналов на поверхность шахты для регулирования режимов работы газоразделительной станции в зависимости от состояния шахтной атмосферы осуществляется с использованием средств шахтной телемеханики или проводных линий телефонной связи шахты. На рисунке 2 приведена структурная схема моделирования подачи азота в аварийную выработку, а на рисунке 3 результаты моделирования.

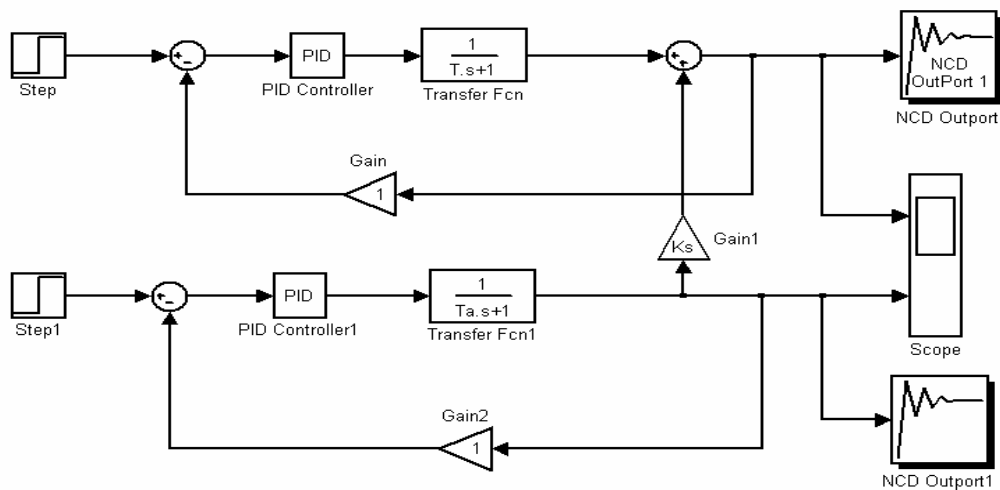


Рисунок 2 – Структурная схема моделирования подачи азота в аварийную выработку.

В результате моделирования установлено, что выбранные параметры ПИД-регуляторов обеспечивают устойчивость системы управления давлением азота между переключками при изменении параметров в зоне горения.

Обоснованная структура системы управления позволяет перейти к практической реализации системы автоматической подачи азота в зону подземного пожара.

Проведенные исследования показали, что автоматизация процесса подачи газа-флегматизатора в изолированный объем аварийных горных выработок позволяет существенно снизить негативное влияние подземных пожаров на окружающую природную среду, и обеспечить безопасность пруда горноспасателей и трудящихся шахты.

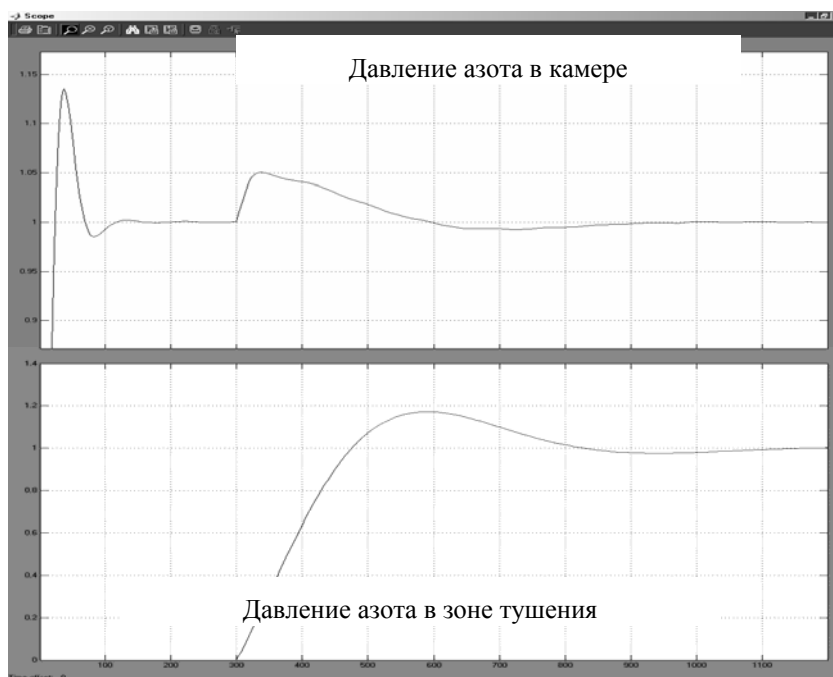


Рисунок 3 – Результаты моделирования подачи азота в аварийную выработку

Результаты моделирования процесса флегматизации газовой среды в аварийной выработке с использованием датчика измерения физических параметров атмосферы типа ТНР-1 (производства Центра Электрификации и Автоматизации в угледобывающей промышленности ЕМАГ) позволяют сделать заключение о технической возможности создания устройства с удовлетворяющим требованиям чувствительности и инерционности параметрами.

**Библиографический список:**

1. Костенко В.К., Костенко Т.В. / Спосіб гасіння підземних пожеж / Пат. UA №5775, Опубл. 15.03.2005, бюл. № 3.
2. Wasilewski S.: Obserwacja ciśnienia powietrza I potencjału aerodynamicznego w kopalni/Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. Katowice, "EMAG", nr 3-4(387), 2003, - S. 7-19.
3. Статут ДВГРС по організації і веденню гірничорядувальних робіт. Київ, 1997. – 454 с.

БУЛГАКОВ Ю.Ф., ГАВРИЛЕНКО Б.В., КОСТЕНКО Т.В. (Донецкий национальный технический университет)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ АЗОТА В ЗОНУ ПОДЗЕМНОГО ПОЖАРА

*Виконано моделювання режиму автоматичної подачі азоту при гасінні підземної пожежі комбінованим способом. Вибрано параметри ПІД-регуляторів, які забезпечують стійкість системи управління тиском азоту між перемичками при зміні параметрів в зоні горіння.*

*Выполнено моделирование режима автоматической подачи азота при тушении подземного пожара комбинированным способом. Выбраны параметры ПИД-регуляторов, которые обеспечивают устойчивость системы управления давлением азота между перемычками при изменении параметров в зоне горения.*

*The design of the mode of automatic serve of nitrogen is executed at extinguishing of underground fire the combined method. The parameters of PID-regulates, which provide stability of control system by pressure of nitrogen between bridges at the change of parameters in the area of burning, are chosen.*

Возникающие в труднодоступных местах угольных шахт подземные пожары невозможно потушить непосредственным воздействием огнетушащих веществ (вода, пены, аэрозоли, порошки и т.п.). Наиболее эффективным является способы изоляции и комбинированный, сочетающий изоляцию с воздействием газами-флегматизаторами горения (азот, диоксид углерода, парогазовая смесь). Однако и в случае применения такого тактического приема процесс тушения развившегося пожара может длиться несколько месяцев или лет. В процессе горения в подземных условиях угольных пластов и вмещающих их пород образуется значительное количество газообразных продуктов, таких как водород, оксид и диоксид углерода, оксиды серы, азота, фосфора и других элементов. Большинство из этих газов способствует возникновению парникового эффекта. Кроме того, они весьма токсичны, некоторые взрывчаты в смеси с воздухом. Все это определяет негативное влияние подземных пожаров на окружающую природную среду, и существенно ухудшают безопасность пруда горноспасателей и трудящихся шахты.

Одним из наиболее перспективных способов предупреждения, локализации и тушения пожаров в шахтах является регулируемая подача инертного газа в аварийную выработку и постепенное искусственное снижение концентрации кислорода в ее атмосфере. Флегматизация газовой среды в изолированном объеме помощью газообразного азота позволяет: сократить срок ликвидации аварии, предотвратить взрывы газовой смеси на аварийном участке, ускорить охлаждение высокотемпературной зоны до безопасного уровня, сократить к минимуму или полностью прекратить процесс горения.

При ликвидации аварии азотно-компрессорная станция устанавливается на поверхности шахты и соединяется специально проложенным технологическим шахтным трубопроводом с аварийным участком. Подача азота осуществляется со стороны откаточного или вентиляционного горизонтов, через проемы в изолирующих перемычках, а также по буровым скважинам, пройденным с поверхности в изолированный пожарный участок. Наиболее эффективная инертзация изолированного объема горных выработок обеспечивается возведением в аварийной выработке дополнительной перемычки, и подачей азота в созданную перемычками камеру через ответвление от подающего азот трубопровода (рис. 1) [1].

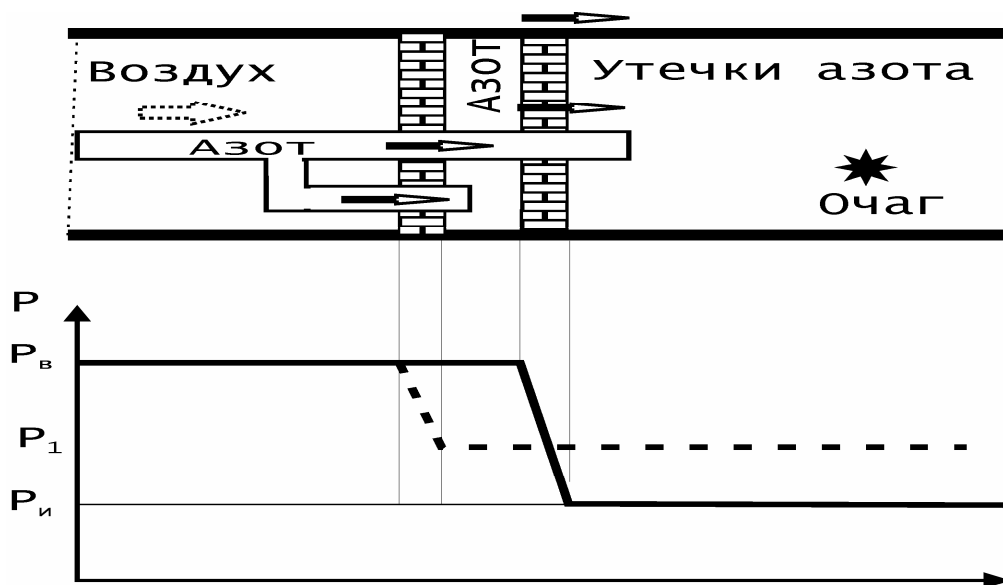


Рисунок 1 – Схема подачи азота к очагу горения с исключением утечек воздуха (а) и распределение давления газа (б) в выработке:

$P_v$  и  $P_{и}$  - газовое давление до и после изолирующей перемычки;  
 $P_1$  – газовое давление между изолирующими перемычками.

Давление азота в трубопроводе достигает одного МПа и намного превышает воздушный напор на перемычку, составляющий несколько десятков даПа. После заполнения камеры азотом, его подачу через ответвление регулируют таким образом, чтобы выровнять давление в выработке со стороны поступающей свежей воздушной струи и между перемычками. Это исключает подсосы воздуха через возведенную перемычку в камеру. С другой стороны перепад давлений перераспределяется на участке выработки, разделенным дополнительной перемычкой по обе стороны которой находится азот. В изолированной таким образом выработке через возведенную дополнительную перемычку будет иметь место подсос исключительно азота, что повышает эффективность гашения подземного пожара.

Однако до настоящего времени производство, распределение и регулирование количества азота, поступающего в аварийную выработку, осуществляется в режиме ручного управления, что резко снижает эффективность ведения работ по ликвидации аварии и безопасность ведения аварийно-спасательных работ. Опыт ликвидации подземных аварий показывает, что необходимо автоматизировать процесс подачи азота в изолированный объем. С этой целью разработана структурная схема системы автоматической подачи инертного газа в аварийную выработку.

Работа предлагаемой системы сводится к следующему. В качестве основного источника информации используются электрические выходные сигналы от двух датчиков давления, которые установлены в горной выработке, со стороны поступающей свежей струи воздуха, и в камере, образованной перемычками. Отечественная промышленность такие устройства не производит. Предлагаемые к использованию в системе датчики измерения физических параметров атмосферы ТНР-1 имеют взрывобезопасное исполнение, разработаны и выпускаются Центром Электрификации и Автоматизации в угледобывающей промышленности ЕМАГ (Катовице, Польша) [2]. Кроме давления датчик позволяет продолжительное время с высокой точностью измерять температуру и влажность воздуха в шахтной атмосфере (табл. 1).

Таблица 1 – Основные технические данные датчика ТНР-1.

|   |                           |
|---|---------------------------|
| Измерение давления с точностью $\pm 0.1$ Па                               | 800...1300 гПа            |
| Измерение влажности при $t \leq 40^{\circ}\text{C}$ с точностью $\pm 3\%$ | 10...95%                  |
| Измерение температуры с точностью $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ,             | 0...50 $^{\circ}\text{C}$ |
| Время готовности к работе   | 40 с                      |

|   |                |
|---|----------------|
| Время автономной работы без источника питания | до 8 ч         |
| Габариты                                      | 235×335×130 мм |
| Масса   | около 3 кг     |

В блоке логики системы регулирования сравниваются фактические величины давлений в выработке со свежей струей воздуха и в камере. Если эти давления не равны, вырабатывается управляющий сигнал на принудительное открытие через исполнительный механизм задвижки, подающей азот в камеру через ответвление трубопровода. Содержание азота в камере увеличивается до тех пор, пока не будет достигнуто равенство давлений в камере и в выработке со свежей струей воздуха. После этого система регулирования автоматически вырабатывает команду на закрытие задвижки и прекращение подачи азота в камеру. После стабилизации рабочего давления азота в камере дальнейшая работа системы регулирования подачи азота осуществляется в следующем режиме.

Количество азота в зоне горения или самонагревания регулируется по температуре и содержанию кислорода в шахтной атмосфере аварийной выработки. При повышении температуры или содержания кислорода в атмосфере аварийной выработки система регулирования увеличивает количество азота путем автоматического открывания задвижки на основном трубопроводе до тех пор, пока не наметится процесс снижения указанных выше параметров до заданных значений [3]. После этого системой вырабатывается команда на уменьшение подачи азота в аварийную выработку и снижения давления на мембранах газоразделительной станции. Передача управляющих сигналов на поверхность шахты для регулирования режимов работы газоразделительной станции в зависимости от состояния шахтной атмосферы осуществляется с использованием средств шахтной телемеханики или проводных линий телефонной связи шахты. На рисунке 2 приведена структурная схема моделирования подачи азота в аварийную выработку, а на рисунке 3 результаты моделирования.

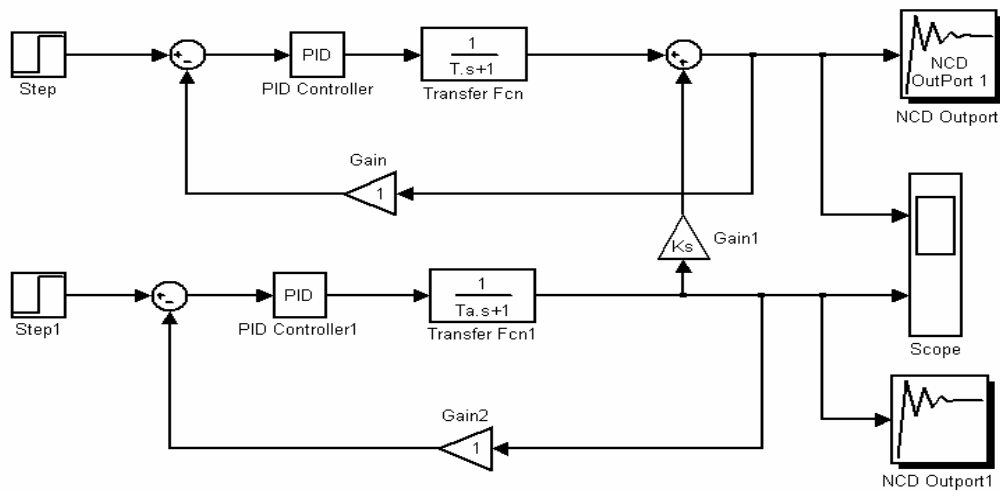


Рисунок 2 – Структурная схема моделирования подачи азота в аварийную выработку.

В результате моделирования установлено, что выбранные параметры ПИД-регуляторов обеспечивают устойчивость системы управления давлением азота между переключками при изменении параметров в зоне горения.

Обоснованная структура системы управления позволяет перейти к практической реализации системы автоматической подачи азота в зону подземного пожара.

Проведенные исследования показали, что автоматизация процесса подачи газа-флегматизатора в изолированный объем аварийных горных выработок позволяет существенно снизить негативное влияние подземных пожаров на окружающую природную среду, и обеспечить безопасность пруда горноспасателей и трудящихся шахты.

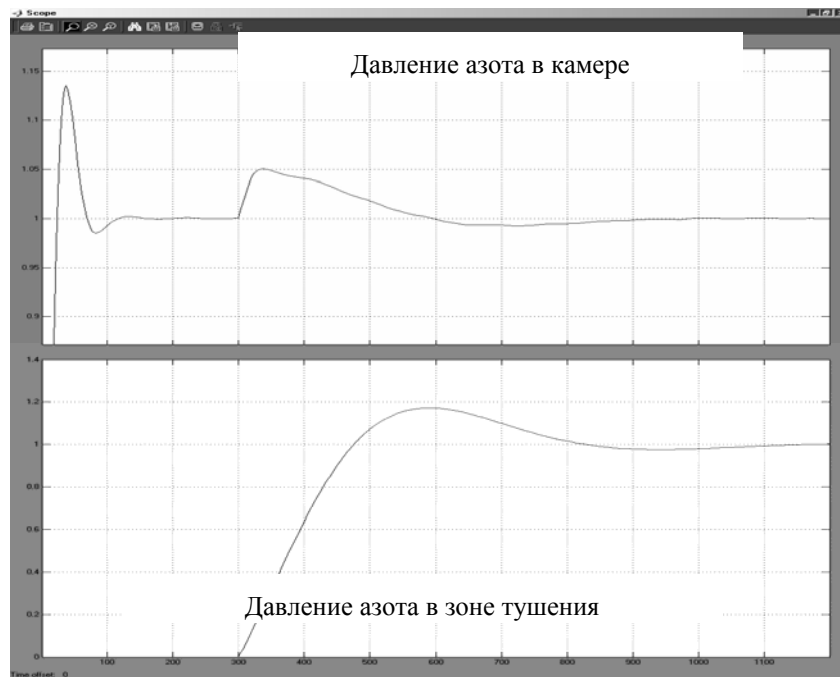


Рисунок 3 – Результаты моделирования подачи азота в аварийную выработку

Результаты моделирования процесса флегматизации газовой среды в аварийной выработке с использованием датчика измерения физических параметров атмосферы типа ТНР-1 (производства Центра Электрификации и Автоматизации в угледобывающей промышленности ЕМАГ) позволяют сделать заключение о технической возможности создания устройства с удовлетворяющим требованиям чувствительности и инерционности параметрами.

**Библиографический список:**

1. Костенко В.К., Костенко Т.В. / Спосіб гасіння підземних пожеж / Пат. UA №5775, Опубл. 15.03.2005, бюл. № 3.
2. Wasilewski S.: Obserwacja ciśnienia powietrza I potencjału aerodynamicznego w kopalni/Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. Katowice, "EMAG", nr 3-4(387), 2003, - S. 7-19.
3. Статут ДВГРС по організації і веденню гірничорятувальних робіт. Київ, 1997. – 454 с.



БОРОВИКОВ В.О., КОЗЯР Н.М., СЛУЦЬКА О.М. (Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки)

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИДАТНОСТІ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОДАВАННЯ РОБОЧИХ РОЗЧИНІВ ПІНОУТВОРЮВАЧІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПІД ЧАС ГАСІННЯ НЕПОЛЯРНИХ ГОРЮЧИХ РІДИН ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЇХ ЯКОСТІ

*Проведено дослідження і визначено кореляцію між критичною інтенсивністю подавання робочих розчинів піноутворювачів загального призначення у разі гасіння бензину автомобільного марки "А-76" (неполярної горючої рідини) піною середньої кратності і показниками вогнегасної ефективності піни середньої кратності, регламентованими національними стандартами на піноутворювачі для гасіння пожеж. Обґрунтовано доцільність введення методики визначення критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів у разі гасіння неполярних горючих рідин у стандарт ДСТУ 3789 з метою її застосування під час проведення приймально-здавальних та експлуатаційних випробувань піноутворювачів для гасіння пожеж.*

*Проведено исследование и определено корреляция между критической интенсивностью представления рабочих роз-чинив пенообразователей общего назначения в случае гашения бензина автомобильного марки "А-76" (неполярной горючей жидкости) пеной средней кратности и показателями огнетушительной эффективности пены средней кратности, регламентированными национальными стандартами на пенообразователи для гашения пожаров. Обосновано целесообразность введения методики определения критической интенсивности представления рабочих растворов пенообразователей в случае гашения неполярных горючей жидкости в стандарт ДСТУ 3789 с целью ее приложения во время проведения приемо-сдаточных и эксплуатационных испытаний пенообразователей для гашения пожаров.*

*Research and certainly correlation is conducted between critical intensity of presentation of ro-bochikh solutions of pinoutvoryuvachiv of the general setting in the case of extinguishing of petrol motor-car of brand "A-76" (nepolyarnoy combustible liquid) by suds of middle multipleness and indexes of fire-extinguisher effektiv-nosti suds of middle multipleness, by the regulated national standards on pinoutvoryuvachi for extinguishing of fires. Grounded expedience of introduction of method of determination of critical intensity of presentation of workings solutions of pinoutvoryuvachiv in the case of extinguishing of nepolyarnikh combustible liquids in the standard of DSTU 3789 with the purpose of its application during the leadthrough of priymal'no-zdaval'nikh and operating tests of pinoutvoryuvachiv for extinguishing of fires.*

Національні стандарти ДСТУ 3789 [1] і ДСТУ 4041 [2] містять вимоги щодо визначення критичної і нормативної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів на стадіях їх розроблення, а також визначення умов протипожежного захисту об'єктів або гасіння окремих горючих речовин і матеріалів. Проте методи визначення цих показників якості стандартами не встановлюються. В УкрНДПБ МНС Україні впроваджено методики визначення критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення у разі гасіння неполярних і полярних горючих рідин піною низької та середньої кратності.

Методика визначення критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів у разі гасіння піною середньої кратності передбачає визначення тривалості гасіння макетних вогнищ пожежі циліндричної форми за фіксованої витрати повітря і водного розчину піноутворювача. Під час досліджень та випробувань задають бажане значення кратності піни (звичайно близько 100). У разі одержання позитивного результату збільшують діаметр макетного вогнища. Випробування проводять з метою визначення максимального діаметра макетного вогнища, яке вдається погасити у нормований проміжок часу (300 с), і мінімального діаметра макетного вогнища пожежі, у разі використання якого гасіння не досягається або досягається у проміжок часу, що перевищує 300 с.

Інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача під час гасіння розраховували за формулою (1), критичну інтенсивність його подавання – за формулою (2):

$$I = \frac{q}{S} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{q}{d^2} = 1,27 \cdot \frac{q}{d^2}, \quad (1)$$

де  $q$  – витрата робочого розчину,  $\text{дм}^3/\text{с}$ ;

$S$  – площа поверхні макетного вогнища пожежі,  $\text{дм}^2$ ;

$d$  – діаметр макетного вогнища пожежі,  $\text{дм}$ .

$$I_{кр} = \frac{I_1 + I_2}{2} = 0,64 \cdot q \cdot \left( \frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} \right), \quad (2)$$

- де  $I_1$  – інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача, за якої гасіння макетного вогнища пожежі настає не більше ніж за 300 с,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;
- $I_2$  – інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача, за якої гасіння макетного вогнища пожежі не настає або настає у проміжок часу понад 300 с,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;
- $d_1$  – діаметр макетного вогнища, у яке робочий розчин піноутворювача подається з інтенсивністю  $I_1$ , дм.
- $d_2$  – діаметр макетного вогнища, у яке робочий розчин піноутворювача подається з інтенсивністю  $I_2$ , дм.

Методика, реалізована в УкрНДПБ, подібна до методики, яку було розроблено у ВНДПО МВС СРСР, вона використовується переважно під час досліджень та випробувань піноутворювачів та їх водних розчинів, що зберігаються на об'єктах, у тому числі під час досліджень з визначення шляхів регенерації цих вогнегасних речовин. Автори [3] вважають метод визначення критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів найкращим з відомих методів перевірки вогнегасної ефективності піни, генерованої з них. Небажання включати його у відповідні Міжнародні та Європейські стандарти пояснено насамперед “перекосом” у бік застосування фторвмісних піноутворювачів спеціального призначення, розрахованих переважно на гасіння горючих рідин піною низької кратності. Разом з тим, інформація про зв'язок між результатами визначення критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів загального призначення у разі гасіння неполярних горючих рідин за цією методикою і результатами випробувань з визначення її вогнегасної ефективності, проведених згідно з вимогами стандарту [1], відсутня.

Викладені причини зумовлюють необхідність оцінювання придатності методу визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів у разі гасіння піною середньої кратності для контролювання якості піноутворювачів під час проведення приймально-здавальних випробувань, а також періодичного контролювання якості піноутворювачів та їх водних розчинів, що зберігаються у підрозділах МНС України та на об'єктах (експлуатаційних випробувань). Випробування з визначення тривалості гасіння піною середньої кратності модельного вогнища пожежі 55В1 і показника вогнегасної здатності за класом пожежі В (підклас В1) згідно з вимогами стандарту [1] потребує значних витрат часу і пального. Саме тому застосування згаданої стендової методики визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача у разі гасіння неполярних горючих рідин піною середньої кратності є можливим шляхом суттєвого зниження цих витрат.

З метою визначення можливості застосування описаної вище стендової методики проведено дослід з визначення вогнегасної ефективності піни середньої кратності згідно з вимогами ДСТУ 3789 [1], а також тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання водних розчинів ряду піноутворювачів загального призначення у разі гасіння бензину автомобільного марки “А-76” піною середньої кратності. Крім того, проведено дослідження водного розчину піноутворювача “ПО-ЗАИ”, відібраного з резервуара стаціонарної системи пожежогасіння, за обома методиками. Результати досліджень наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати досліджень з визначення тривалості гасіння модельного вогнища пожежі 55В1 піною середньої кратності за інтенсивності подавання вогнегасної речовини ( $0,038 \pm 0,004$ )  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , показника вогнегасної здатності за класом пожежі В (підклас В1) у разі гасіння піною середньої кратності, і критичної інтенсивності подавання водних розчинів піноутворювачів у разі гасіння бензину марки “А-76” піною середньої кратності

| Характеристика вогнегасної речовини | Тривалість гасіння модельного вогнища пожежі 55В1, с |            | Показник вогнегасної здатності за класом пожежі В (підклас В1), $\text{кг}/\text{м}^2$ |            | Критична інтенсивність подавання вогнегасної речовини, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ |
|-------------------------------------|--|------------|--|------------|--|
|                                     | експериментальне значення                            | вимоги [1] | експериментальне значення  | вимоги [1] |  |
|                                     |  |            |  |            |  |

|   |             |               |              |               |               |
|---|-------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| 6 % водний розчин піноутворювача “Сніжок-1”   | 42,4 ± 0,7  | Не більше 120 | 1,6 ± 0,1    | Не більше 5,1 | 0,021 ± 0,001 |
| 6 % водний розчин піноутворювача “ТЭАС”   | 82,5 ± 0,7  |               | 3,2 ± 0,1    |               | 0,037 ± 0,002 |
| 6 % водний розчин піноутворювача “ПО-6ОСТ” (марка 1)  | 66,2 ± 0,7  |               | 2,6 ± 0,1    |               | 0,040 ± 0,002 |
| 3 % водний розчин піноутворювача “ПО-3НП”   | 114,6 ± 0,7 |               | 4,4 ± 0,1    |               | 0,040 ± 0,002 |
| 6 % водний розчин піноутворювача “ПО-6ЦТ”   | 37,9 ± 0,7  |               | 1,5 ± 0,1    |               | 0,019 ± 0,001 |
| Водний розчин піноутворювача “ПО-3АИ”, відібраний з резервуара стаціонарної системи пожежогасіння | Не погашено |               | Не визначено |               | 0,043 ± 0,002 |

Як видно, критична інтенсивність подавання робочих розчинів зразків піноутворювачів “ПО-6ЦТ” і “Сніжок-1” має найнижчі значення, тобто вони є найбільш ефективними з досліджених вогнегасних речовин. Тривалість гасіння модельного вогнища пожежі 55В1 піною середньої кратності, генерованою з їх робочих розчинів, і показник вогнегасної здатності за класом пожежі В (підклас В1) у разі гасіння піною середньої кратності також мають найнижчі значення. Нижчу вогнегасну ефективність мала піна, генерована з робочих розчинів піноутворювачів “ТЭАС”, “ПО-6ОСТ” (марка 1) і “ПО-3НП”. Хоча критична інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача “ТЭАС” у разі гасіння піною середньої кратності мала менше значення порівняно з аналогічним показником для піноутворювача “ПО-6ОСТ”, гасіння модельного вогнища пожежі 55В1 було досягнуто у більший проміжок часу. Цей факт можна пояснити різними умовами проведення дослідів з гасіння модельного вогнища пожежі 55В1, а також різними реологічними властивостями піни, генерованої з використанням ежекційного піногенератора та за рахунок примусового змішування робочого розчину піноутворювача з повітрям.

Разом з тим, величина критичної інтенсивності подавання водного розчину піноутворювача “ПО-3АИ”, відібраного з резервуара стаціонарної системи пожежогасіння, фактично перевищувала значення, за якого необхідно проводити гасіння модельного вогнища пожежі 55В1 відповідно до вимог стандарту [1]. Відповідно, піна, генерована з цього водного розчину, не забезпечила гасіння модельного вогнища. Інакше кажучи, висновок про невідповідність водного розчину піноутворювача встановленим вимогам за показниками вогнегасної ефективності піни середньої кратності можна зробити як за результатами випробувань, Проведених згідно з вимогами стандарту [1], так і за результатами досліджень, проведених за методикою визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочого розчину у разі гасіння неполярної горючої рідини піною середньої кратності.

Таким чином, згідно з результатами досліджень, якщо величина критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача у разі гасіння піною середньої кратності, визначена за існуючою стендовою методикою, менша за  $(0,040 \pm 0,002) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , тобто фактично того значення, за якого передбачається гасіння модельного вогнища пожежі 55В1 згідно з вимогами ДСТУ 3789 [55], то можна робити висновок про задовільну вогнегасну ефективність такої піни.

Таким чином, згідно з результатами досліджень, якщо величина критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача у разі гасіння піною середньої кратності, визначена за існуючою стендовою методикою, менша за  $(0,040 \pm 0,002) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , тобто фактично того значення, за якого передбачається гасіння модельного вогнища пожежі 55В1 згідно з вимогами ДСТУ 3789 [55], то можна робити висновок про задовільну вогнегасну ефективність такої піни.

За результатами досліджень метод визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача у разі гасіння водонерозчинних горючих рідин піною середньої кратності передбачено включити у стандарт на піноутворювачі загального призначення під час його перевидання. Проте застосування цієї методики для контролювання якості плівкоутворювальних піноутворювачів спеціального призначення для гасіння пожеж обмежено, оскільки у багатьох випадках використання генератора для одержання піни за рахунок примусового змішування робочого розчину піноутворювача з повітрям не дає бажаних результатів. У подальшому передбачається провести дослідження з визначення

можливості застосування цієї методики для контролювання якості піноутворювачів на основі синтетичних вуглеводневих ПАР, які виробляються у країнах Східної Європи. Таку необхідність зумовлено різною хімічною природою сировини, яка використовується для виготовлення піноутворювачів цього класу у Європі та у державах СНД.

#### **Библиографический список:**

1. ДСТУ 3789-98 Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
2. ДСТУ 4041-2001 Піноутворювачі спеціального призначення, що використовуються для гасіння пожеж водонерозчинних і водорозчинних горючих рідин. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
3. Пешков В.В., Цариченко С.Г. Пенообразователи для тушения пожаров. Что мы проверяем по методикам российского и международных стандартов (ISO и EN)? // Сборник трудов 5 Юбилейной Международной специализированной выставке “Пожарная безопасность XXI века” и 4 Международной специализированной выставке “Охранная и пожарная автоматика” (комплексные системы безопасности), Москва, 2006. М.: Эксподизайн РА, М: ПжКнига, 2006. – С. 73-74.

БОРОВИКОВ В.О., НІКІТІН В.А., АНТОНОВ А.В., ЧЕПОВСЬКИЙ В.О., СЛУЦЬКА О.М. (Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки)

## ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ “РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ГАСІННЯ ПОЖЕЖ У СПИРТОСХОВИЩАХ, ЩО МІСТЯТЬ ЕТИЛОВИЙ СПИРТ”

*Обґрунтовано необхідність розроблення “Рекомендацій щодо гасіння пожеж у спиртосховищах, що містять етиловий спирт” з урахуванням сучасного стану вітчизняної нормативної бази і нових технологій пожежогасіння, а також асортименту вогнегасних речовин і протипожежного обладнання, наявних у підрозділах МНС і представлених на ринку України. Описано основні положення розробленого документа.*

*Обоснованно необходимость разработки “Рекомендации относительно гашения пожаров в спиртосховищах, которые содержат этиловый спирт” с учетом современного состояния отечественной нормативной базы и новой технологии пожаротушения, а также ассортимента огнетушительных веществ и противопожарного оборудования, имеющихся в подразделениях МЧС и представленных на рынке Украины. Описаны основные положения разработанного документа.*

*Grounded necessity of development “Recommendations in relation to extinguishing of fires in spirtoskhovischakh, which contain an ethyl spirit” taking into account the modern state of domestic normative base and new technologies pozhehogasinnyya, and also to the assortment of fire-extinguisher matters and fire-prevention equipment, present in pidroz-dilakh MEM MEASURES and presented at the market of Ukraine. The substantive provisions of the developed document are described.*

В Україні існує близько 150 підприємств спиртової, лікеро-горілчаної, коньячної, виноробної, парфюмерно-косметичної та харчової промисловості, на яких обертаються етиловий спирт і його водні розчини, що містять цю речовину у значних кількостях і завдяки цьому є легкозаймистими. Сам собою етиловий спирт є водорозчинною легкозаймистою рідиною, його гасіння пов'язано зі значними труднощами [1]. Вимоги до систем протипожежного захисту таких підприємств регламентовано ВСН 13 [2], однак цей документ є застарілим і має ряд недоліків. Зокрема, він передбачає застосування таких вогнегасних речовин як хладон 13В1, вогнегасний порошок “ПСБ-3”, піноутворювач “ПО-1С”. Як відомо, усі ці вогнегасні речовини вже знято з виробництва, а застосування хладону 13В1 обмежено. Натомість застосування сучасних піноутворювачів, спеціально призначених для гасіння полярних водорозчинних горючих рідин, не передбачено. Вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки на підприємствах спиртової, лікеро-горілчаної та коньячної промисловості, окрім будівельних норм [2], встановлюються НАПБ А.01.001 [3] і НПАОП 15.9-1.11 [4].

На теперішній час обладнання (у тому числі протипожежне) більшості вітчизняних підприємств спиртової, лікеро-горілчаної і коньячної промисловості суттєво зношено, багато з них працює періодично, нестабільно і, вірогідно, з порушеннями технологічних регламентів виробництва, фінансування протипожежних заходів суттєво обмежено. Впровадження нових технологій або освоєння виробництва нових видів продукції, яке здійснюється на окремих заводах, здійснюються без належного обґрунтування необхідних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки і протипожежного захисту. З цих причин як саме технологічне обладнання, так і резервуари для зберігання спирту і рідин, що містять його, являють собою значну пожежну небезпеку.

Разом з тим, в Україні відсутні нормативні документи чи навіть рекомендації щодо гасіння пожеж на подібних об'єктах. На підприємствах відсутні піноутворювачі, спеціально призначені для гасіння спиртів та інших полярних горючих рідин (“спиртостійких” піноутворювачів), а також стаціонарні системи пожежогасіння та інше протипожежне обладнання, оснащене дозувальними пристроями для приготування робочих розчинів таких піноутворювачів (неньютонівських рідин). Інформація щодо можливості та умов застосування інших сучасних піноутворювачів загального та спеціального призначення для гасіння спирту після його розведення до останнього часу також була відсутня. Потребувало вивчення і питання гасіння спирту та рідин, що містять його, вогнегасними порошками та газовими вогнегасними речовинами.

Таким чином, існує нагальна потреба у розробленні будівельних норм на заміну [2], внесення відповідних змін і доповнень до [3, 4], а також документів, які встановлюють порядок гасіння пожеж на об'єктах з наявністю спиртовмісних легкозаймистих рідин.

З метою виконання поставлених задач проведено аналізування літературних і статистичних даних про пожежі на об'єктах з наявністю полярних горючих рідин. У доступній літературі, а також мережі “Internet” міститься обмаль даних про пожежі на спиртових заводах, у

сховищах для зберігання спиртів та інших подібних об'єктах. На жаль, подробиці, які б дали змогу зробити висновки про доцільність застосування тих чи інших способів гасіння, а також ефективність вогнегасних речовин та пожежної техніки, практично відсутні.

Зібрано і узагальнено інформацію, яка стосується особливостей технологічних процесів, кількості і характеристик спиртовмісних рідин, а також протипожежного захисту вітчизняних підприємств, на яких вони обертаються. Обстеження протипожежного стану ряду підприємств і вивчення оперативних планів пожежогасіння вказує на незадовільний стан їх протипожежного захисту. Найбільш поширеними недоліками у забезпеченні пожежної безпеки і протипожежного захисту більшості об'єктів з наявністю спиртовмісних легкозаймистих рідин є недостатня кількість первинних засобів пожежогасіння, неналежне вогнезахисне оброблення горючих конструкцій, а також застарілість або непрацездатність систем протипожежного водопостачання, аварійної і пожежної сигналізації та пожежогасіння. На практичну відсутність вогнегасних речовин, придатних для гасіння спиртовмісних легкозаймистих рідин, вже вказувалося.

Проведено опитування територіальних підрозділів МНС Україні і виявлено відсутність у підрозділах піноутворювачів, призначених для гасіння полярних рідин, і пересувної протипожежної техніки, призначеної для роботи з ними. Виявлено, що більшість працівників підрозділів МНС не обізнані з проблемами, які пов'язано з особливостями протипожежного захисту об'єктів, на яких обертаються легкозаймісті спиртовмісні рідини, а також номенклатурою сучасних вогнегасних речовин, у тому числі таких, що придатні для гасіння полярних горючих рідин. Це знаходить своє відображення у деяких оперативних планах пожежогасіння, якими передбачено гасіння пожеж у резервуарах зі спиртом піною, генерованою з робочих розчинів піноутворювачів загального призначення, без його попереднього розведення. До того ж, у таких випадках нормативна інтенсивність подавання робочих розчинів приймається такою ж, як у випадку гасіння нафти і нафтопродуктів з аналогічними температурами спалаху, що є цілком некоректним.

За результатами проведених аналітичних досліджень виявлено першочергові заходи щодо підвищення рівня пожежної безпеки, ефективності протипожежного захисту об'єктів з наявністю легкозаймистих спиртовмісних рідин, а також підвищення ефективності оперативних дій підрозділів МНС під час гасіння пожеж на таких об'єктах. Зроблено висновок, що найбільш ефективним способом протипожежного захисту об'єктів з наявністю легкозаймистих спиртовмісних рідин є створення стаціонарних або пересувних систем пінного пожежогасіння, які містять спеціальне обладнання і розраховані на використання "спиртостійких" піноутворювачів. Оскільки під час зберігання водних розчинів таких піноутворювачів можливе висолювання водорозчинних полімерів, піноутворювачі мають зберігатися тільки у концентрованому вигляді. Приготування їх робочих розчинів повинне здійснюватись під час гасіння пожежі за допомогою пінозмішувачів спеціальних конструкцій, які призначено для приготування водних розчинів піноутворювачів, які є неньютонівськими рідинами. У випадках, коли захищувані приміщення цехів або спиртосховищ мають достатній ступень герметичності, можуть бути передбачені системи пожежогасіння водяною парою, газовими вогнегасними речовинами, тонкорозпиленими водними вогнегасними речовинами, а також вогнегасними аерозолями. Будь-які способи протипожежного захисту повинні бути обґрунтовані шляхом проведення експериментальних досліджень (випробувань) і одержання відповідного дозволу в установленому порядку.

Проаналізовано літературні дані стосовно способів гасіння полярних горючих рідин і нормованих параметрів подавання вогнегасних речовин. Встановлено, що для їх гасіння можуть використовуватись вода або водні розчини піноутворювачів (гасіння водорозчинних горючих рідин шляхом розведення), газові вогнегасні речовини, вогнегасні порошки на бікарбонатній основі, а також повітряно-механічна піна низької та середньої кратності, генерована з робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення (за необхідності після попереднього розведення горючої рідини водою). Проте інформація про можливість використання сучасних вогнегасних речовин для гасіння етилового спирту і, тим більше, нормовані параметри їх подавання, відсутня навіть у виданому порівняно нещодавно довіднику [5]. Рекомендації [6], розроблені фахівцями ВНДПО МНС Росії, містять інформацію про можливість гасіння ряду водонерозчинних і водорозчинних горючих рідин піною низької та середньої кратності, генерованою з робочих розчинів "спиртостійких" піноутворювачів, а також нормовані параметри подавання робочих розчинів піноутворювачів. Проте у цьому документі не йдеться ані про труднощі, пов'язані із застосуванням таких піноутворювачів (зокрема, приготуванням їх робочих

розчинів), ані про можливість і особливості використання інших вогнегасних речовин з метою гасіння полярних горючих рідин.

Проведено експериментальні дослідження з гасіння водних розчинів етилового спирту піною, генерованою з робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення, водою, а також вогнегасним порошком "П-2АПМ", основою якого є фосфати амонію. Проаналізовано можливість їх гасіння в інші способи. Виявлено умови гасіння таких рідин водою, а також піною, генерованою з робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення. Підтверджено, що подавання піни з недопущенням її "жорсткого" контакту з полярною горючою рідиною і занурення у неї дає змогу забезпечити найвищу вогнегасна ефективність. Встановлено можливість гасіння спиртовмісних рідин вогнегасними порошками на фосфорно-амонійній основі.

За результатами проведених досліджень розроблено Рекомендації щодо гасіння пожеж у спиртосховищах, що містять етиловий спирт. Вони призначені для використання підрозділами МНС під час розроблення оперативних планів (карток) пожежогасіння та інших документів, які встановлюють порядок оперативного реагування на надзвичайні ситуації на об'єктах, де зберігаються легкозаймисті рідини (водно-спиртові розчини), які містять етиловий спирт у концентраціях понад 20 % (об), а також гасіння пожеж на таких об'єктах. Рекомендації можуть використовуватись навчальними закладами системи МНС України, а також іншими навчальними закладами, в учбовому процесі. Вони можуть використовуватись підрозділами відомчої пожежної охорони, організаціями, підприємствами та установами незалежно від форм власності і видів діяльності, які займаються виробництвом або зберіганням спиртовмісних рідин, а також проектуванням, монтажем і технічним обслуговуванням технічних засобів пожежогасіння, що використовуються для протипожежного захисту об'єктів, де обертаються такі рідини.

Розроблений документ має таку структуру:

- Інформаційні дані
  - 1 Сфера застосування
  - 2 Терміни та визначення понять
  - 3 Загальні відомості про спиртосховища
  - 4 Можливі причини виникнення і розвиток пожеж у спиртосховищах
  - 5 Загальні відомості про способи гасіння спиртовмісних рідин
  - 6 Гасіння пожеж у спиртосховищах повітряно-механічною піною
  - 6.1 Загальні відомості
  - 6.2 Гасіння пожеж з використанням "спиртостійких" піноутворювачів
  - 6.3 Гасіння пожеж з використанням піноутворювачів загального та спеціального призначення, які не містять спеціальних добавок
  - 6.4 Гасіння пожеж у спиртосховищах іншими способами
  - 7 Рекомендації стосовно проектування стаціонарних систем пінного пожежогасіння для протипожежного захисту об'єктів з наявністю спиртовмісних рідин
  - 8 Гасіння пожеж з використанням пересувної протипожежної техніки
  - 8.1 Загальні відомості
  - 8.2 Організація роботи штабу на пожежі
  - 8.3 Охолодження резервуарів
  - 8.4 Підготовка і проведення пінної атаки
  - 9 Ускладнення, які можуть виникати під час гасіння пожеж у резервуарах
  - 10 Організаційно-підготовчі заходи
  - 10.1 Розроблення оперативних планів пожежогасіння
  - 10.2 Підготовка особового складу
  - 10.3 Взаємодія підрозділу МНС зі службами об'єкта та населеного пункту
  - 11 Заходи безпеки
- Додаток А (довідковий) Властивості спирту і спиртовмісних рідин
- Додаток Б (довідковий) Терміни та визначення понять
- Додаток В (довідковий) Технічні характеристики деяких стволів-генераторів піни
- Додаток Г (обов'язковий) Методика розрахунку сил і засобів для гасіння пожеж у резервуарах пересувною протипожежною технікою
- Додаток Д (довідковий) Рекомендована форма допуску на вирізання отворів у стінці резервуара зі спиртовмісною рідиною, що горить
- Додаток Е (довідковий) Рекомендовані заходи щодо підвищення рівня пожежної безпеки

об'єктів з наявністю легкозаймистих спиртотмісних рідин та прискорення ліквідації пожеж на них

Додаток Ж (довідковий) Перелік літературних джерел і нормативних документів, на які даються посилання

У Рекомендаціях спиртосховищем названо склад відкритого (на відкритому просторі) або закритого (у закритому приміщенні) типу для зберігання у резервуарах, цистернах, бочках або інших посудинах (окрім посудин, у яких рідини реалізуються вроздріб у торговельній мережі) рідин, які складаються з води, етилового спирту і, в окремих випадках, інших речовин (за винятком неполярних і полярних органічних розчинників) та містять етиловий спирт у кількості понад 20 % (об).

Розділ 3 “Загальні відомості про спиртосховища” містить коротку інформацію про правила будови, безпечної експлуатації, а також пожежної безпеки і протипожежного захисту складів етилового спирту і легкозаймистих спиртотмісних рідин. У розділі 4 “Можливі причини виникнення і розвиток пожеж у спиртосховищах” описано найбільш поширені причини виникнення пожеж у спиртосховищах, вказано чинники, які сприяють їх виникненню, та особливості, з якими пов'язано горіння спиртотмісних рідин, а також подано інформацію про можливі шляхи розвитку і поширення пожеж. Розділи 5, 6 розкривають інформацію про гасіння пожеж у спиртосховищах відкритого і закритого типу (насамперед у резервуарах для зберігання спиртотмісних рідин) із застосуванням вогнегасних речовин різних типів, а розділ 7 містить рекомендації щодо створення стаціонарних систем пожежогасіння з їх використанням. У розділах 8-11 подано інформацію щодо виконання робіт, пов'язаних безпосередньо з пожежогасінням, а також вказівки стосовно дотримання заходів особистої безпеки під час їх виконання.

Додаток А до Рекомендацій містить інформацію про способи одержання, а також фізико-хімічні властивості та показники пожежної небезпеки водних розчинів етилового спирту і окремих спиртотмісних рідин, які обертаються на спиртотмісних, лікєро-горілчанних і виноробних підприємствах. Подано також інформацію про токсикологічні властивості етилового спирту і вказівки щодо дій у разі гострого отруєння ним. Додаток Б введено з метою тлумачення специфічних термінів, які вживаються у Рекомендаціях, він містить також визначення багатьох термінів, встановлених чинними стандартами у сфері пожежної безпеки. Додатки В, Г, Д розроблено для прискорення і полегшення розрахунків сил і засобів, необхідних для гасіння пожеж у спиртосховищах. Додаток Е містить перелік заходів, дотримання яких має за мету підвищення рівня пожежної безпеки, удосконалення протипожежного захисту, а також підвищення ефективності гасіння пожеж у спиртосховищах. Додаток Ж містить перелік літературних джерел і нормативних документів, на які даються посилання.

Очікується, що впровадження Рекомендацій надасть можливість більш обґрунтовано розраховувати необхідні сили та засоби пожежогасіння залежно від місця розташування підприємства, особливостей технологічного обладнання і реалізованих виробничих процесів, продуктивності, характеристик наявних на ньому спиртотмісних рідин, віддаленості підрозділів МНС, наявності сигналізації, виду наявних стаціонарних систем пожежогасіння, пожежних кран-комплектів, вогнегасників тощо. Окрім того, такий документ сприятиме підвищенню ефективності гасіння пожеж у спиртосховищах, а також рівня безпеки особового складу МНС під час їх гасіння. Дотримання положень, викладених у рекомендаціях, під час будівництва і реконструкції підприємств, на яких обертаються легкозаймісті спиртотмісні рідини, сприятиме підвищенню їх пожежної безпеки і надійності протипожежного захисту.

У подальшому передбачається проводити роботи з розроблення будівельних норм на заміну ВСН 13 [2], а також змін і доповнень до НАПБ А.01.001 [3] і НПАОП 15.9-1.11 [4]. У разі відсутності належного фінансування цих розробок будуть проводитись роботи з розроблення відповідних рекомендацій.

#### **Библиографический список:**

1. Боровиков В.О. Шляхи підвищення ефективності гасіння пожеж на об'єктах з наявністю полярних горючих рідин та забезпечення їх протипожежного захисту // Науковий вісник УкрНДІПБ: Науковий журнал. К., УкрНДІПБ МНС України, 2007, №2(16). – С. 155-161.
2. ВСН 13-81 Инструкция по проектированию взрывоопасных производств спиртовых, ликєро-водочных и коньячных предприятий пищевой промышленности.
3. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні.



4. НПАОП 15.9-1.11-97 Правила безпеки для спиртового та лікєро-горілочаного виробництва.
5. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Асс. “Пожнаука”, 2004.
6. Рекомендации по тушению полярных жидкостей в резервуарах. М., ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. – 58 с.

ИЛЮЩЕНКО В.И., ЯНКОВЕЦ А.Г. (Донецкий национальный технический университет)

## МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА В ТОПКАХ КОТЛОВ

*Розглядені технологічні методи зменшення виникнення окислів азоту в топках котлів, такі як рециркуляція димових газів в топичну камеру, ступінчасте спалювання палива, використання спеціальних пальників апаратів, нестехіометричне спалювання палива, відключення частини пальників, також методи денітрифікації димових газів котельних установок.*

*Рассмотрены технологические методы подавления образования окислов азота в топках котлов, такие как рециркуляция дымовых газов в топочную камеру, ступенчатое сжигание топлива, применение специальных горелочных устройств, нестехиометрическое сжигание топлива, отключение части горелок, а также методы денитрификации дымовых газов котельных установок.*

*The technological methods of suppression of formation of oxides of nitrogen are considered in heatings of caldrons, such as рециркуляція of smoke gases in a fire-box chamber, step incineration of fuel, application of the special gas-ring devices, unstoichiometrical incineration of fuel, disconnecting of part of gas-rings, and also methods of denitrifying of smoke gases of the caldron settings.*

Проблема охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов является одной из актуальнейших на современном этапе развития общества.

Энергетика, являющаяся базой развития всех отраслей промышленности, транспорта и сельского хозяйства, имеет в нашей стране наиболее высокие темпы развития и масштабы производства.

Потребляемое на тепловых электростанциях органическое топливо содержит вредные примеси, поступление которых в окружающую среду в виде газообразных и твердых компонентов продуктов сгорания может оказывать неблагоприятное воздействие на воздушную и водную среду.

В настоящее время тепловые электростанции выбрасывают ежегодно в атмосферу около 6 млн. т золы (35 % выбросов от всех промышленных предприятий страны), более 8 млн. т двуокиси серы (44%) и примерно 2 млн. т оксидов азота (60%). Это составляет более 1/4 всех вредных выбросов. Тепловые электростанции являются мощным источником загрязнения атмосферного воздуха городов и промышленных центров, они ухудшают состояние водоемов, вызывают большие потери земель под шлако- и золоотвалы и в значительной мере способствуют выпадению так называемых кислотных дождей во всем европейском регионе.

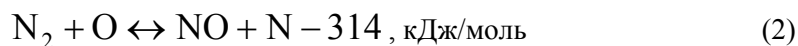
Основным направлением работ в области охраны воздушной среды при работе ТЭС является уменьшение выбросов токсичных веществ в атмосферу. Наибольшие успехи в этом направлении достигнуты по снижению выбросов твердых золовых частиц, степень улавливания которых на ТЭС достигает 99,5%.

Окислы азота образуются за счет окисления содержащегося в топливе азота воздуха, поэтому они обнаруживаются в продуктах сгорания всех топлив – углей, мазутов, природного газа.

Условием окисления азота воздуха является диссоциация молекулы кислорода воздуха под воздействием высоких температур, идущая с поглощением теплоты:



Атомарный кислород реагирует с молекулой азота, а образовавшийся в результате эндотермической реакции атомарный азот вступает в реакцию с молекулярным кислородом:



В результате реакций в топочной камере образуется в основном окись азота NO (более 95%). Образование двуокиси азота NO<sub>2</sub> за счет окисления NO требует значительного времени и происходит при низких температурах.

Изменение концентрации окиси азота в единицу времени по реакции (4) имеет вид:

$$\frac{dC_{NO}}{d\tau} = K_1 \cdot C_{N_2} \cdot C_{O_2} + K_2 \cdot [C_{NO}]^2, \quad (5)$$

где  $C_{N_2}$ ,  $C_{O_2}$  – концентрации соответственно  $N_2$  и  $O_2$ , г/м<sup>2</sup>;

$[C_{NO}]$  – равновесная концентрация NO, г/м<sup>3</sup>;

$K_1$ ,  $K_2$  – константы скорости прямых и обратных реакций.

Равновесная концентрация NO получается из выражения (5) при  $\frac{dC_{NO}}{d\tau} = 0$  при известных значениях констант

$$[C_{NO}] = 4,6 \sqrt{C_{O_2} \cdot C_{N_2}} \cdot \exp\left(-\frac{90 \cdot 10^3}{RT}\right) \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что равновесная концентрация окислов азота возрастает с ростом температуры и концентрации кислорода (концентрация азота меняется мало). Принимая универсальную газовую постоянную  $R = 8,32 \times 10^3$  Дж/моль и концентрацию кислорода в воздухе при нормальных условиях  $C_{O_2} = 300$  г/м<sup>3</sup>, а азота  $N_2 = 1000$  г/м<sup>3</sup>, приведем уравнение для воздуха нормального состава к следующему виду:

$$[C_{NO}] = 2500 \cdot \exp\left(-\frac{(\alpha - 1) \cdot V^0}{V_r}\right) \quad (7)$$

В топках котлов вместо концентрации кислорода применяется величина избытка воздуха  $\alpha$ . Между избытком воздуха и концентрацией кислорода г/м<sup>3</sup>, имеет место следующая зависимость:

$$C_{O_2} = 300 \cdot \frac{(\alpha - 1) \cdot V^0}{V_r}, \quad (8)$$

где  $V^0$  – теоретическое количество сухого воздуха, необходимое для полного сгорания 1 кг топлива  $\alpha = 1$ , м<sup>3</sup>/кг;

$V_r$  – объем дымовых газов, образующихся из 1 кг топлива, при полном сгорании с избытком воздуха  $\alpha = 1$ , м<sup>3</sup>/кг.

Имеем в виду, что

$$V_r = V_r^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0, \quad (9)$$

где  $V_r^0$  – объем дымовых газов при  $\alpha = 1$ . Тогда подставляя это выражение в формулу (8) получаем:

$$C_{O_2} = 300 \cdot \frac{\alpha - 1}{V_r^0 / V^0 + \alpha - 1} \quad (10)$$

Введем величину  $\Delta\alpha_r$  – увеличение теоретического объема газа по сравнению с теоретическим объемом воздуха, необходимым для полного сгорания:

$$\Delta\alpha_r = \frac{V_r^0}{V^0} - 1 \quad (11)$$

Тогда формула для расчета концентрации кислорода примет вид:

$$C_{O_2} = 300 \cdot \frac{\alpha - 1}{\alpha + \Delta\alpha_r} \quad (12)$$

Величина  $\Delta\alpha_r$  колеблется в пределах  $0,04 \div 0,1$  для каменных углей;  $0,15 \div 0,2$  для бурых;  $0,075$  для мазута и  $0,125$  для природного газа.

Таким образом, уравнение для расчета концентрации NO получает вид:

$$[C_{NO}] = 2500 \cdot \sqrt{\frac{\alpha - 1}{\alpha + \Delta\alpha_r}} \cdot \exp\left(-\frac{10,8 \cdot 10^3}{T}\right) \quad (13)$$

По этому уравнению в логарифмически-гиперболических координатах на рисунке 1 построена зависимость равновесной концентрации NO от температуры. С учетом органического времени пребывания реагирующих веществ в топке действительные концентрации окислов азота будут в несколько раз меньше.

На рис. 1 слева приведена шкала концентраций окислов азота в пересчете на  $NO_2$ , равная

$$[C_{NO_2}] = 1,53[C_{NO}] \quad (14)$$

Из рис. 1 следует, что равновесная концентрация NO свыше  $1 \text{ г/м}^3$  имеет место при температуре более  $1600 \text{ }^\circ\text{C}$  и удваивается при повышении температуры на каждые  $200 \div 250 \text{ }^\circ\text{C}$ . Изменение избытка воздуха от  $\alpha = \infty$  до  $\alpha = 1,2$  при той же температуре снижает содержание окислов азота примерно в двое.

Выход окислов азота реальных топочных устройств можно определить по формуле (14) и графику рисунок 1, подставляя в качестве максимальной температуры в топке  $T$  величину

$$T = 273 + K_{t\alpha} \quad (15)$$

Коэффициент  $K_{t\alpha}$ , учитывающий отличие реальной температуры от большого количества факторов в топочной камере – отношения тепловыделения к величине экранной поверхности, степени черноты факела, типа горелок и т.д.

Вторым источником образования окислов азота по реакции (3) является связанный азот твердых и жидких топлив. Протекание этой реакции происходит при умеренных температурах.

Концентрация окислов азота в этом случае определяется приведенной концентрацией азота, %/МДж:

$$N^{np} = \frac{N^p}{Q_H^p} \quad (16)$$

Количество окиси азота, получающейся из азота топлива, определяется по выражению

$$C_{NO}^T = 10m \cdot \frac{N^{np}}{V_r^{np}}, \quad (17)$$

где  $V_r^{пр}$  – приведенный объем газов на 1 МДж теплоты топлива,  $m^3$ .

Коэффициент  $m$  лежит в пределах от 0,2 (для крупных паровых котлов) до 0,4 (для небольших паровых котлов).

Общее количество окислов азота определится как сумма окислов азота, образующаяся при горении за счет окисления азота воздуха и за счет окисления азота топлива:

$$C_{NO} = C_{NO}^B + C_{NO}^T \quad (18)$$

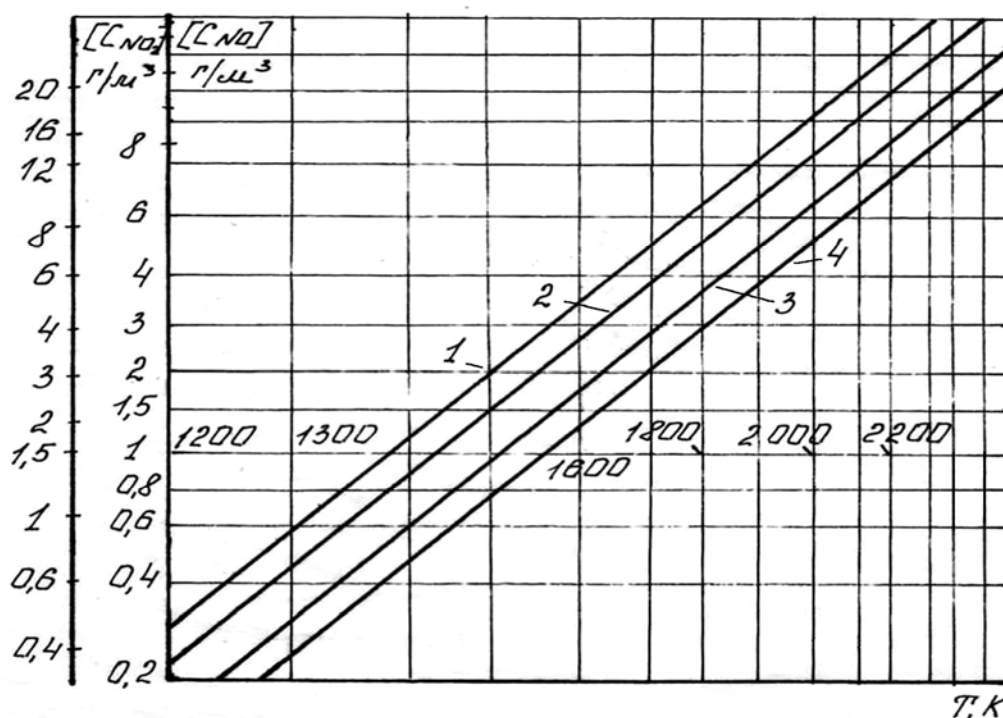


Рисунок 1 – Зависимость равновесной концентрации окислов азота от температуры  $T$  и избытка воздуха  $\alpha$  (1 -  $\alpha = \infty$ ; 2 -  $\alpha = 1,6$ ; 3 -  $\alpha = 1,4$ ; 4 -  $\alpha = 1,2$ ;) )

Новые котлы паропроизводительностью более 65 т/ч должны иметь выбросы с концентрацией  $NO_x$  (в пересчете на  $NO_2$ ) не более: при сжигании газа  $350 \text{ мг/м}^3$  ( $\alpha = 1,17$ ), при сжигании мазута  $450 \text{ мг/м}^3$  ( $\alpha = 1,17$ ), при сжигании твердого топлива  $800 \text{ мг/м}^3$  ( $\alpha = 1,4$ ). В больших котлах ( $>400$  т/ч) должны иметь концентрацию  $NO_x$  менее  $650 \text{ мг/м}^3$  / при ( $\alpha = 1,4$ ).

Основными факторами, от которых зависит величина выбросов оксидов азота, являются характеристика топлива и конструкция топочного устройства, определяющая уровень температур, а также концентрацию кислорода на начальном факела. На рис. 2 приведена зависимость степени перехода азота топлива в оксиды азота от содержания азота в топливе: левая часть графика относится к мазуту, правая – к твердому топливу.

Для подавления оксидов азота используется рециркуляция дымовых газов в топочную камеру, которая снижает образование оксидов азота за счет 2-х факторов: уменьшения пика температур в ядре горения и снижения действующей концентрации кислорода на начальном участке факела. Для организации рециркуляции дымовые газы обычно после экономайзера при температуре 300 - 400 °С отбираются специальными рециркуляционными дымососами и подаются в топочную камеру. При этом большое значение имеет способ ввода газов в топочную камеру: через щели под горелками, через кольцевой канал вокруг горелок и подмешивание газов в дутьевой воздух перед горелками.

Самым эффективным является последний способ, при котором в наибольшей степени происходит снижение температуры в ядре факела. Подмешивая до 20 – 25 % дымовых газов, удается снизить содержание окислов азота на 40—30 %.

Степень рециркуляции определяется по формуле

$$\Pi = \frac{M_p}{M_{см}} \cdot 100\%, \quad (19)$$

где  $M_p$  – рециркулирующие продукты сгорания,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;

$M_{см}$  – горючая смесь,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

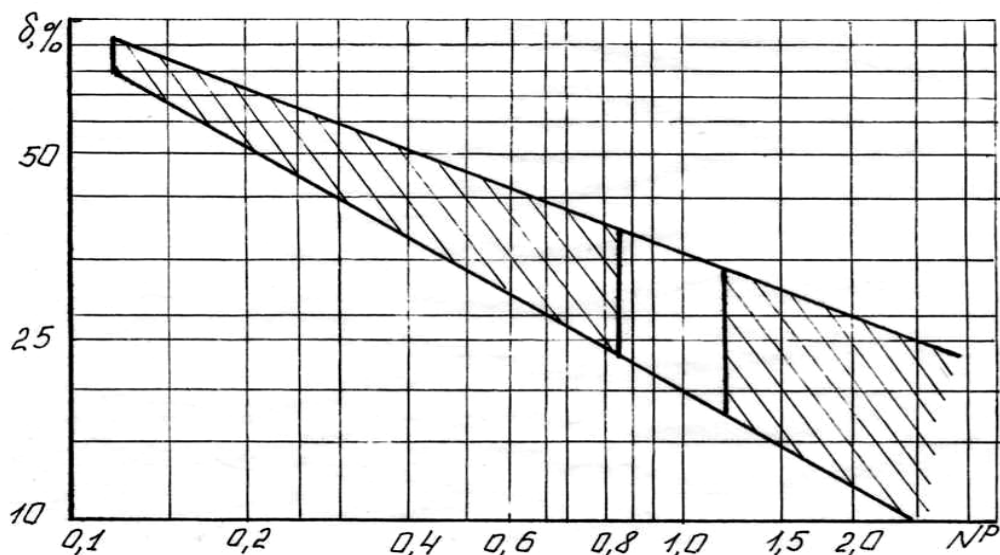


Рисунок 2 – Степень перехода азота топлива  $\delta$  в оксиды в зависимости от содержания азота в топливе  $N^p, \%$

Уменьшение содержания  $\text{NO}$  с увеличением кратности адиабатической рециркуляции связано лишь с уменьшением концентрации  $\text{O}_2$ . Как видно, из рисунка 3 кривая 1, максимальное уменьшение концентрации  $\text{NO}$  в уходящих газах составляет 27,5 %.

При неадиабатической рециркуляции выход  $\text{NO}$  будет определяться изменением концентрации  $\text{O}_2$  и снижением температуры факела.

Результаты расчета выбросов  $\text{NO}_x$  представлены кривыми 2-5 на рис. 3, из которых видно, что снижение температуры рециркулирующих газов существенно уменьшает выход  $\text{NO}$ . При сильном охлаждении рециркулирующих продуктов сгорания для каждого значения температуры имеется оптимальное значение величины кратности рециркуляции  $\Pi_{\text{опт.}}$ , превышение которого весьма незначительно влияет на дальнейшее снижение выхода  $\text{NO}$ .

Ступенчатое сжигание топлива, является одним из эффективных способов, приводящих к снижению образования  $\text{NO}$ . В основе метода лежит снижение максимально температуры горения и выравнивание поля температур в рабочем объеме топki, что приводит к снижению выходов окислов азота с уходящими газами. Двухстадийный способ сжигания основан на том, что горелки, в нижней части топki работают с  $\alpha = 0,95$ , а в верхнюю зону топki подается вторичный воздух в количестве 0,21 от стехиометрически необходимого для горения, поэтому суммарное значение  $\alpha = 1,06$ .

Подобный метод сжигания газа снижает максимальную температуру в топке с 2050 до 1930 °C и содержание окиси азота в уходящих газах с 2200 до 500  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

В последние годы энергетики Японии, США, Германии все больше внимания уделяют сочетанию ступенчатого ввода топлива с рециркуляцией дымовых газов. Кроме ступенчатой подачи воздуха имеются дополнительные горелки, в которые небольшая часть топлива подается

газами рециркуляции. Выше этих дополнительных горелок размещают ряд воздушных сопел для дожигания продуктов неполного сгорания, образующихся в факеле дополнительных горелок. Этот метод организации топочного процесса называют иногда трехступенчатым сжиганием, так как в топке образуются как бы три зоны: основное ядро горения, восстановительная зона, в которой происходит частичное восстановление  $\text{NO}$  до  $\text{N}_2$  и зона дожигания в верхней части топки.

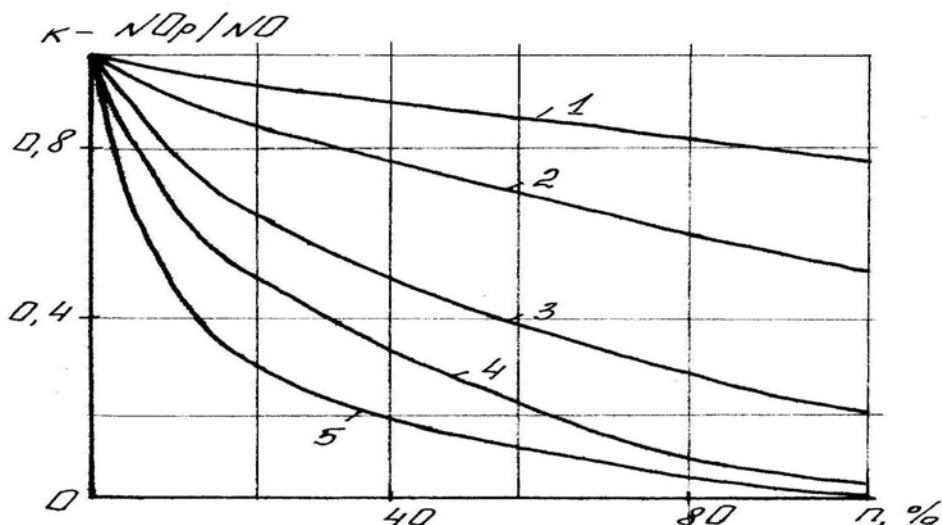


Рисунок 3 – Зависимость относительного выхода оксида азота от кратности рециркуляции  $\pi$ : 1 – адиабатическая рециркуляция; 2 - 5 – неadiaбатическая.

Применение горелочных устройств позволяет существенно снизить выбросы окислов азота. Эффект достигаемый с помощью такого метода, основан на снижении концентрации кислорода на начальном участке факела, где происходит воспламенение и горение летучих.

Исследования, проведенные на горелке с осевым и закрученным подводом воздуха, показали, что увеличение подачи части воздуха по внутренней трубе без закрутки в количестве 40% общего позволяет снизить образование окислов азота на 40% по сравнению с подачей всего воздуха закрученным в межтрубное пространство. При выдвигании в сторону топки внутренней трубы первичный воздух не принимает участия в начальной стадии горения и получается двухстадийное горение топлива.

Многочисленные опыты на котлах всех типов подтвердили, что снижение избытка воздуха в топке приводит к уменьшению концентрации  $\text{NO}_x$  в дымовых газах. При сжигании донецких каменных углей типа ГШ и ДМСШ в топках котлов ТПП-312 снижение коэффициента избытка воздуха за топкой от 1,3 до 1,1 уменьшало концентрацию окислов азота в дымовых газах примерно с 1,5 до 1,0 г/м<sup>3</sup> (в пересчете на  $\alpha = 1,4$ ).

Следует подчеркнуть, что на образование окислов азота влияет не сам коэффициент избытка воздуха на выходе из топки  $\alpha_T$ , а количество именно того воздуха, который подается в топку вместе с топливом. При сжигании природного газа с однофронтальным и встречным расположением горелок удалось на 25-31% снизить удельные выбросы окислов азота за счет уменьшения коэффициента избытка воздуха в отдельных горелках до 0,9 – 0,95 при общем коэффициенте избытка воздуха 1,06,

На мазутных котлах нестехиометрическое сжигание снизило выбросы  $\text{NO}_x$  на 21 – 26 % при общем коэффициенте избытка воздуха 1,05 – 1,07.

Наиболее дешевым методом денитрификации дымовых газов котельных установок является селективный некаталитический метод восстановления  $\text{NO}_x$  (SNR). Этот метод предусматривает ввод аммиака в высокотемпературную зону (870-1100 °C). В результате восстановительных реакций часть  $\text{NO}$  переходит в безвредный молекулярный азот.

Минимальный эффект по снижению выбросов  $\text{NO}_x$  (35%) был получен при сжигании высоковязкого мазута на котле блока 850 МВт, максимальный (83%) – при сжигании битуминозного угля на котле блока мощностью 50 МВт с фронтальным расположением горелок.

При этом раствор мочевины с добавками впрыскивался в поток дымовых газов, температура которого менялась от 700 до 1050 – 1100 °С.

Недостатками этого метода борьбы с оксидами азота являются высокая стоимость мочевины, а также возможность образования аммиака при повышенном стехиометрическом отношении

Наибольшее распространение на электростанциях Японии и Германии получил метод селективного каталитического восстановления  $\text{NO}_x$  (SCR). Благодаря наличию катализатора этот метод можно применять в зоне температур 320 – 400 °С. В качестве восстановителя здесь также используется аммиак, который необходимо тщательно перемешать со всей массой дымовых газов. При проскоке аммиака и при наличии в дымовых газах  $\text{SO}_3$  возможно протекание реакций, в результате которых образуются сульфат и бисульфат аммония. Каталитический реактор устанавливается обычно между экономайзером и воздухоподогревателем. Основным препятствием для широкого внедрения метода SCR является высокая стоимость катализатора, а также сравнительно большие эксплуатационные затраты.

Один из методов подавление образования окислов азота в топках котлов осуществляется с помощью пара. В паровых котлах теплота передается конвекцией, теплопроводностью и излучением. Дымовые газы при движении в газоходах котла вначале отдают теплоту конвекцией и лучеиспусканием наружной поверхности стенки котла. Воспринятая теплота вследствие теплопроводности материала стенки переходит от наружной поверхности к внутренней, а затем конвекцией передается воде (в котле и экономайзере), пару (в воздухоподогревателе) и воздуху (в воздухоподогревателе).

В результате между дымовыми газами и поверхностью нагрева происходит взаимный лучистый теплообмен. Согласно закону Стефана-Больцмана, количество теплоты, передаваемой от газов к стенке, определяется по формуле:

$$q = C_0 \cdot \varepsilon_{\text{пр}} \cdot \left[ \left( \frac{T_{\text{г}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\text{ст}}}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт/м}^2 \quad (20)$$

где  $C_0 = 5,67 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$  – коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  – приведенная степень черноты.

В данной работе ранее, мы получили уравнение для расчета концентраций окислов азота в продуктах сгорания, из анализа которого следует, что равновесная концентрация окислов азота возрастает с ростом температуры. Поэтому для подавления образования окислов азота необходимо снижать температурный уровень в топке. Но уменьшение температуры горения  $T$  приводит к уменьшению количества тепла в топке, а следовательно, к снижению производительности котла и его к.п.д. А это недопустимо.

Таким образом, уменьшая температуру в топке, мы должны повышать приведенную степень черноты  $\varepsilon_{\text{пр}}$ , которая определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{\text{г}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{ст}}} - 1}, \quad (21)$$

где  $\varepsilon_{\text{г}}$  – степень черноты объема продуктов сгорания;

$\varepsilon_{\text{ст}}$  – степень эффективная черноты стенки.

Из анализа формулы (21) следует, что приведенная степень черноты  $\varepsilon_{\text{пр}}$  увеличивается с ростом степени черноты объема продуктов сгорания  $\varepsilon_{\text{г}}$ , которая в свою очередь зависит от



температуры  $T$  и произведения  $pS/p$  – парциальное давление газов в смеси,  $S$  – толщина слоя газа.

Рассмотрим график зависимости степени черноты продуктов сгорания от температуры (рис. 4).

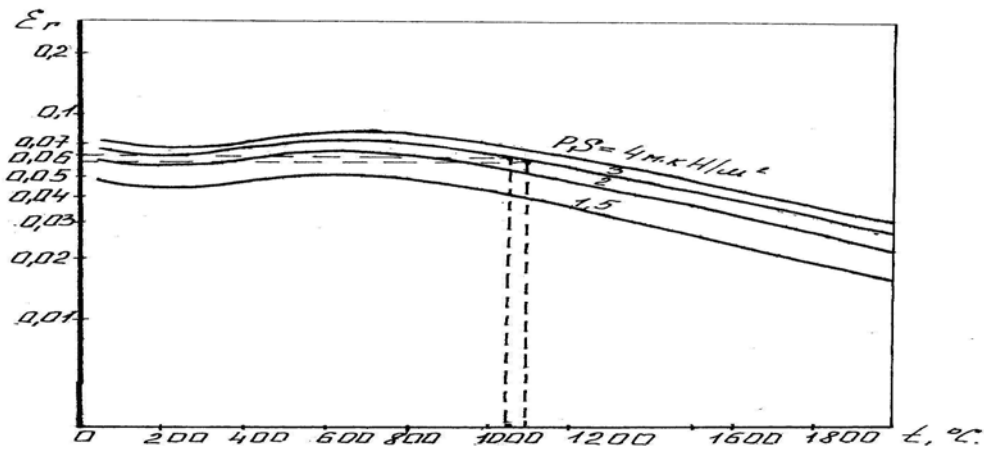


Рисунок 4 – График зависимости степени черноты продуктов сгорания  $\epsilon_r$  от температуры

Основными компонентами продуктов сгорания топлива являются  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Излучение продуктов сгорания является селективным. Энергия излучения водяных паров и углекислоты зависит от парциального давления газа  $p$ ,  $\text{Н/м}^2$ , толщины слоя  $S$  и температуры  $T$  и выражается формулами:

$$E_{\text{CO}_2} = 3,5(p_{\text{CO}_2} \cdot S_{\text{эф}})^{0,33} \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^{3,5}, \text{ Вт/м}^2; \quad (22)$$

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 3,5p_{\text{CO}_2}^{0,8} \cdot S_{\text{эф}}^{0,6} \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^3, \text{ Вт/м}^2; \quad (23)$$

Таким образом, степень черноты объема продуктов сгорания является функцией  $pS$  и равна:

$$\epsilon_r = \epsilon_{\text{CO}_2} + \epsilon_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \xi, \quad (24)$$

где  $\epsilon_{\text{CO}_2}$ ,  $\epsilon_{\text{H}_2\text{O}}$  – степени черноты  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , определяемые по номограммам;

$\xi$  – поправочный коэффициент для расчета степени черноты  $\text{H}_2\text{O}$ .

Вывод. Определено общее количество окислов азота; складывающееся из окислов азота, образующихся, при горении за счет окисления азота воздуха  $C_{\text{NO}}^{\text{B}}$  и за счет окисления азота топлива:

$$C_{\text{NO}} = C_{\text{NO}}^{\text{B}} + C_{\text{NO}}^{\text{T}}$$

Рассмотрены технологические методы подавления образования окислов азота в топках котлов, такие как рециркуляция дымовых газов в топочную камеру, ступенчатое сжигание топлива, применение специальных горелочных устройств, нестехиометрическое сжигание топлива, отключение части горелок, а также методы денитрификации дымовых газов котельных установок, к которым относятся селективный некаталитический метод восстановления  $\text{NO}_x$

(SNR), метод восстановления оксида азота с помощью раствора мочевины, метод селективного каталитического восстановления  $\text{NO}_x$ .

Рассмотрен метод подавления образования оксидов азота с помощью пара. В результате расчетов мы получили, что при снижении температуры дымовых газов, можно добиться не только уменьшения образования окислов азота, но и увеличения теплоотвода в топке на 1,98%.

#### **Библиографический список:**

1. Schneider T., Grant L. Air pollution by Nitrogen Oxides (Proceedings of the US-Dutch International Symposium Maastricht the Netherlands, May 24-28 1982). Amsterdam – Oxford – New York, 1982 – 247 p.
2. Рихтер Л.А., Вомсов Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций: Учебник для вузов. – М: Энергоиздат, 1981. – 296 с.
3. Лавров Н.В., Розенфельд Э.И., Хаустович Г.П. Процессы горения топлива и защита окружающей среды. – М.: Металлургия, 1981. – 240 с.

ВЫГОВСКИЙ Д.Д., ВЫГОВСКАЯ Д.Д., НЕЛЕПА Е.Ю., ХАТЮШИНА Е.Н. (Донецкий национальный технический университет)

## **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЛИКВИДИРУЕМЫХ ШАХТ И РАЗРАБОТКИ ПЛАНОВ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДОЙ**

*Основным принципом ОВОС является определение способов сохранения и нормализации окружающей среды, обеспечения требований экологической безопасности при ликвидации угольных шахт, путем проведения лабораторного контроля загрязнения окружающей среды. Для решения практических задач по снижению вредного экологического воздействия факторов, обусловленных ликвидацией угольных шахт, и обеспечения контроля эффективности проводимых мероприятий, разработан типовой план управления окружающей средой (ПУОС) закрываемых шахт, который является основным нормативным документом.*

*Основним принципом ОВНС є зазначення засобів збереження та нормалізації навколишнього середовища, забезпечення вимог екологічної безпеки при ліквідуванні вугільних шахт, шляхом проведення лабораторного контролю забруднення навколишнього середовища. Для вирішення практичних задач по зниженню шкідливого екологічного впливу факторів, обумовлених ліквідацією вугільних шахт та забезпечення контролю ефективності впроваджених заходів, розроблений типовий план управління навколишнім середовищем (ПУНС) шахт, який є основним нормативним документом.*

*The basic principles of EIA are definition method of preservation and normalizing environment, ensuring demand of environmental safety by liquidation on mine, way conduct laboratory's analysis of environment pollution. For solution practical problems for lowering of bad environmental influence factors, by liquidation on mine, and ensuring control of efficient measure, was elaborate standard plan management of environment (PME) by liquidation on mine it is main standard document.*

При ликвидации угольной шахты предусматриваются меры по предупреждению проявления всех действующих на шахте опасных и вредных факторов на окружающую среду. Все решения должны обеспечивать безопасные условия для жизни и здоровья людей в период, и после ликвидации предприятия и соответствовать требованиям взрывопожаробезопасности, экологических, санитарно - гигиенических и других действующих норм и правил. Все это требует проведения оценки воздействия и разработки планов управления окружающей средой.

Закрытие большого количества шахт существенным образом изменяет техногенные нагрузки и характер окружающей среды.

Такие изменения окружающей среды заключаются в том, что с одной стороны, прекращается отчуждение участков земель под породные отвалы шахт и подработка земной поверхности горными работами, загрязнение угольной пылью и метаном атмосферы при выводе отработанного воздуха и др., с другой стороны – на закрываемых (ликвидируемых) шахтах продолжают происходить горно-механические процессы, связанные с существенным изменением их характера связанного с полным или частичным затоплением горных выработок шахты.

Как показывает опыт, на территориях вокруг ликвидируемых шахт продолжается оседание земной поверхности, случаются её провалы, а в ряде случаев отмечаются тектонические явления в виде подземных толчков, часто происходит подтопление территорий и загрязнение прилегающих водозаборов, водоемов. Кроме того, наблюдается неконтролируемый выход газа метана и других газов на земную поверхность.

Необходимо отметить, что в основном отрицательные экологические явления проявляются не сразу после ликвидации шахты, а спустя месяцы и годы после прекращения горных работ на ликвидируемой шахте.

Основным принципом оценки воздействия на окружающую природную среду (ОВОС) является определение путей и способов сохранения и нормализации окружающей среды, обеспечения требований экологической безопасности при ликвидации угольных шахт. Это осуществляется проведением лабораторного контроля загрязнения окружающей среды. Контроль по видам загрязняющих веществ требуется проводить как во время ликвидации шахты, так и в постликвидационный период. Периодичность замеров необходимо проводить, по разрабатываемым планам - графикам контроля, в которых указываются также средства измерения и сроки для каждой шахты индивидуально и утвержденные в соответствующих инстанциях [1].

Одним из главных элементов комплекса мер по предупреждению и устранению неблагоприятных изменений параметров окружающей среды должна быть система постоянного мониторинга, обеспечивающая получение необходимой информации для принятия

своевременных, эффективных и целенаправленных решений по защите и восстановлению окружающей среды.

В основные задачи проводимого мониторинга окружающей среды входит [3]:

- выявление закономерностей формирования гидродинамической и гидрохимической обстановок в подземной гидросфере, развития неблагоприятных явлений и процессов на земной поверхности (подтопления, заболачивания, засоления);
- проведение наблюдения за изменением загрязнения почвенного покрова и за качеством атмосферного воздуха в районах отвалов, в опасных и угрожаемых зонах газовой выделенности;
- проведение контроля за деформациями земной поверхности подработанных шахтой территорий;
- проведение контроля за процессами газовой выделенности на горных отвалах ликвидируемых шахт;
- проведение радиометрического контроля породных отвалов и подземных вод, а также зданий, находящихся в потенциально опасных зонах.

Эти задачи решаются научно обоснованной организацией стационарных сетей наблюдения за состоянием окружающей среды.

Все это базируется на разработанном руководящим нормативным документом ГК «Укруглеструктуризация» совместно с Украинским научно-исследовательским институтом экологических проблем (УкрНИЭП), устанавливающим единые требования к организации и проведению постоянного мониторинга геологической среды на всех этапах ликвидации угольных шахт [5].

Основанными документами, определяющими принципы оценки воздействия на окружающую среду, являются: Законы Украины «Об охране окружающей природной среды», «Об экологической экспертизе», «Об охране атмосферного воздуха», Кодекс Украины «О недрах», Водный кодекс, а также «Положение о государственном мониторинге окружающей природной среды», утвержденное постановлением Кабинета Министров Украины от 23.09.93 № 785.

Необходимо отметить, что ликвидация угольной шахты очень часто сводит до минимума или исключает полностью вредное воздействие на отдельные компоненты окружающей природной среды региона. Исходя из этого, в документах и нормативных материалах ОВОС необходимо учитывать только те компоненты и объекты окружающей среды, на которые оказывается вредное влияние деятельностью по ликвидации угольных шахт.

К основным объектам и компонентам окружающей среды, требующим длительного мониторинга после ликвидации угольной шахты, следует отнести:

1. Газовые загрязнения атмосферы. Проводится контроль на первоначальном этапе ликвидации угольной шахты и дается оценка дебитов вредных газов, выбрасываемых в атмосферу с выходящими из шахты вентиляционными потоками. Необходимо определить участки земной поверхности, угрожаемые и опасные по выделению шахтных газов с учетом содержания родона, затем исследуется состав почвенного воздуха, устанавливается постоянный контроль состава воздуха в зданиях и сооружениях, расположенных в потенциально опасных зонах.

Для эффективной оценки газовой выделенности разрабатываются предложения по дегазации и локализации зон аномального газового потока из шахты на дневную поверхность, бурятся дегазационные скважины, обосновываются технические решения по каптажу и утилизации метана.

На длительный период, после ликвидации угольной шахты, предусматривается разработка, создание и обслуживание мониторинговой системы по оценке уровня газовых выделений на поверхность, эффективности дегазации выработанных пространств.

Наряду с этим разрабатываются и осуществляются меры, предотвращающие выделение на поверхность шахтных газов, создающих опасность газификации зданий и сооружений или наносящих вред сельскохозяйственным угодьям.

2. Воздушная среда региона. Проводится сбор информации для оценки уровня загрязнения воздушной среды наиболее распространенными токсичными веществами (оксид углерода, диоксид серы, сероводород, диоксид и оксид азота, углеводороды), о количестве и макрокомпонентом составе пыли необходимо организовывать сети постов. Наиболее целесообразная периодичность отбора проб – один раз в месяц. На некоторых опасных по газовой выделенности территориях при необходимости дополнительно проводится контроль концентрации фенола, аммиака и бензопирена, как наиболее распространенных примесей воздуха крупных промышленных городов.

3. Водные ресурсы и гидросфера. Проводится оценка и прогноз изменения гидрогеологической ситуации ликвидируемой шахты и связанных гидравлически смежных шахт, прогнозируется подтопление территории при прекращении откачки воды, влияние на водозаборы, речной сток (уровневый режим, ресурсы, химический состав и др.).

Для ликвидируемой шахты разрабатывается проект локальной сети гидронаблюдений за уровнем подземных и наземных вод с увязкой сети наблюдательных скважин с региональными сетями Госкомгидромета, Госкомгеологии и др. Производится расчет ожидаемых притоков и сроков возможных затоплений конкретных горизонтов.

План управления окружающей средой (ПУОС) должен предусматривать продолжение откачки воды ликвидируемой шахты до установки дополнительного насосного оборудования в смежных гидравлически связанных действующих шахтах, создание сети гидронаблюдательных скважин, оценку возможного влияния незатампонированных и технических скважин на уровень подземных вод и возможных водотоков, подтопления поверхности.

Долгосрочный период мониторинга после ликвидации угольной шахты предусматривает создание и обслуживание мониторинговой системы контроля уровня подземных вод, их качества, химического состава, содержания токсичных и вредных веществ, радиологической характеристики сбрасываемых поверхностных вод, их влияния на сточные, речные воды.

4. Водная среда региона. Проводится, на основании сравнительного анализа по всем факторам, оценка воздействия по расходам стоков, физико-химическим показателям очищенных стоков и водных объектов, делается прогноз влияния и изменения в воздействии на поверхностные воды в результате ликвидации (консервации) шахты.

Проводится оценка по источникам загрязнения поверхностных вод на полях шахт, которыми являются: породные отвалы, пруды-накопители, сбросный коллектор фекальных вод, водоотводные без экрана канавы, несовершенные очистные сооружения, поверхностные трубопроводы, затопленные шахты, неочищенные промышленные стоки предприятий.

Проводится контроль за изменением подземных вод и наблюдение за их уровнем режимом и качественным составом на локальных участках (зоны жилой застройки и подтопления, водозаборы и т.п.) путем формирования сети наблюдательных скважин. Обеспечение экологической безопасности требует следующих дополнительных мер:

- очистка всех видов откачиваемых шахтных вод;
- сброс очищенных вод главным образом в естественные русла;
- перезахоронение и утилизация отходов производства (химические отходы производства следует производить по методике захоронения радиоактивных веществ).

5. Нарушенные земли. Проводится оценка по результатам расчетов, выполненных в ОВОС, уточняются размеры санитарно-защитных зон у сохраняемых зданий, сооружений и породных отвалов. Производится рекультивация земель и определяется направление их использования.

Для защиты от влияния породных отвалов целесообразно проведение на расстоянии 10-30 м вокруг породных отвалов водоотводных канав с экранами мощностью 0,5 м из отбеливающих монтмориллонитовых глин, обладающих высокой сорбционной способностью, или сооружение противодиффузионных завес типа «стенка в грунте» глубиной 8 м, а также бурение водопонижающих скважин [3].

6. Оседания, деформации земной поверхности. Проводится контроль оседания земной поверхности, выявление зон ее возможных просадок, прогноз деформаций земной поверхности во времени для оценки возможного её подтопления. Для чего закладываются наблюдательные станции и производятся режимные наблюдения за сдвижением земной поверхности, по предупреждению и ликвидации ее просадок.

7. Породное хозяйство угольной шахты. При ликвидации угольной шахты составляется ситуационная карта состоящих на учете породных отвалов, шламоотстойников и отходов углеобогащения; изучаются породные отвалы для оценки их пожароопасного состояния (неопасные, потушенные, потенциально опасные, горящие), выявляются зоны возможного возгорания и разрабатываются меры по предотвращению возможного возгорания. Оценивается устойчивость поверхности породных отвалов.

Разрабатываются рекомендации по дальнейшему использованию каждого породного отвала: в качестве строительного материала, для извлечения полезных компонентов или для увлажнения, охлаждения и дальнейшего озеленения породного отвала.

8. Радиационная обстановка региона. При ликвидации угольной шахты проводится оценка уровнях ионизирующих излучений, их качественные и количественные параметры и степень их

опасности для окружающей среды. Возможными источниками радиационного загрязнения могут быть: пруды – отстойники шахтных вод, шламо- и илонакопители, отдельные очаги на поверхности грунта в пределах горного отвода. Так, например, на шахте «Луганская» п.о. «Стахановуголь» в отстойниках шахтных вод и отвалах шлама мощность дозы гамма-излучения достигает 100-700 мкР/ч, а площадь радиоактивного загрязнения поверхности промплощадки шахты (несколько тысяч квадратных метров) дозой выше 30 мкР/ч. [5, 6].

Систематический радиационный контроль (содержание радона и мощности дозы  $\gamma$  - излучения как части радиэкологического мониторинга окружающей среды) проводится по методике или с участием Украинского научно-исследовательского института экологических проблем (УкрНИИЭП) с разработкой мероприятия по уменьшению радиоактивных воздействий на окружающую среду.

Вышеуказанные материалы готовятся подразделениями санитарно-эпидемиологической станции. При необходимости ликвидации очагов радиационных излучений проекты выполняются специализированной проектной организацией. В случае потребности в проектах предусматриваются затраты на проведение родонового мониторинга. При наличии на шахте источников радиоактивного (ионизирующего) излучения (контроль загрузки скипов, контроль уровня горной массы в бункерах и т.д.) работы по демонтажу этих приборов и захоронению источников осуществляет специализированный центр «Углеизотоп».

Итоговым документом ОВОС является заявление об экологических последствиях ликвидации угольного предприятия, которое подписывается заказчиком и генеральным проектировщиком с последующим контролем органов местной власти, на территории которой находится ликвидируемая шахта.

Решение практических задач по снижению вредного экологического воздействия процессов (факторов), обусловленных ликвидацией (закрытием) угольных шахт, обеспечению контроля эффективности проводимых мероприятий и рациональным использованием горного отвода УкрНИИМИ и ГК «Укруглереструктуризация» разработан типовой план управления окружающей средой (ПУОС) закрываемых шахт КД 12.12.201- 97, который является основным нормативным документом [2,4].

В соответствии с этим документом учитывается комплекс следующих основных факторов: земельные ресурсы, недра, водные ресурсы, атмосферу, поверхностные газовые выбросы, оседание поверхности, породные отвалы, промышленные отходы.

Для управления окружающей средой создается базовая топографическая основа - план поверхности в пределах шахтного поля. На плане поверхности наносятся надземные здания и сооружения, шахтные стволы и околоствольные сооружения, породные отвалы, пруды-отстойники, трассы электропередач, трубопроводов и иных коммуникаций. Кроме того, указываются выходы угольных пластов и тектонических нарушений под наносы, места расположения устьев старых вертикальных и наклонных выработок. Указываются границы выработанного пространства и старых горных выработок на глубинах до 80 м, а с учетом 1,25 кратного ухудшения условий вследствие возможного подтопления – на глубинах до 100м. Производятся маркшейдерские работы по дифференциации шахтного поля на участки с различными (по группам территорий) прогнозными деформациями земной поверхности ликвидируемой угольной шахты с указанием сроков завершения их развития. Объектами управления являются все возможные источники воздействия на окружающую среду, оставшиеся после закрытия и в процессе ликвидации угольных шахт.

9. Ландшафтно-восстановительные мероприятия. Для конкретной ликвидируемой угольной шахты план управления окружающей средой (ПУОПС) может включать и другие виды работ и мероприятия, учитывающие особенности шахтных полей.

Эти мероприятия выполняются в течение длительного времени.

Ландшафтно-восстановительные мероприятия должны включать в себя следующее: переформирование и снижение уровня породных отвалов; перемещение породы из отвалов в горные выработки и засыпку породой ликвидируемых стволов; озеленение породных отвалов; засыпку воронок и провалов на земной поверхности; осушение и засыпку прудов-отстойников; вывоз промышленных отходов; рекультивацию земель; восстановление растительного покрова почвы.

Разработанные в проектах ликвидации угольных шахт меры, обеспечивают весь комплекс вопросов производственной и экологической безопасности населения шахтерских городов и поселков, с учетом накопившихся за весь многолетний период работы шахты проблем. Вместе с

тем следует заметить, что Министерство охраны окружающей природной среды и ядерной безопасности в качестве приоритета выделяют разработку мер по предотвращению подтоплений территорий, загрязнения водоемов, засоления грунтов и скопления метана под застроенными территориями.

Проведение оценки воздействия на окружающую среду необходимо создать постоянно действующие комплексные геолого-гидрогеологические модели наиболее сложных участков по территориям ликвидируемых шахт с целью анализа и прогноза ситуации и для оптимизации управленческих решений по охране окружающей среды, сформировать информационную картографическую и фактографическую базу данных с использованием современных компьютерных технологий.

И, наконец, специалисты-экологи считают, что было бы целесообразно провести комплексное обследование регионов ликвидируемых угольных шахт, инвентаризацию имеющихся материалов для регионального экологического районирования, обоснования содержания, состава планов управления окружающей средой (ПУОС) и первоочередности проведения природоохранных мероприятий.

#### **Библиографический список:**

1. Косков И.Г., Докукин О.С., Кононенко Н.А. Концептуальные основы экологической безопасности в регионах закрытия шахт // Уголь Украины. – 1999. – № 2. – С.15-18.
2. Сляднев В.А. Факторы влияния массового закрытия шахт на эколого-геологическое состояние Донбасса // Уголь Украины. – 2001. – №7. – С. 18-20.
3. Технология закрытия (ликвидации) угольных шахт: Учеб. пособие вузов / Под ред. И.Ф. Ярембаша. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 238с.
4. Типовой план управления окружающей средой (ПУОС) закрываемых шахт. (Требования к проектированию и организации работ по снижению негативного влияния закрытия шахт на экологическую ситуацию углепромышленных регионов). УкрНИМИ, 1997. – 26 с.
5. Ермаков В.Н., Улицкий О.А., Выростков И.В. Организация мониторинга в природной и техногенной средах Стахановского региона // Уголь Украины. – 2001. – № 11-12. – С. 54-56.
6. Ермаков В.Н., Петренко С.Я., Касимов О.И., Кочерга В.Н. О предотвращении выделения газов из ликвидируемых шахт Стахановского региона // Уголь Украины. – 1999. – № 5. – С. 15-17.

АРТАМОНОВ В. М., МАРТИНОВА О. А. (Донецький національний технічний університет), ЖУКОВ С. П. (Донецький ботанічний сад НАН України)

## **ПОРІВНЯЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ДОНЕЦЬКОГО ТА ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ПРОМИСЛОВИХ РАЙОНІВ**

*Показано екологічні аспекти впливу відвалів вугільних шахт на довкілля на основі аналізу ситуації у Донецькому та Червоноградському промислових районах.*

*Показаны экологические аспекты влияния отвалов угольных шахт на окружающую среду на основе анализа ситуации в Донецком и Червоноградском промышленных районах.*

*The ecological aspects of influencing waste heap of mines on the ecological state on the basis of an existing situation method in Donetsk and Chervonograd industry regions.*

З метою порівняння деяких екологічних аспектів впливу відвалів вугільних шахт (ВВШ) на довкілля, а також особливостей ВВШ як антропогенних екотопів нами було проаналізовано присвячену згаданій проблемі монографію У. Б. Башуцької [1] та відповідні роботи науковців Донбасу [3, 6, 9–10].

Відомо, що промислово девастровані землі навіть у відносно сприятливих умовах виводяться з екологічного кругообігу на десятки років, а відвали фітотоксичних порід – навіть на сотні років. В Україні ж під гірничими відводами знаходиться близько 154000 гектарів земель [2]. Якщо взяти до уваги загальний надзвичайно високий рівень антропогенної трансформації території країни і мало не найвищу у світі щільність населення, то проблема відродження девастрованих земель перетворюється в одну з найактуальніших.

Монографія [1] містить послідовне розкриття проблеми зниження шкідливого впливу ВВШ Червоноградського промислового району (Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн) на довкілля.

Автор розглянула досвід лісової рекультивациі відвалів різноманітного генезису (переважно ВВШ) у зарубіжних країнах, СНД та Україні. У. Б. Башуцька акцентує увагу на наукових аспектах рекультивациі та її результатах у вигляді створення стійкого рослинного покриву, здатного протистояти жорстким едафічним та мікрокліматичним умовам відвалів. Відзначено певний внесок у розробку теоретичних і практичних засад рекультивациі науковців Донбасу.

Слід зауважити, що саме у Донбасі вперше були створені спеціалізовані підрозділи, що запроваджували озеленення відвалів численних вугільних шахт. Згадані підрозділи було залучено до створення на базі Донецького наукового центру об'єднання „Рекультивациія”. Діяльність об'єднання базувалася на рекомендаціях науковців Донецького ботанічного саду [3]. У подальшому теоретичний досвід з рекультивациі було узагальнено [4], а методичні рекомендації з практичних заходів були затверджені як базові для інститутів, що складають проекти рекультивациі ВВШ [5]. Досвід рекультивациі дає можливість постійно вдосконалювати рекомендації щодо асортименту фітомеліорантів і агротехніки їх посадки та вирощування [6].

Особливості географічної зони, у якій розташований Донбас, майже виключають можливість лісової рекультивациі, принаймні у випадку ВВШ, з їх екстремально напруженими едафічними та геоморфологічними умовами, розташованістю у густонаселених районах тощо. Тому пріоритетним напрямком рекультивациі у даному випадку вважається санітарно-гігієнічний, який не приносить прямого прибутку, а лише „консервує” екологічно небезпечний об'єкт під густою рослинністю. Великі витрати вкупі з відсутністю прямого економічного ефекту досі являються основним чинником наявності у Донбасі безлічі нерекультивованих ВВШ.

Аналізуючи природно-кліматичні особливості Червоноградського промислового регіону, У. Б. Башуцька відзначає їх сприятливість для сукцесійного розвитку рослинності на породах шахтних відвалів. До таких особливостей належить, перш за все, достатній рівень вологості – у середньому 720 мм опадів на рік, що до того ж випадають відносно рівномірно протягом року. У Донбасі відповідний показник становить лише 450–500 мм, і опади трапляються переважно у вигляді короткочасних літніх злив, часто з градом. Такі дощі навіть не встигають промочити ґрунт на істотну глибину; вода стікає у низини та дрібні річки (до речі, саме ця особливість опадів



є однією з основних причин накопичення у степових ґрунтах Донбасу великої кількості гумусу і утворення тучного чорнозему, що зберігся, на жаль, лише у заповідних об'єктах).

Середньорічна температура повітря у районі, досліджуваному У. Б. Башуцькою, становить 6,8°C. У Донбасі вона дорівнює 8,2°C [7]. Найтеплішим місяцем у Червоноградському районі, як і у Донбасі, є липень, середня температура якого, за довідкою У. Б. Башуцької, становить +17,5°C (проти +22,3°C у Донецькій області). Крім того, Донбас відомий суховіями та пиловими бурями, що починаються наприкінці весни і періодично відбуваються влітку. Зимові кліматичні негаразди Донбасу – незначний або зовсім відсутній сніговий покрив, глибоке промерзання ґрунту, коливання температури, відлиги з наступними ожеледицями, ожеледі. Таким чином, кліматичні умови Донбасу можна вважати дуже напруженими взагалі, а стосовно рослинності навіть екстремальними.

Слід додати, що на мікроклімат Донбасу впливає надзвичайно висока концентрація промислових підприємств (гірничо-видобувних, металургійних, металообробних, хімічних), енергетичний комплекс на базі вугільних ТЕС із морально застарілим і зношеним обладнанням, що зумовлює найвищу в Україні кількість повітряних емісій у вигляді пилу, метану, оксидів вуглецю, азоту та сірки, фенолу, аміаку, сірководню, формальдегіду та ін. На долю Донецької області припадає 34 % загальної кількості атмосферних викидів від стаціонарних джерел України. У 2005 р. щільність викидів від стаціонарних джерел складала 61,8 т на квадратний кілометр, або 352,7 кг забруднювачів на душу населення, що відповідно у 8,4 та 3,7 рази перевищує середній рівень по країні. Щільність населення області є найвищою в Європі і дорівнює 175,3 чоловік на квадратний кілометр [8]. Атмосферні забруднювачі викликають явища смогу та кислотних дощів, сприяють загальному парниковому ефекту і значно ускладнюють мікроклімат урбанізованих територій. Природно, що ВВШ, розташовані переважно саме у межах згаданих територій, аж ніяк не можуть уникнути додаткового ускладнення власного мікроклімату. Так, швидкість вітру на верхівках та гребенях хвостової частини териконів перевищує таку на вулицях міст у 4–6 разів, при цьому на поверхні породи утворюється щільна кірка. Подібні „залізани” вітром ділянки спостерігаються на випуклих елементах рельєфу відвалів будь-якого генезису [4]. Вітер охолоджує поверхню відвалів, але водночас висушує її. Температура порід ВВШ влітку сягає 67 °, а різниця температур північної і південної експозицій становить 10–12 °, інколи 20 ° [ibid.]. У. Б. Башуцька повідомляє про дуже близькі показники мікроклімату на досліджуваних нею відвалах: поверхня породи нагрівається до 63 °, а різниця температур по експозиціях сягає 12–14 °; автор пояснює цей факт темним кольором породи, що поглинає теплові промені.

Мінералогічний склад порід ВВШ Червоноградського промислового району відрізняється від такого ВВШ Донбасу перш за все вмістом сірчанних сполук. Ці сполуки, переважно пірит, при контакті з атмосферним повітрям, вологою і тіоновими бактеріями окислюється, а згодом породи займаються внаслідок накопичення тепла та залучення у процес органічних сполук і горючих газів. Чим більше сірки містить порода, тим швидше та інтенсивніше вона займається. Горіння призводить до утворення маси нових хімічних сполук, які вступають у подальші реакції. Численні продукти цих реакцій мають різний агрегатний стан і високу хімічну агресивність. Вони поступають у довкілля, отруюючи атмосферу, ґрунти і водойми.

Судячи з описання відвалів, досліджуваних У. Б. Башуцькою, не всі вони схильні до горіння, оскільки вміст сірки у породах невисокий. В той же час майже всі породи ВВШ Донбасу, у яких вміст сірки сягає 6 % і більше, схильні до горіння. За умов відсутності профілактичних заходів відвали горять протягом десятиріч, безладно і безсистемно, отруюючи довкілля і набуваючи схильності до обвалів, зсувів, розколів та інших катастрофічних проявів.

Породи ВВШ Донбасу, є непридатними до біорекультивациі за фізичними показниками як важко вивітровані скельні, а за хімічними – як такі, що містять понад 0,5 % сірки та її сполук. рН перегорілих порід у більшості випадків знаходиться у межах 3,0-4,0, а на горизонтальних елементах плоских відвалів, де вимивання сірчаної кислоти уповільнене, навіть 1,2–2,0. Вміст рухомих форм калію у свіжій породі становить 29 мг / 100 г, у перегорілій – 17–19 мг / 100 г, фосфору відповідно 1 та 2 мг / 100 г, азоту – 0,019 та 0,011–0,012 мг / 100 г породи [4]. За даними У. Б. Башуцької, фізичні властивості досліджуваних нею порід сприятливі лише у випадку насипних ґрунтів, відвальні ж породи сильнокам'янисті, із рН у межах 4–5. Як бачимо, такий показник рН відповідає класу малоприсадибного до рекультивациі порід. Вміст поживних елементів у доступних формах істотно відрізняється від порід Донбаських ВВШ: калію як у свіжих, так і у перегорілих породах менше у 25 разів, фосфору – у 3 і 7 разів, але вміст азоту перевищує відповідний показник Донбаських ВВШ у десятки разів. Породи Червоноградських ВВШ автор

відносить до малозабезпечених поживними для рослин елементами. Таким чином, породи Донбаських ВВШ слід визнати вкрай несприятливими для біорекультивациі. Породи Червоноградських ВВШ не настільки агресивні. Їх фізико-хімічні властивості втрачають негативне значення, оскільки великі площі відвалів вкрито насипними ґрунтами із сприятливими властивостями.

Доцільно взяти до уваги, що ВВШ Донбасу, на відміну від ВВШ Червоноградського району, високі (переважно 70–100 м) і компактні (здебільшого конічної та хребтової форми). Компактність у даному випадку не зменшує, а значно збільшує екологічну небезпеку: давно відомо, що саме конічні і хребтові відвали горять особливо інтенсивно і найбільш схильні до саморуйнування. ВВШ Червоноградського району, навпаки, мають переважно плоску форму і невелику порівняно з Донбаськими висоту – максимум 50 м.

Таким чином, рекультивациа ВВШ Донбасу, безперечно, повинна бути більш складною і витратною порівняно з рекультивациєю ВВШ Червоноградського району, а перспективи цієї рекультивациі апіорі менш визначеними. Факторами, що лімітують розвиток рослинності на Донбаських ВВШ, являються фізико-хімічні властивості порід, гідротермічні показники клімату регіону та мікроклімату відвалів, геоморфологія відвалів.

Про уповільнення сукцесійного розвитку біоценозів ВВШ Донбасу свідчить той факт, що навіть на найстаріших (понад 100 років) з них відзначається лише тенденція рослинних угруповань до зближення з типовими зональними фітоценозами. На відвалах, досліджуваних У. Б. Башуцькою, ця тенденція вже реалізується, незважаючи на порівняно малий вік відвалів (20–50 років).

На відвальних екотопах Донбасу спостерігається чітка диференціациа рослинності по експозиціях: мікроклімат схилів тіньової експозиціі складається без участі прямих сонячних променів, отже, притаманні регіону перегрівання та висушування ґрунту тут відсутні. На таких схилах набагато краще, ніж навіть на горизонтальних ділянках, почувається рослинність (як природна, так і висаджена). Південні ж схили формують мікроклімат, який ще більше ускладнює і без того напружені гідротермічні умови; в яких можуть вижити лише максимально стійкі та невибагливі види, більше притаманні зоні сухих степів та напівпустель.

Найважливіший аспект монографіі У. Б. Башуцької – аналіз флори, який є, як відомо, відправним пунктом будь-якого геоботанічного дослідження. Незважаючи на порівняно невелику кількість обстежених ВВШ Червоноградського району, їх флористичне багатство досить високе: 271 вид вищих судинних рослин із 190 родів та 59 родин. Спектр родин у Червоноградському районі виявився близьким до такого природної флори. Цей факт, а також екологічна структура відвальної флори вказують на високий ступінь відповідності екотопів ВВШ вимогам природної рослинності.

У. Б. Башуцькій вдалося побудувати сукцесійні ряди рослинності для досліджуваних відвалів. На нерекультивованих ВВШ спонтанне заростання починається приблизно через десять років після початку окислення. Піонерами освоєння порід виступають типові для зональних фітоценозів види – *Betula pendula* L., *Populus tremula* L., а подальший хід сукцесій визначається мікрокліматом ділянки, який залежить від рельєфу. Так, на схилах до згаданих видів приєднуються мохи та *Pinus sylvestris* L., а плато і підніжжя насичуються трав'янистими видами, особливо руде рантами. Деревна рослинність цих елементів пригнічена, на відміну від схилів, але у всіх випадках рослинність є деревно-злаковою. Передостання стадія сукцесії спрогнозована автором і є деревно-чагарниково-злаковою для всіх елементів, а останньою стадією, звичайно, буде притаманна зоні досліджень сосново-дубова, причому очікується домінування сосни звичайної, оскільки породи відвалів мають легкий механічний склад.

За даними багаторічних досліджень ВВШ Донбасу, систематизованих у 1980 р., було встановлено, що стадія окислення породи триває від 10 до 60 років, і в цей час критичні значення рН лімітують поселення рослинності. Воно починається тільки на стадії вимивання, коли рН підвищується до 4–5. Заростання починається з підніж хвостових частин відвалів. Піонерами освоєння порід є анемохорні однорічники *Reseda lutea* L., *Salsola ruthenica* Iljn, *Polygonum aviculare* L., які згодом утворюють невеличкі куртинки. Ця стадія може тривати 10–20 років, і весь цей час рослинність істотно не змінюється – ерозійні процеси травмують, пригнічують або навіть знищують її, і заростання починається з початку. Тільки на стадії масового поселення рослин, коли едафічні умови покращуються, а ерозія уповільнюється, починається перехід до простих, а згодом – складних рослинних угруповань. Їх проективне вкриття сягає 30–60 %, угруповання включають десятки видів, переважно рудерантів (69 %). Чисельність багаторічних видів зростає до

42 %, однорічних знижується до 31 %. Ані дерев, ні чагарників серед них майже немає, оскільки насіння їх не потрапляє на відвали, а якщо і потрапляє, то гине. Лише у окремих випадках деревна рослинність з'являється у вигляді *Robinia pseudoacacia* L., *Populus nigra* L., *P. tremula* L. Дуже цікавим є той факт, що згадані види можуть оселитися в екотопі навіть на стадії окислення, коли інших рослин немає. На стадії вимивання зрідка трапляється *Betula verrucosa* Ehrh., але тільки за умови наявності поблизу джерела насіння, що трапляється нечасто. Виявилося, що природним шляхом на ВВШ Донбасу оселюється 93 види трав, 9 видів дерев та чагарників, 6 видів мохів. На найстаріших (понад 100 років) відвалах утворюється 15–20-сантиметровий гумусований шар із вмістом гумусу до 4 %, а рослинність вже наближається до типово зональної (різнотравно-ковилової степової) [4].

Дослідження сукцесій рослинності ВВШ на такому рівні, який є у монографії У. Б. Башуцької у Донбасі більш проблематичне, враховуючи високе різноманіття і величезну кількість ВВШ (близько 1200). Сучасне обстеження 47 різноманітних ВВШ дозволило виявити набагато більше, ніж до 1980 р., рослин, а саме 262 види вищих судинних, які належать до 175 родів та 49 родин, при цьому 244 види з'являються спонтанно. Порівняно з флорою оточуючих урбанізованих територій (1100 видів, 449 родів, 95 сімейств) ці показники досить бідні. У флорокомплексі спектр родин відрізняється від природного, він помітно бідніший. Домінують родини *Asteraceae*, *Poaceae*, *Brassicaceae*, *Cariophyllaceae*, *Rosaceae*. Сукцесії рослинності ВВШ мають три стадії. Рангова кореляція систематичної структури сукцесійних стадій з відповідним природним об'єктом навіть на останній стадії не перевищує 0,27 [9]. Сукцесійні зміни рослинності ВВШ характеризуються „каскадним ефектом”, який полягає у нерівномірності поселення нових видів. Це зумовлено особливою динамікою факторів середовища, у тому числі біотичних. До того ж у окремі роки сукцесійний розвиток рослинності ВВШ гальмується напруженими погодними умовами, спостерігаються навіть зворотні процеси, що приводить до необхідності використання непрямих статистичних методів ординації [10].

У останньому розділі монографії У. Б. Башуцької розглянуто питання регуляції сукцесій рослинності на ВВШ. Вказані шляхи збереження рослинних угруповань, які утворюються шляхом самозаростання, стимуляції їх подальшого розвитку тощо. Запропоновано схеми штучних лісових насаджень на окремих елементах рельєфу. Подібні дослідження проводилися і у Донбасі: вченими Донецького ботанічного саду розроблено асортимент трав'янистих, деревних і чагарникових рослин, найбільш перспективних при рекультивативній різниці елементів рельєфу на різних стадіях вивітрювання порід (стадії окислювання, вимивання, масового поселення рослин) [3-6].

Обмін досвідом фахівців у справах рекультивативній, геоботаніків, екологів може виявити безліч напрямків співробітництва з метою поліпшення стану земель та довкілля взагалі. Таке співробітництво особливо доцільне, зважаючи на різноманіття природно-кліматичних умов і порушених земель України.

#### Бібліографічний список:

1. Башуцька У. Б. Сукцесії рослинності породних відвалів шахт Червоноградського гірничопромислового району. – Львів: РВ НЛТУ України, 2006. – 180 с.
2. Дорогунцов С. І., Хвесик М. А., Горбач Л. М., Пастушенко П. П. Екосередовище і сучасність. Т. 1. Природне середовище у сучасному вимірі. – К.: Кондор, 2006. – 424 с.
3. Рева М. Л., Бакланов В. И., Буевский Н. М. Временные рекомендации по озеленению породных отвалоугольных шахт и обогатительных фабрик Донбасса. – Донецк: ЦБНТИ Минуглепрома УССР, 1974. – 20 с.
4. Промышленная ботаника / Кондратюк Е. Н., Тарабрин В. П., Бакланов В. И. Бурда Р. И., Хархота А. И. – К.: Наук.думка, 1980. – 260 с.
5. Методические рекомендации по биологической рекультивации площадей плоских породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик Украинской ССР. – Донецк: ЦБНТИ Минуглепрома СССР, 1990. – 54 с.
6. Башкатов В. Г., Торохова О. Н., Жуков С. П. Рекомендации по формированию мелиоративного растительного покрова на отвалах угольных шахт Донбасса. – Донецк, 2002. – 35 с.
7. Донбас заповідний. Науково-інформаційний довідник-атлас / Під ред. С. С. Куруленко, С. В. Третьякова. – Донецьк, 2006. – 160 с.

8. Земля тривоги нашої. Матеріали доповіді про стан навколишнього середовища в Донецькій області у 2005 р. – Донецьк, 2006. – 108 с.
9. Жуков С. П. Про напрям антропогенної сукцесії рослинності відвалів вугільних шахт Донбасу // Укр. ботан. журн. – 1999. – 56, № 3. – С. 249–254.
10. Жуков С. П. Каскадний ефект первинної сукцесії рослинності на відвалах вугільних шахт Донбасу // Укр. ботан. журн. – 1999. – 56, № 1 – С. 5–10.

СИНЕЛЬНИКОВ С.Д., РАК Ю.П., РАК Т.Є. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПРОДУКЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

*Запропонована методика ідентифікації об'єкта надзвичайної ситуації, проаналізовано фінальні стани надзвичайної ситуації та представлена формалізація їх опису.*

*Предложена методика идентификации объекта чрезвычайной ситуации, проанализировано финальные состояния чрезвычайной ситуации и представлена формализация их описания.*

*Offered method of authentication of object of extraordinary situation, it is analysed the final states of extraordinary situation and presented formalization of their description.*

**Вступ.** Для прийняття рішення керівником під час ліквідації надзвичайної ситуації природного та техногенного характеру щодо дій оперативно-рятувальних підрозділів необхідно опрацювати великий інформаційний масив даних і знань з метою визначення фінального стану такої ситуації.

Аналіз літературних та інформаційних джерел [5-17], що стосуються питань ліквідації пожежі чи надзвичайної ситуації, показав перспективність поєднання продукційних моделей з фреймовими і мережними для забезпечення найбільш точної і правильної оцінки їх стану проходження. В продукційних моделях знання можна описувати на основі семантичних мереж, а операції над ними задавати як продукції, що зумовлюють зміну одного фрагменту мережі на інший. Крім цього, продукційні моделі характеризуються такими позитивними ознаками:

- представлення знань у вигляді продукції;
  - модульність;
  - здатність продукційних систем реалізувати будь-які алгоритми;
  - легкий розподіл продукції (інформації) за сферами застосування.
- Продукційну систему зручно представляти у вигляді графів (рис.1)

Для такої продукційної системи (рис.1) мережу виведення можна формалізувати у вигляді:

$$A \rightarrow K$$

$$B \rightarrow K$$

$$B, G \rightarrow Z$$

$$G \rightarrow J$$

$$D, K \rightarrow U$$

Таким чином, як видно із граф-схеми (рис. 1) щоб вирішити задачу  $U$ , необхідно вирішити і задачу  $D$ , і задачу  $K$ . Вирішення задачі  $K$ , в свою чергу, потребує вирішити або  $A$ , або  $B$ . Отже мережа виведення для кожної задачі є структурною, близькою до традиційних І-АБО-графів.

Реалізація продукційної системи можлива за умов ідентифікації (розпізнання) об'єктів з метою віднесення їх до того чи іншого класу надзвичайних ситуацій. Схему розпізнавання об'єкта можна представити у вигляді (Рис.2)

У зв'язку з тим, що задачі, які необхідно розв'язувати при ліквідації надзвичайних ситуацій, є одним складним багатокроковим процесом, який вимагає розробки складних моделей, побудованих на основі залучення інформаційних технологій, ефективність функціонування таких моделей досягається шляхом залучення експертних методів, методів теорії штучного інтелекту. Така кібернетична система суттєво полегшує роботу фахівців і дозволяє виробляти, на основі достовірних даних, правильні рекомендації щодо ліквідації надзвичайної ситуації ( $Pe$ ).

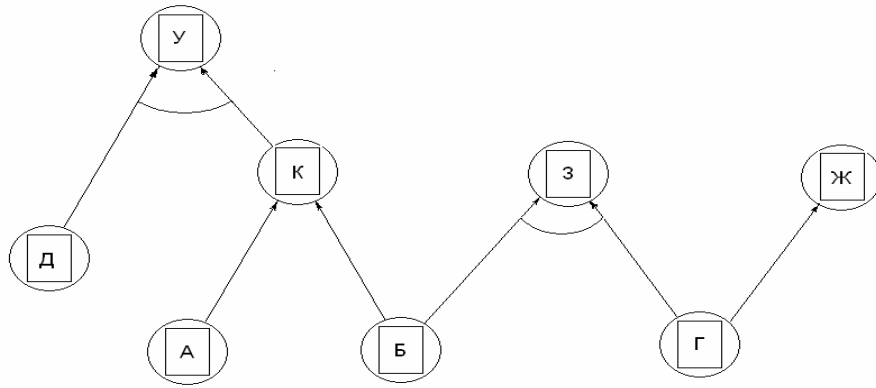


Рисунок 1 – Граф-схема продукційної системи визначення фінального стану надзвичайної ситуації

Формалізуючи вищесказане [1-4] отримуємо залежність:

$$Pe = \{Zx, Oob, El, Lik, PB, Dem, Oi\}, \quad (1)$$

де  $Zx$  - множина значень рекомендацій для уникання вибухонебезпечної концентрації паливо-повітряної суміші в зоні пожежі;

$Oob$  - множина значень рекомендацій стосовно заходів для охолодження об'єктів та захисту від вибуху;

$El$  - множина значень рекомендацій стосовно заходів для забезпечення евакуації людей;

$Lik$  - множина значень рекомендацій стосовно заходів для усунення можливих причин витікання небезпечних речовин;

$PB$  - множина значень рекомендацій стосовно заходів для ізолювання небезпечної зони;

$Dem$  - множина значень рекомендацій стосовно заходів для визначення об'єктів інфраструктури, що знаходяться в зоні дії надзвичайної ситуації.

Перший етап вироблення рекомендацій визначається станом надзвичайної ситуації безпосереднього об'єкту ( $x_1'$ ), сусідніх об'єктів ( $x_2'$ ), які знаходяться у небезпечних зонах надзвичайної ситуації, а також способом ліквідації пожежі ( $x_3'$ ) у саме такому об'єкті.

Процедура ( $x_1'$ ) здійснюється за допомогою узагальненого продукційного правила.

Виявлення об'єктів інфраструктури, які знаходяться в небезпечних зонах аварії здійснюється виконанням процедури ( $x_2'$ ) та формалізується у вигляді виразу:

$$\begin{aligned} x_2' &= [[\{\ddot{a}em'_{2n}\} = \{e_n^{fs}\} \wedge \{\ddot{a}et'(t_2)\} \wedge \{\ddot{a}em''(t_2)\}] \rightarrow \\ &\rightarrow [\{CO_2\} = \{oa_{\xi_1}^{\xi}\} \wedge \{ia_{\xi_2}^{\xi}\} \wedge \{e\ddot{e}'_{\gamma}\}]] \end{aligned} \quad (2)$$

де  $de m'_{2n} \in EHC$ ,  $EHC \subset Z$  - підмножина множини надзвичайних ситуацій  $Z$ , що враховує розвиток і наслідок надзвичайної ситуації  $e_n^{fs}$ ;

$de m'_0(t_2) \in De m'$ ,  $de m''_0(t_2) \in De m''$  - визначення розмірів небезпечних зон аварії;

$\tilde{N}\hat{I}_{2_{\xi}} \in \tilde{N}\hat{I}$ ,  $CO \subset Z$  - підмножини множини надзвичайних ситуацій  $Z$ , які враховують стан об'єктів в зоні надзвичайної ситуації;

$ob_{\xi_1}^3$  - об'єкти, які знаходяться у зонах надлишкового тиску фронту ударної хвилі від вибуху паливо-повітряної суміші;

$ob_{\xi_2}^3$  - об'єкти, які потерпають від полум'я пожежі;

$el'_\gamma \in El'$  - рекомендації щодо евакуації людей із небезпечної зони надзвичайної ситуації.

Ітерація застосування процедур  $x'_1, x'_2$  завершується за умови відсутності вибухопожежонебезпечних об'єктів в зоні надзвичайної ситуації, що супроводжується пожежею.

За допомогою  $x'_3$  визначається спосіб гасіння пожежі та охолодження об'єкта надзвичайної ситуації із врахуванням уникання концентрації вибухонебезпечних парів та описується таким кортежем:

$$x'_3 = \{Z, A, Zx, Oob, Пб\}, \quad (3)$$

де:  $A$  - множина властивостей речовини, яка враховує фізико-хімічні пожежовибухонебезпечні властивості та стан безпеки людини.

Для кінцевого прийняття рішення керівником гасіння пожежі щодо дій оперативно-рятувальних підрозділів на пожежі з можливістю залучення техніки і технологій, інших організацій та забезпечення чіткої взаємодії з громадськими організаціями і органами самоврядування необхідна інформація про фінальний стан надзвичайної ситуації.

Множина фінальних станів  $fZ(t_i)$  надзвичайної ситуації містить у собі множини  $HB$ ,  $TB$ ,  $ЯТВ$ , тобто:

$$fZ(t_i) = \{HB, TB, ЯТВ\}, \quad (4)$$

де:  $HB$  - множина, яка характеризує фінальний стан надзвичайної ситуації де відсутня загроза вибуху технологічного апарату;

$TB$  - фінальний стан надзвичайної ситуації з певною загрозою вибуху;

$ЯТВ$  - фінальний стан надзвичайної ситуації з явною загрозою вибуху технологічного апарату.

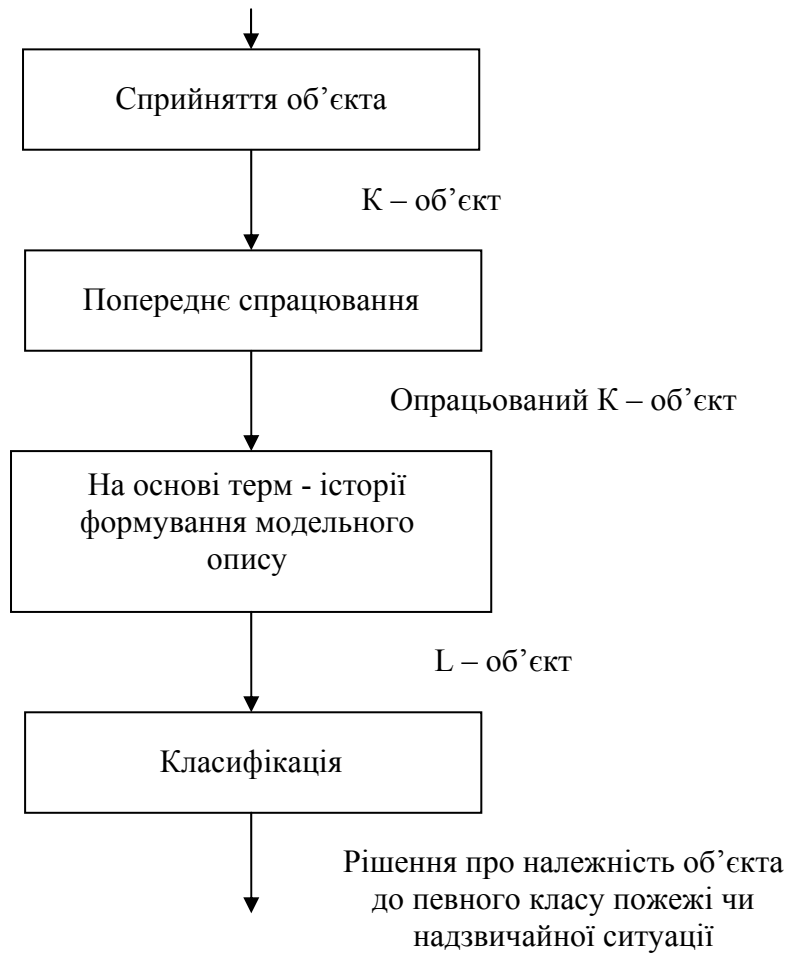


Рисунок 2 – Схема ідентифікації пожежі чи надзвичайної ситуації, як об'єкта розпізнання

Вираз (4) дозволяє створити концептуальний підхід до формалізації та опису надзвичайної ситуації на основі вищевказаних множин.

Для забезпечення мінімізації ризику при ліквідації надзвичайної ситуації природного або техногенного характеру використовуємо інформаційну модель побудовану на основі методу продукційних систем. Такий метод широко використовується у теорії штучного інтелекту для створення алгоритмів пошуку і моделювання розв'язання задач людиною. Такого типу продукційна система забезпечує управління процесом розв'язання задач за взірцем та представляє собою набір продукційних правил, робочої пам'яті і циклу керування «розпізнання-дія».

Формалізуючи вищеописане отримуємо вираз:

$$\{e_n^{fz}\} = [\{em_n(t_1)\}] = \{\xi_v\} \wedge \{\gamma_{\sigma}\} \wedge \{Y_{\sigma}\} \wedge \{K_{\sigma}\} \wedge \{L_y\} \wedge \{O_e\} \wedge \{P_{ж}\} \rightarrow \{fZ(t_2)\} \quad (5)$$

Де  $e_n^{fz} \in Z$ ,  $\xi_v \in X_{\gamma\sigma}$ ,  $Y_{\sigma} \in Y_{\gamma\sigma}$ ,  $V_{\sigma} \in A_{k\sigma} \in B_{Lg} \in CO_e \in D_{pж}$ ,  $fZ_1(t_2) \in fZ$

Не важко визначити, що загальна кількість можливих надзвичайних ситуації  $M = 2^m$ , де  $m$  - загальна кількість ознак, що входять до множин, елементи яких використовуються для опису надзвичайної ситуації і становить  $\approx 4000000$ .

Розглянемо надзвичайні ситуації в яких відсутня загроза вибуху технологічного апарату, тоді значення  $x'_3$  описується виразом:

$$x'_3 = [\{es_{1/n}^{HB}\}] = [[\{e_n^{HB}\} \wedge \{\bar{\alpha}'_a\} \wedge \{\bar{\alpha}''_b\} \wedge \{\bar{\alpha}'''_c\}]] \rightarrow \{e_{1/n}^{HB}\} = \{ey'_3\} \wedge \{Oob'_1\} \wedge \{ak'_\gamma\} \quad (6)$$



$$n = 1, 2, 4$$

де  $\{es_{1/n}^{HB}\}$  - підмножина множини надзвичайних ситуацій  $Z$ , що враховує властивості аварійної небезпечної речовини.

$\{\alpha_{i(a,s,c)}\}$  - властивості речовин, які знаходяться в об'єкті надзвичайної ситуації (зоні горіння);

$(ak'_\gamma)$  - захист особового складу від отруйних газів;

$(e_{1/n}^{HB})$  - встановлення водної завіси для зменшення рівня теплового потоку від сусідньої пожежі (Оо  $b_1''$ ).

$(ey'_3)$  - встановлює першочерговість ліквідації сусідньої пожежі з одночасним охолодженням об'єкта надзвичайної ситуації з подальшою ліквідацією пожежі об'єкта надзвичайної ситуації.

Аналогічним чином описується продукційне правило для випадку, коли фінальний стан надзвичайної ситуації може супроводжуватися вибухом.

**Висновок.** Запропонована методика ідентифікації надзвичайної ситуації, побудованої на основі методу продукційних систем.

Запропоновано та проаналізовано множини фінальних станів  $fZ(t_2)$  надзвичайної ситуації та визначені найбільш імовірні фінальні стани розвитку надзвичайної ситуації:

- $HB$  - загроза вибуху технологічного апарату відсутня;
- $TB$  - існує певна загроза вибуху;
- $ЯТВ$  - існує явна загроза вибуху.

Представлено формалізацію продукційного правила стосовно  $fZ(t_2)$ ,  $HB$ ,  $TB$ .

#### Бібліографічний список:

1. Рак Ю.П., Ковалишин В.В., Рак Т.Е., Синельников С.Д. Оптимизация технологических процессов при проектировании высокоэффективных сложных систем управления пожарно-спасательными подразделениями // Пожарная безопасность. Научно-технический журнал. – Москва, № 2. – 2008. – С. 107-113.
2. Рак Ю.П., Синельников С.Д., Синельников О.Д. Сучасні підходи до класифікації технологічних систем та технологічних засобів пожежного та рятувального призначення // Науковий вісник УкрНДПБ МНС України, 2008
3. Кацман М.Д. Математичні моделі вироблення рекомендацій на ліквідацію аварій, що супроводжуються пожежами небезпечних вантажів // Матеріали VIII Міжнародної конференції “Контроль і управління в складних системах (КУСС-2005)”. – Вінницький національний технічний університет. – 2005. – С.119.
4. Кацман М.Д. Продукційні моделі для вироблення рекомендацій щодо гасіння пожеж небезпечних вантажів у СППР керівників ліквідації надзвичайних ситуацій // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 3. – С. 58– 63.
5. Ключ П. П. та ін. Пожежна тактика: Підручник. – Х.: Основа, 1998. – 592 с.
6. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара М.: Стройиздат – 1987. – 288 с.
7. Бут В.П., Куцищій Л.Б., Болібрux Б.В. Практичний посібник з пожежної тактики. – Львів: в-во „СПОЛОМ”, 2003 – 122 с.
8. Повзик Я.С., Ключ П.П., Матвейкин А.М. Пожарная тактика.– М.: Стройиздат, 1990. – 395 с.
9. Ключ П.П., Палюх В.Г., Пустовой А.С. та ін. Пожежна тактика. – Х.: Основа, 1998. – 592 с.
10. Кимстач И.Ф., Девлишев П.П., Евтюшкин Н.М. Пожарная тактика. – М.: Стройиздат, 1984. – 580 с.
11. Безродный П.Ф. и др. Тушение нефти и нефтепродуктов. –М.: ВНИИПО, 1996. – 216 с.
12. Михеев А.К. Пожар. – М.: Пожнаука, 1994. – 386 с.
13. Бейкер У. и др. Взрывные явления. Оценка и последствия./Пер. с англ. под ред. Зельдовича Я.Б., Гельфанда Б.Е. – М.: Мир, 1986. – 123 с.
14. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение /Под ред.
15. Бессчаснова М.В. – М.: Химия, 1991. – 432 с.

16. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий. Кн.2. – М.: МЧС РФ, 1994. – 76 с.
17. Маршалл В. Основные опасности химических производств. – М.: Мир, 1989. – 672 с.

ВАСИЛЬЕВА С.А., ИЛЮЩЕНКО В.И. (Донецкий национальный технический университет)

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА, РАБОТАЮЩЕГО С ФАЗОВЫМ ПРЕВРАЩЕНИЕМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

*В статті розробляється методика розрахунку експлуатаційних характеристик індивідуального опалювального пристрою, що працює з фазовим перетворенням теплоносія, й проводиться оптимізація геометричних параметрів його обрешення.*

*В статье разрабатывается методика расчета эксплуатационных характеристик индивидуального отопительного прибора, работающего с фазовым превращением теплоносителя, и проводится оптимизация геометрических параметров его обрешення.*

*The article develops the method of calculation of operating descriptions of individual heating device that works with phase transformation of heat-carrier and conducts optimization of his geometrical parameters.*

Экономия энергоносителей является одним из важнейших аспектов экологии, поскольку позволяет уменьшить вред, наносимый окружающей среде в процессе производства электроэнергии традиционными способами. В связи с этим, проблема энергосбережения выходит на первый план в технике и промышленности. В качестве одного из методов решения этой проблемы предлагается увеличить эффективность отопления за счет применения индивидуального отопительного прибора.

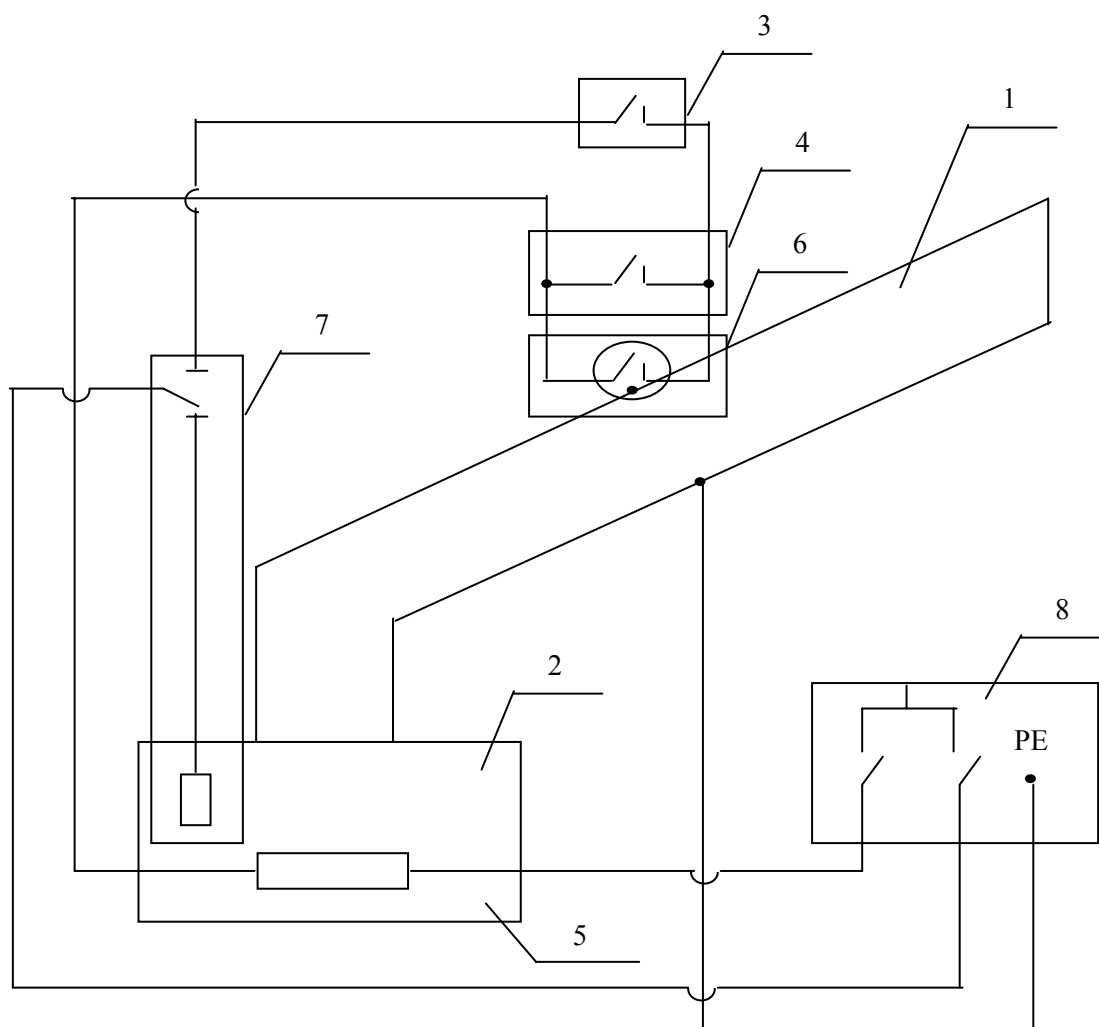
Основное направление энергосберегающих разработок в области отопления – автоматизация систем регулирования с целью обеспечения постоянной температуры воздуха в отапливаемом помещении. Однако данный метод является несовершенным, так как температура воздуха в помещении изменяется достаточно медленно. Вследствие этого может возникнуть перерасход электроэнергии, используемой для питания нагревательного элемента, поскольку последний остается включенным в работу дольше необходимого времени. В связи с этим, предлагается усовершенствовать систему регулирования отопительного прибора, добавив в нее датчик контроля температуры поверхности трубы.

На основании данных экспериментального исследования опытного образца отопительного прибора [1], разработана методика расчета его эксплуатационных характеристик, а также оптимизации параметров обрешення наклонного трубопровода.

Схема установки, моделирующей указанный прибор, представлена на рис. 1 [1].

Прибор содержит резервуар 1, наполненный теплоносителем, в качестве которого используется вода, имеющий в нижней части зону испарения. В зоне испарения расположен погруженный в теплоноситель тепловой электрический нагревательный элемент 2. Верхняя часть резервуара представляет собой наклонный трубопровод 3 с зоной конденсации, на конечном участке которого установлен термовыключатель 4, содержащий термореле. Параллельно термовыключателю 4 подключен выключатель 5, который позволяет последовательно с термовыключателем 4 включены терморегулятор 6 с датчиком температуры воздуха в помещении, который соединен с датчиком 7 контроля уровня теплоносителя в резервуаре. Термовыключатель 4, терморегулятор 6 и поплавковый датчик 7 контроля уровня теплоносителя подсоединены к осуществлять ручное управление прибором. блоку управления 8, посредством которого осуществляется включение и выключение питания прибора.

Вода нагревается нагревательным элементом 2 до состояния насыщения в зоне испарения, после чего она в виде пара поступает в наклонный трубопровод 3. По мере продвижения по наклонному трубопроводу 3 некоторое количество тепла пара передается через его стенки в окружающую среду. Пар частично конденсируется в зоне конденсации, вследствие чего его температура понижается.



Р  
исую  
к 1 –  
Схема  
устро  
йства  
индив  
идуал  
ьного  
отопи  
тельно  
го  
прибо  
ра.

Т  
ермов  
ыклю  
чате  
лем 4,  
устано  
вленн  
ым на  
участк  
е  
трубо  
прово  
да,  
регист  
рируе  
тся

достижение заданной температурной отметки, например 80 °С, на поверхности трубопровода 3, после чего термореле термовыключателя 4 отключает питание нагревательного элемента 2. Пар продолжает конденсироваться и при понижении температуры поверхности трубопровода 3 до второй заданной отметки (например 60°С), термореле термовыключателя 4 снова включает питание электрического нагревательного элемента 2 и цикл повторяется. При достижении заданной температуры воздуха в отапливаемом помещении (которая определяется условиями комфортности), срабатывает терморегулятор 6, с помощью которого разрывается цепь питания нагревательного элемента 2 и прибор отключается. Таким образом, нагревательный элемент включается в работу периодически, в то время как теплоотдача трубопровода изменяется незначительно.

Экспериментальное исследование проводилось для опытной установки с нагревателем мощностью 1 кВт. Анализ полученных данных показывает, что соотношение времени работы прибора с выключенным и включенным нагревателем составляет 1:2.

Мощность отопительного прибора, необходимого для отопления жилого помещения, рассчитывается по значению теплопотерь и теплопритоков в нем. Методика расчета определена в [2]. Расчет реальной установки на базе отопительного прибора проводился для жилого помещения размера 3×4×2.7 м, расположенного на одном из средних этажей многоэтажного дома. Тепловыделения внутри помещения рассчитываются как теплопоступления от искусственного освещения.

Согласно проведенным расчетам, мощность нагревателя для данного помещения должна составлять 922 Вт, что означает возможность использования параметров опытной установки [3] для проведения дальнейших расчетов.

Количество теплоносителя, необходимого для работы индивидуального отопительного прибора, рассчитывается как отношение внутреннего объема аппарата и удельного объема насыщенного пара при рабочих параметрах прибора ( $P = 0,1$  МПа,  $t = 100^\circ\text{C}$ ) и составляет 0,0196 кг пара или 0,021 л воды. Кроме того, необходимо учитывать следующие поправки:

- наличие в рабочем объеме наряду с паром также конденсата;
- объем воды, необходимый для поддержания минимального уровня теплоносителя в баке прибора;
- утечки пара через неплотности соединений. Значение этой величины определяется экспериментально и составляет 4,3% от общего количества воды в баке.

Учитывая все необходимые составляющие, получаем значение необходимого количества теплоносителя – 2,11 л.

Наиболее целесообразным вариантом оребрения наклонного трубопровода является применение металлической трубы с круглыми поперечными ребрами (рис. 1). Задача оптимизации состоит в определении оптимальных параметров оребрения (высоты, ширины и шага ребер) для заданной интенсивности теплоотдачи как по горячей, так и по холодной стороне на основе решения уравнения теплопроводности [4].

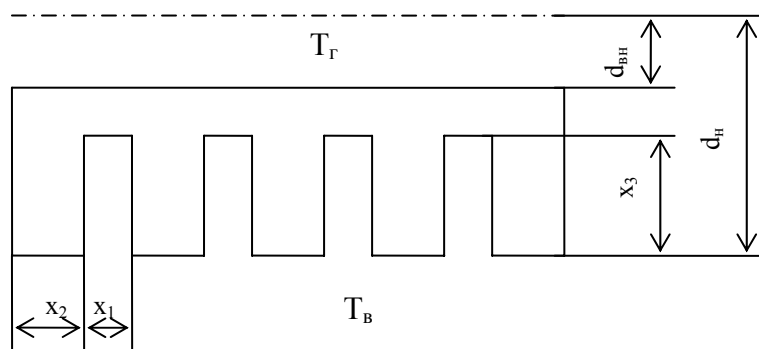


Рисунок 2 – Расчетная схема оребрения отопительного прибора

Критерием качества рассматриваемой задачи оптимизации является количество передаваемой теплоты, отнесенное к массе ребристой поверхности  $M$  и температурному напору  $\Delta T = T_g - T_v$ :

$$K_Q = \frac{Q}{M \Delta T}. \quad (1)$$

На основе решения уравнения теплопередачи и задачи об эффективности круглого ребра в одномерной постановке можно получить зависимость для определения  $K_Q$  для биметаллической трубы:

$$K_Q = \left[ \frac{4d_n}{\rho_n (d_n^2 - d_{нв}^2) + \rho_{вн} (d_{нв}^2 - d_{вн}^2) + 4\rho_n (d_n x_3 + x_3^2) \frac{x_1}{x_2}} \right] \times \left( \frac{d_n}{\alpha_g d_{вн}} + \frac{d_n}{2\lambda_n} \ln \frac{d_n}{d_{нв}} + \frac{d_n}{2\lambda_{вн}} \ln \frac{d_{нв}}{d_n} + \right. \\ \left. + \frac{2d_n x_2}{\alpha_v [4\eta_p (d_n + 1)x_3 + 2d_n x_3 + 2d_n (\eta_p - 1) + 2\eta_p x_1 x_3]} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где

$$\eta_p = \frac{th \left[ \left( \frac{2\alpha_g}{\lambda_p x_1} \right)^{0,5} (x_3 + 0,5x_1) \right]}{\left( \frac{2\alpha_g}{\lambda_p x_1} \right)^{0,5} (x_3 + 0,5x_1)} \times \left\{ 1 - 0,372 \left[ 1 - \frac{1}{ch \left[ \left( \frac{2\alpha_g}{\lambda_p x_1} \right)^{0,5} (x_3 + 0,5x_2) \right]} \right] \times \ln \left( 1 + \frac{2x_3 + x_1}{d_n} \right) \right\}. \quad (3)$$

где  $d_n$  – наружный диаметр внешней трубы;

$d_{нв}$ ,  $d_{вн}$  – наружный и внутренний диаметры внутренней трубы. Поскольку труба монометаллическая,  $d_{нв} = d_{вн}$ ;

$\rho_n, \rho_p$  – плотности материала трубы и ребер, для монометаллической трубы  $\rho_n = \rho_p$ ,

$x_1$  – толщина ребра;

$x_2$  – шаг между ребрами;

$x_3$  – высота ребра;

$\lambda_n, \lambda_p$  – коэффициент теплопроводности материала трубы и ребер, для монометаллической трубы  $\lambda_n = \lambda_p$ .

В задаче заданы тепловая мощность  $Q$ , коэффициенты теплоотдачи и температуры сред по горячей и холодной сторонам  $\alpha_g, \alpha_c, T_g, T_c$ . Указанные величины определяются по данным теплового расчета, теплофизические характеристики теплоносителей являются справочными данными [5]. Для рассматриваемого отопительного прибора величины, необходимые для расчета имеют следующие значения:  $d_n = 0,09885$  м;  $d_{нв} = 0,09685$  м;  $\rho_n = \rho_p = 7,832$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda_n = \lambda_p = 50,6$  Вт/(м·°C);  $\alpha_g = 182,51$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C),  $\alpha_c = 7,754$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C),  $T_g = 100$  °C,  $T_c =$  °C.

Поиск максимума целевой функции  $K_Q$  ведется по методу покоординатного спуска [6], учитывая рекомендации, приведенные в источнике [4]. Согласно последнего, величина максимума  $K_Q$  в зависимости от шага оребрения  $x_2$  находится на нижней границе области значений переменной, равной  $x_2 = 3$  мм. Это значение принимаем в качестве расчетного.

Согласно тому же источнику, оптимальное значение толщины ребра  $x_1 < 0,1$  мм. Поскольку для теплообменных аппаратов энергетических установок нецелесообразно применять ребра толщиной менее 0,1 мм, зависимость целевой функции от толщины ребра определяем в диапазоне  $x_1 = (0,1...2)$  мм. Методом покоординатного спуска по координате  $x_1$  с шагом  $\Delta x_1 = 0,01$  мм определяем максимум значения целевой функции в точке  $x_1 = 1,5$  мм.

Интервал значений переменной  $x_3$  задаем произвольно,  $x_3 = (1...5)$  мм. Максимум достигается в точке  $x_3 = 2$  мм.

Итак, целевая функция при указанных параметрах достигает максимального значения  $K_Q = 2498229$  в точке с координатами  $x_1 = 1,5$  мм,  $x_2 = 3$  мм,  $x_3 = 2$  мм. Соответственно, оребрение с указанными параметрами является наиболее эффективным.

На основе проведенных экспериментальных исследований отопительного прибора разработана методика расчета и оптимизации его реального аналога, который может использоваться для отопления небольшого по объему жилого помещения. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что исследуемый прибор обеспечивает достижение поставленной цели – снижение затрат электроэнергии. Указанная экономия составляет до 30% по сравнению с обычными электронагревательными приборами.

#### Библиографический список:

1. Патент № 31146 Опалювальний прилад. Ілющенко В.І., Гаркавий Є.Я., Ілющенко І. В., Васильєва С.О., 2007 р.
2. Богословский В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.
3. Васильєва С.А., Ілющенко В.І., Гаркавий Є.Я. Устройство автоматического управления индивидуального отопительного прибора – "Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих. Збірник наукових праць VI Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та студентів в м. Донецьку 24-27 квітня 2006 р." – Донецьк, ДонНТУ, 2006 – с. 200-202.
4. Иоселиани А.Н., Михалевич А.А., Нестеренко В.Б., Салуквадзе М.Е. Методы оптимизации параметров теплообменных аппаратов АЭС. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 144 с.
5. Кутателадзе С.С. Справочник по теплопередаче: – М.: Госэнергоиздат, 1958. – 415 с.
6. Методические указания к выполнению практических занятий по курсу "Источники и системы теплоснабжения промпредприятий" для студентов специальности 0308 "Промышленная теплоэнергетика". Сост. Ю.П. Соколов. – Запорожье: ЗИИ, 1986. – 51 с.

КАЧАН Ю.Г., КОВАЛЕНКО В.Л. (Запорожская государственная инженерная академия)

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Розглянуті питання утилізації вторинних енергетичних ресурсів. Показано, що головним чином для підвищення ефективності утилізації теплових вторинних енергетичних ресурсів підприємствам разом з вдосконаленням системи обліку і планування їх використання необхідно вирішити ряд технічних і організаційних проблем. До них в першу чергу відноситься оцінка потенціалу неіспльованого гідроресурсу і його параметрів, аналіз топології розміщення на підприємстві джерел теплоти.*

*Рассмотрены вопросы утилизации вторичных энергетических ресурсов. Показано, что главным образом для повышения эффективности утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов предприятиям наряду с совершенствованием системы учета и планирования их использования необходимо решить ряд технических и организационных проблем. К ним в первую очередь относится оценка потенциала неиспользуемого гидроресурса и его параметров, анализ топологии размещения на предприятии источников теплоты.*

*The questions of utilization of the second power resources are considered. It is noted that mainly for the increase of efficiency of utilization of the thermal second power resources enterprises along with perfection of the system of account and planning of their use must decide the row of technical and organizational problems. The estimation of potential of неиспользуемого гидроресурса and his parameters, layout of placing on the enterprise of sources of warmth analysis, behaves above all things to them.*

В последнее время, на фоне удорожания энергетических ресурсов, всё больше внимания уделяется повышению энергоэффективности предприятия, в том числе и за счёт вторичных энергоресурсов, которые безвозвратно теряются, загрязняя окружающую среду. Это связано со сравнительно высокими темпами роста потребления энергии и ограниченными возможностями удовлетворения спроса на органическое топливо.

В промышленности, основном потребителе энергетических ресурсов, используется более 55 % вырабатываемой тепловой энергии и около 50 % всего добываемого топлива[1]. Вместе с тем, коэффициент полезного использования последнего на предприятиях составляет только 30-35 %. Значительное количество энергии безвозвратно теряется: уносится из технологических агрегатов с уходящими дымовыми газами, нагретой продукцией, охлаждающей водой, горючими отходами. Очевидно, что при определенных условиях часть этих энергетических потерь можно утилизировать.

Под вторичными энергетическими ресурсами, как правило, понимают энергетический потенциал выпускаемой продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках), который не может быть использован в самом агрегате, но может быть источником энергоснабжения других потребителей [2]. Вторичные энергоресурсы разделяются по видам на горючие, тепловые и ВЭР избыточного давления (напора).

В обеспечении энергопотребления многих отраслей промышленности вторичные энергоресурсы имеют весомую долю. Так, например, в черной металлургии промышленная теплопотребность обеспечивается за счет ВЭР на 34 %, а в целом по заводам, на которых они образуются и используются - более чем на 48 %, в газовой промышленности - на 35%, промышленности минеральных удобрений - более 27%, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности — около 14%, в цветной металлургии — 8%, в целом по промышленному теплопотреблению — около 7%. В суммарном тепловом балансе страны поступление тепловой энергии за счет ВЭР составляет около 5,5 %, хотя на отдельных крупных предприятиях 70 — 80 и даже 100%. [1]

Удельные капиталовложения в мероприятия по использованию ВЭР, отнесенные на 1 т сэкономленного топлива, в 2-3 раза меньше чем на добычу и транспортировку последнего. Текущие затраты при производстве единицы энергии в утилизационных установках также значительно ниже, чем в генерирующих. Мероприятия по использованию ВЭР окупаются за счет экономии топлива, как правило, в течение нескольких лет. [1] При этом они ещё значительно уменьшают экологический ущерб, наносимый окружающей среде, за счет сокращения вредных выбросов.

Лидером среди вторичных энергоресурсов являются на сегодняшний день тепловые выбросы, наибольшее количество которых образуется на предприятиях энергетики и металлургии. Так в металлургических циклах (доменном, сталеплавильном, прокатном и др.) рассматриваемые выбросы представляют собой потоки охлаждающей воды, влажного пара, горячих газов, существенно увеличивающих энергоёмкость конечной продукции и ухудшающих экологические



показатели предприятий. Уровень использования ВЭР в отрасли ежегодно повышается, но его нельзя признать удовлетворительным

В доменном производстве в настоящее время частично используется теплота испарительного охлаждения печей и клапанов воздухонагревателей, ведутся разработки по утилизации теплоты уходящих газов воздухонагревателей. Так, например, даже частичное использование тепла от охлаждения доменной печи объёмом 2000 м.куб позволяет сэкономить 10...12 тыс.т условного топлива в год. В коксохимическом производстве кроме физического тепла кокса можно использовать ещё указанное тепло коксового газа и уходящих газов печей сжигания сероводорода в цехах сероочистки. В цветной же металлургии основными источниками тепловых ВЭР являются: теплота охлаждения шахтных печей, отходящих газов серосжигательных установок, печей кипящего слоя и отражательных печей медно-никелевого производства.

На предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности наибольшее количество теплоты (40 %) образуется при производстве синтетических каучуков. В химической промышленности видами тепловых ВЭР являются – физическая теплота отходящих газов технологических печей, теплота охлаждения продуктовых потоков, образующиеся при производствах: аммиака, азотной и серной кислот, кальцинированной соды. В промышленности строительных материалов тепло уходящих газов используемых печей вообще не утилизируется, хотя его объёмов было бы достаточно для покрытия потребности предприятия в таком виде энергии.

Таким образом, как следует из вышперечисленного, практически в любой отрасли промышленности имеется достаточное количество вторичной теплоты, являющейся побочным продуктом, чтобы частично или даже полностью обеспечить потребность предприятия в этом виде энергии, или рассматривать её как дополнительный товарный продукт. Однако, реализовать его оказывается затруднительно, а, зачастую, и практически невозможно, из-за сложностей, связанных с созданием систем отбора и транспортировки, требующих больших потоков и напоров теплоносителя. В результате себестоимость вторичной тепловой энергии оказывается настолько большой, что теряется экономическая целесообразность её приобретения и даже использования на собственном предприятии.

Как правило, для отвода вторичного тепла от технологических агрегатов используется теплоноситель с максимально возможной теплоёмкостью и наименьшей стоимостью. Таким универсальным и доступным теплоносителем является вода. Как очевидно из вышеизложенного, практически во всех отраслях промышленности необходимо использовать её огромное количество. При этом подаваемая для охлаждения вода, по сути, является носителем не только тепловой, но и механической (кинетической и потенциальной) энергий.

Учитывая большие объёмы воды, количество имеющейся в ней механической энергии бывает зачастую больше тепловой. Если отбор вторичной теплоты производится на коммунальные и производственные нужды хотя бы частично, то потенциальная энергия и энергия движения воды безвозвратно теряются. Очевидно, что преобразование последних в электрическую энергию, что является по сути утилизацией избыточного гидроресурса (гидроутилизацией), могло бы существенно снизить потребление электроэнергии на транспортировку воды и, следовательно, повысить экономическую эффективность утилизации, собственно, теплоты.

Так, например, в металлургии, как и в других отраслях, получили широкое распространение системы испарительного охлаждения узлов оборудования. Их основное преимущество – экономия питательной воды по сравнению с системами водяного охлаждения за счёт преобразования последней в водяной пар высокого давления и температуры, который, зачастую, используется не в полном объёме по причине недостаточного количества потребителей пара и трудностями его транспортировки к месту потребления. Перевод оборудования на водяное охлаждение резко повышает расход воды (примерно в 30 раз), однако, утилизация механической энергии данного теплоносителя путём превращения её в электрическую может существенно повысить эффективность утилизации тепловых ВЭР и увеличить возможности её реализации другим потребителям.

Как правило, агрегаты-источники вторичной теплоты рассредоточены по территории предприятия, производимые ими объёмы энергии неравномерны, как по времени выхода, так и по параметрам. Соответственно и потоки воды, которые необходимы для отбора тепла, будут различны по параметрам с точки зрения их динамики и напора. В большинстве технологических

процессов металлургии, химического, коксохимического и других производств компоновка оборудования такова, что охлаждающая вода подаётся принудительно на разную высоту, а, затем, унося с собой тепло от технологического оборудования, сливается за пределы цикла, либо перекачивается в него обратно.

Количество таких технических потоков воды на предприятиях может быть очень большим. Как правило они не стационарны, что также затрудняет утилизацию гидроэнергии водотока и подбор утилизирующего оборудования. Указанной проблемой сейчас практически не занимаются, связанные с ней вопросы изучены недостаточно и требуют дальнейшей углублённой проработки.

Таким образом для повышения эффективности утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов предприятия наряду с совершенствованием системы учета и планирования их использования необходимо решить ряд технических и организационных проблем. К ним в первую очередь относится оценка потенциала неиспользуемого гидроресурса и его параметров, анализ топологии размещения на предприятии источников теплоты, от чего зависит проектная мощность утилизирующего оборудования, разработка топологии рассредоточения электрогенерирующих устройств.

Для решения целого комплекса вопросов, связанных с гидроутилизацией, как средством повышения эффективности использования вторичной теплоты, необходимо: разработать соответствующие методики оценки потенциала тепловых выбросов и объёмов возможной гидроутилизации механической энергии потоков охлаждающей воды, методику выбора утилизирующего оборудования исходя из топологии размещения источников тепловых ВЭР; определить места рационального размещения используемых микро-ГЭС. И всё это должно подтверждать экономическую целесообразность генерации такой электроэнергии.

Очевидно, что поставленная задача является актуальной, особенно на фоне стремительного роста цен на энергоресурсы и электрическую энергию в частности. Утилизация механической энергии охлаждающей воды преобразованием её в электрическую – путь к повышению эффективности использования тепловых вторичных энергоресурсов.

#### **Библиографический список:**

1. Пирогов Н.Л., Сушон С.П., Завалко А.Г. Вторичные ресурсы: эффективность, опыт, перспективы. Москва, 1987.
2. Основные методические положения по планированию использования вторичных энергетических ресурсов. Киев, 1984.
3. Петкин А.М. “Экономия энергоресурсов: резервы и факторы эффективности”, 1982г.
4. Михайлов В.В. “Рационально использовать энергетические ресурсы”, 1980г.
5. Гольстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. “Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов” – К.: Техника 1985г., 383с.
6. Сазанов Б.В. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий. Учебное пособие для вузов.

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ УРБЭКОСИСТЕМ**

*У статті розглядається ентропійний підхід до оцінки стану урбоекосистем. Пропонована методика дозволяє одержувати комплексні оцінки стану урбоекосистем для обґрунтування управлінських рішень по поліпшенню екологічної обстановки.*

*В статье рассматривается энтропийный подход к оценке состояния урбоекосистем. Предлагаемая методика позволяет получать комплексные оценки состояния урбоекосистем для обоснования управленческих решений по улучшению экологической обстановки.*

*In the article considers entropy approach for state estimation of urbaecosystems. This method allows to take complex state estimation of urbaecosystems for motivation of the management decisions for improvement ecological situation.*

В последние годы, в крупных городах мира все чаще стали появляться симптомы экологического кризиса. Возникновение все более опасных конфликтных ситуаций между природными и антропогенными сферами связано, в первую очередь, с урбанизацией территории, загрязнением окружающей среды и бурным ростом промышленной деятельности. С экологической точки зрения, именно в мегаполисах проявляется наиболее негативное изменение природной среды. По прогнозам ООН урбанизация и бурный рост городов приведут к тому, что к 2020 году более 80% населения мира будет проживать на городских территориях.

Проблема комплексной оценки состояния крупных территориальных природно-промышленных комплексов достаточно сложна, так как основывается на анализе большого количества картографической информации и баз данных эколого-экономических показателей. В настоящее время не существует общей теории, которая характеризовала бы развитие городов. Основным направлением в оценке экологического состояния урбанизированных экосистем сегодня является использование экологических индикаторов и индексов. Эти величины считаются обобщенными показателями, характеризующими состояние и динамику развития экосистем.

В основе способа описания состояния экосистем с использованием экологических индикаторов и индексов лежат экспертные методы. При этом, вопрос о информативности индикаторов и индексов, а также их связей между собой при описании процессов развития систем остается открытым (сложение индексов с учетом весов показателей, принятое при анализе устойчивого развития стран и регионов, не всегда дает необходимый результат и теоретически не обосновано). В данной теории отсутствуют базовые методические предпосылки, связанные с использованием законов сохранения субстанций, или применением специальных форм уравнений состояний, которые отличались бы системным единообразием. Подобный подход используется в структурно-логических схемах построения моделей в термодинамике. Такой подход предполагает, что при взаимодействии сложной системы с окружающей средой каждому взаимодействию особого рода приводится в соответствие некоторая величина – координата состояния. Координаты состояния полностью характеризуют состояние системы. Каждой координате отвечает одна степень свободы присущая системе. Число и род степеней свободы определяется структурой системы. Изменение координат указывает на изменение состояния системы. Кроме этого каждому взаимодействию данного рода и, следовательно, каждой координате состояния сопоставляется некоторая величина, которая называется потенциалом взаимодействия. Потенциалы обычно являются функциями координат состояния и могут быть представлены в виде уравнений: [1]

$$P_k = P_k(x_1, x_2, \dots, x_n), k = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где  $P_k$  – потенциалы;  $x_k$  – координаты.

Количество воздействия, оказывающее влияние на систему, обычно определяется в виде:

$$\partial E_k = P_k \cdot \partial x_k \quad (2)$$

Соответствующие потенциалы и координаты в виде уравнений (2) определяют конкретный вид переносимой энергии и входят в закон сохранения и превращения энергии в качестве параметров. Основное уравнение для изменения внутренней энергии ( $U$ ) системы в качестве фундаментального закона через потенциалы и координаты представляют в следующем виде:

$$\partial U = \sum P_k \cdot \partial x_k \quad (3)$$

При использовании такого подхода для описания процессов развития городов очень важен выбор координат для тех или иных видов воздействий. Будем считать, что основной координатой, характеризующей процессы развития городов, является время ( $\phi$ ). В свою очередь основной фактор, характеризующий воздействие городов на природную среду, связан с количеством населения ( $N$ ). Определим количество воздействия, оказывающее влияние на урбоэкосистему, в виде:

$$\partial Q = N \cdot \partial \tau \quad (4)$$

Используем основополагающее понятие энтропии системы. Энтропию введем через вероятность состояния системы в предположении, что существует аддитивная функция состояния системы ( $S$ ) причем вероятности состояний частей системы перемножаются, а энтропии складываются [1].

В термодинамике показано [1,2,3], что если при описании системы выполняется условие:

$$P^n \cdot x = const, \quad (5)$$

то энтропия состояния системы может быть представлена в виде:

$$S = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \ln P + \alpha_2 \cdot \ln x \quad (6)$$

Уравнение (5) называется изоэнтропой, где величина  $S$  сохраняет неизменное значение. В термодинамике коэффициенты  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  зависят от температуры, которая специально вводится для описания термодинамических процессов, через уравнение состояния вида:

$$P \cdot V = const \cdot T \quad (7)$$

Абсолютная шкала температуры является линейной и характеризует переход системы в другое качество (смену фаз состояния) при тепловом воздействии на систему.

В случае, если для крупных городов выполняется экспериментальная закономерность вида (5), то энтропия такой системы должна выражаться через зависимость (6). При этом необходимо ввести некий аналог «температуры» - параметр  $\theta$ , который бы характеризовал переход городских систем в новое качество в шкале времени. Данную шкалу и примем также линейной относительно основных реперных точек: при времени возникновения города будем считать условно население равное нулю и величину  $\theta$  также равную нулю; при переходе города в состояние мегаполиса ( $N = 10^6$  чел.) примем  $\theta$  равную 100 или 1000 баллов. Для относительных измерений термодинамических показателей шкалы температур привязываются обычно к конкретным веществам. Например, шкала Цельсия построена на основе использования фазовых переходов для воды. Аналогичным образом шкалу  $\theta$  и для относительных измерений показателей городов необходимо привязать к конкретному городу из изучаемого класса городов, например, Донецку.

Для количественного описания закономерности (6) проведен следующий численный эксперимент:

1. Для городов имеющих население до 1 млн. человек определяем данные динамики изменения населения от времени с момента возникновения города.

2. По экспериментальным данным  $\phi$ ,  $\theta$ , и  $N$  находим уравнение вида ( $N \cdot \tau = R_k \cdot \theta$ ) для каждого города, где постоянная  $R_k$  будет характеризовать динамику развития каждого  $k$ -того города. По аналогии данную величину можно назвать индивидуальной постоянной динамики развития города.

3. По экспериментальным данным определяем уравнение изоэнтропы вида (5) на основе которого можно найти уравнение энтропии вида (6).

Покажем как на основе получения закономерностей вида (5) можно получить зависимость (6). На рисунке 1 представлена зависимость численности населения от времени при условии, что время отсчитывается с момента возникновения города.

Из приведенного графика получаем зависимость численности населения от времени для города Донецка:

$$N = A \cdot \tau^n = e^{4,244} \cdot \tau^{1,978} \quad (8)$$

Аналогично для Мариуполя зависимость численности населения от времени имеет вид:

$$N = e^{-10,410} \cdot \tau^{4,341} \quad (9)$$

Для Краматорска зависимость численности населения от времени имеет вид:

$$N = e^{-16,879} \cdot \tau^{6,127} \quad (10)$$

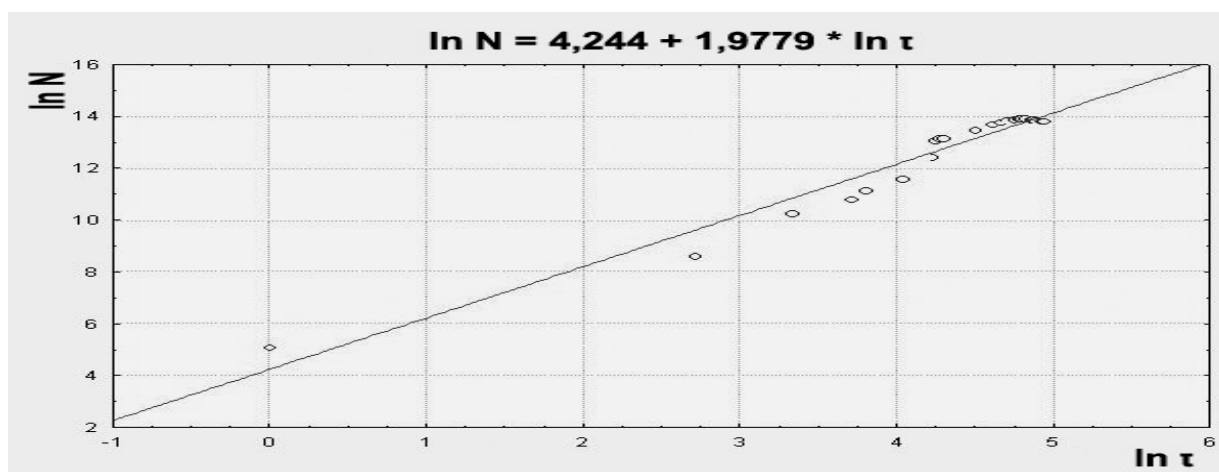


Рисунок 1 – Зависимость численности населения от времени для г. Донецка

Результаты обработки экспериментальных данных, характеризующих динамику изменения численности для городов Украины, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры уравнений (8-10)

| №, п\п | Город      | Значение констант в уравнениях (8-10) |            |
|--------|------------|---------------------------------------|------------|
|        |            | Величина А                            | Величина n |
| 1      | Донецк     | $e^{4,244}$                           | 1,978      |
| 2      | Мариуполь  | $e^{-10,410}$                         | 4,341      |
| 3      | Краматорск | $e^{-16,879}$                         | 6,127      |

Исходя из приведенных результатов, можно получить функции изменения энтропии вида:

$$\Delta S = \alpha_1 \cdot \ln N / N_0 + \alpha_2 \cdot \ln \tau / \tau_0, \quad (11)$$

где  $N_0$  и  $\tau_0$  – некоторые начальные параметры состояния принятые за точку отсчета.

Из термодинамики известно, что при справедливости закономерностей (5) и (7) выполняется соотношение:

$$R_x = \alpha_2 - \alpha_1 \text{ и } n = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}, \quad (12)$$

откуда

$$\alpha_1 = \frac{R_x}{n-1} \quad (13)$$

Таким образом, экспериментально можно определить величины  $b_1$  и  $n$ . При этом величина  $n$  определяется на основе поиска эмпирических закономерностей вида:

$$N \cdot \tau^n = const, \quad (14)$$

Величина  $R_x$  определяется исходя из установления подобия демографических процессов для различных городов, по отношению к городу принятому за эталон. При этом используется зависимость вида  $N \cdot \tau = R_k \cdot \theta$ .

Основная идея описания процессов, происходящих в урбозкосистемах, связана с известной формулировкой Больцмана: природа стремится от состояний менее вероятных к состояниям более вероятным. Как показал Больцман увеличение энтропии системы в необратимых самопроизвольных процессах и одновременное увеличение вероятности состояния системы взаимосвязано между собой: [4]

$$S = \varphi(W) \quad (15)$$

При определении вида зависимости (15) используют гипотезы по аддитивности энтропии и мультипликативности вероятности состояния систем. Основные допущения при выводе уравнения (15) заключаются в следующем. Допустим, имеются две системы, обладающие соответственно энтропиями  $S_1$  и  $S_2$ , и вероятностями  $W_1$  и  $W_2$ . Пусть эти две системы образуют суммарную систему с энтропией  $S$  и вероятностью  $W$ . Энтропия обладает, как известно, свойством аддитивности, откуда следует, что

$$S = S_1 + S_2 \quad (16)$$

Так как события лежащие в основе формирования состояний систем являются совместными и независимыми, то вероятность состояния общей системы подчиняется правилу умножения вероятностей:

$$W = W_1 \cdot W_2 \quad (17)$$

Последнее равенство следует из того, что каждое состояние одной из систем в совокупности с любым состоянием другой дает состояние суммарной системы. Это основная закономерность, определяющая дальнейший вывод зависимостей.

Таким образом, исходя из того, что энтропия каждой системы связана одной и той же функциональной зависимостью с вероятностью данной системы:  $S_1 = \varphi(W_1)$ ;  $S_2 = \varphi(W_2)$ ;  $S = \varphi(W)$ , то можно написать следующее уравнение:

$$\varphi(W_1 W_2) = \varphi(W_1) + \varphi(W_2) \quad (18)$$

Дифференцируя это соотношение по  $W_1$  и по  $W_2$ , получаем:

$$\varphi''(W)W + \varphi'(W) = 0 \quad (19)$$

Решение уравнение (19) приведено в источнике [4] и имеет следующий вид:

$$S = k \cdot \ln W \quad (20)$$

Для термодинамических систем константа  $k$  является постоянной Больцмана.

Рассматривая систему, включающую три подсистемы, при тех же допущениях, можно получить следующее дифференциальное уравнение для определения вида функции (15)

$$\varphi'''(W)W^2 + 3\varphi''(W)W + \varphi'(W) = 0 \quad (21)$$

Применяя метод индукции можно показать, что для системы состоящей из  $n$  подсистем соответствующее дифференциальное уравнение для определения энтропии как функции вероятности имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} & \varphi^n(W)W^{n-1} + a_1\varphi^{n-1}(W)W^{n-2} + a_2\varphi^{n-2}(W)W^{n-3} + \dots \\ & \dots + a_{n-1}W\varphi'(W) + a_n\varphi'(W) = 0 \end{aligned} \quad (22)$$

где  $a_i$  константы представляющие собой натуральные числа.

Данное уравнение не интегрируется в квадратурах и его решение может быть получено только численными методами. Численный анализ различных решений уравнения (22) показывает, что при изменении величины  $S$  от  $-\infty$  до  $+\infty$ , величина  $W$  представляет собой  $S$ -образную функцию.

Из эмпирических фактов следует, что вероятность состояния системы в зависимости от энтропии часто представляют в виде нормального закона распределения.

$$W = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^s e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (23)$$

Учитывая основные результаты, полученные при выводе формулы (11) представим уравнение (23) в виде:

$$W = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\alpha_0 + \alpha_1 \cdot \ln N + \alpha_2 \cdot \ln \tau} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \cdot dt \quad (24)$$

Таким образом, обработку экспериментальных данных характеризующих динамику изменения населения городов Украины необходимо проводить по следующей методике.

Создается массив данных характеризующий изменение населения различных городов Украины в зависимости от времени. Данные нормируются по отношению к выбранному эталону и группируются для определения вероятностных распределений. С целью проверки соответствия их логарифмически нормальному закону распределения. Далее определяются относительные частоты (вероятности) в зависимости от времени и численности населения. Относительные частоты инверсным преобразованием вида (23) переводятся в эмпирические значения энтропии  $S$ . По полученным данным строится зависимость вида (11).

Проведенный анализ показывает, что если мы имеем  $n$  показателей характеризующих развитие городов, то вероятностное состояние системы можно искать в виде:

$$W = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\sum_{i=1}^n \alpha_i \ln\left(\frac{x_i}{x_{i0}}\right)} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \cdot dt \quad (25)$$

Построение зависимости вида (25) позволит разработать комплексные показатели для экологической оценки развития природно-промышленных комплексов по конечному набору индикаторов  $x_i$ . При этом оценка весовых показателей  $a_i$  будет проводиться по экспериментальным данным относительных частот характеризующих многомерную функцию распределения вида (25) в зависимости от индикаторов  $x_i$ .

Предполагаемая методика оценки развития урбоэкосистем по различным эколого-экономическим показателям, позволяет получить комплексные оценки состояния крупных территориальных природно-промышленных комплексов, для обоснования управленческих решений по улучшению экологической обстановки урбоэкосистем.

#### Библиографический список:

1. Гухман А.А. Об основаниях термодинамики. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 384 с.: ил.

2. Майков В.П. Энтропийные методы моделирования технологических процессов: Учебное пособие. – М.: МИХМ, 1982. – 88 с.
3. Путилов К.А. Термодинамика. – М.: «Наука», 1971. – 375 с.
4. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. Учебник для вузов. Изд. 2-е. – М: «Энергия», 1974. – 447 с.



УДК 663.06

МАТЛАК Е.С., РУДАКОВА Ю.Ю., ЖИЛИН М.В. (Донецкий национальный технический университет)

**ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ВОВЛЕЧЕНИЯ ПОПУТНО-ДОБЫВАЕМЫХ ШАХТНЫХ ВОД В ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ДОНБАССА**

*Розглянуто напрям рішення проблеми дефіциту прісної води за рахунок використання в господарському водопостачанні регіону альтернативного джерела – шахтних вод, що видобуваються. Викладено організовано-методичні аспекти практичної реалізації вирішення проблеми.*

*Рассмотрено направление решения проблемы дефицита пресной воды в Донбассе за счет использования в хозяйственном водоснабжении региона альтернативного источника – попутно-добываемых шахтных вод. Изложены организационно-методические аспекты практической реализации решения проблемы.*

*There was analyzed the solution direction of sweet water deficiency problem in Donbass region based on the use of the alternative source – produced mine water in the domestic water-supply. Were stated methodic-organizing aspects of its realization.*

В Украине проблема хозяйственно-питьевого водоснабжения и охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения сточными водами давно стала проблемой государственной важности. Ее актуальность подчеркивается принятием Верховной Радой Закона Украины «О питьевой воде и питьевом водоснабжении». Особую остроту эта проблема приобрела для Донбасса, где основным источником хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения является канал Северский Донец - Донбасс. Это связано с нарастающим дефицитом питьевой воды, загрязнением основных источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения - рек Днепр и Северский Донец, а также питьевых и технических водохранилищ, практически всех малых рек Западного и Центрального Донбасса, а именно рек Кальмиус, Миус, Бахмут, Крынка, Соленая, Самара и многих других. Вода последних становится непригодной для нужд сельского хозяйства, рыбохозяйственных и культурно-бытовых целей из-за значительного повышения уровня минерализации, загрязненности взвешенными веществами и органическими соединениями, а также по бактериологическим показателям. Около 60-70% проб воды, берущихся на анализ из местных источников, малых рек (число которых в Донбассе составляет 234) показывают их непригодность для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Последнее может в свою очередь привести к исключению из системы хозяйственно-питьевого водоснабжения Донецкой области таких резервных источников, как Карловское и Ольховское водохранилища. В настоящее время в маловодные годы дефицит воды даже в условиях спада производства составляет, примерно, 500 млн. м<sup>3</sup>/год; четвертая часть городов области (к которым относятся Горловка, Макеевка, Константиновка, Торез, Снежное, Димитрово, Новгородовка и многие шахтные поселки) получает воду по графику; имеют место случаи полного прекращения подачи в течение суток, а в ряде населенных пунктов задача частично решается только за счет привозной воды. От нерегулярной подачи воды особенно страдают восточные, южные и северно-западные районы области.

Как показывает практика, наибольшее отрицательное воздействие на водные объекты Донбасса оказывают сбрасываемые шахтные воды. Это объясняется их огромным притоком (22 м<sup>3</sup>/с), низким качеством по многим показателям, несоответствующим современным требованиям правил охраны поверхностных вод от загрязнения (из-за чего в гидрографическую сеть региона ежегодно поступает около 2млн. т минеральных солей, огромное количество взвешенных веществ, что привело за последние сорок лет к обмелению малых рек Донбасса примерно на 1 м), а также масштабным воздействием процессов угледобычи на водные объекты в течение длительного времени на огромной территории от Дона до Днепра.

Следует также отметить, что шахтные очистные сооружения, построенные 30-50 лет тому назад и имеющие целью осветление и обеззараживание сточных вод, морально устарели; в настоящее время эффективность их работы не соответствует современным требованиям водоохранного законодательства Украины, которые ужесточились за последнее десятилетие. Проблема же деминерализации шахтных вод многие годы вообще не находит практического решения из-за затруднений экономического характера.

Оценивая изложенное, можно констатировать, что в Донбассе сложилась парадоксальная ситуация: регион испытывает дефицит питьевой воды, а попутно-добываемые в огромном количестве шахтные воды не используются для его преодоления и вызывают значительные негативные экологические последствия в окружающей гидрографической сети.

Анализ сложившейся ситуации в регионе подсказывает, что стратегия поиска выхода из нее должна быть рациональной и проявляться в решении одновременно двух задач:

- охрана местных водных ресурсов от загрязнений путем очистки шахтных вод;
- рациональное использование очищенных шахтных вод в качестве ресурса промышленного водоснабжения региона.

С учетом положений современной идеологии природопользования (концепции эколого-экономического устойчивого развития) использование попутных отходов (к которым относятся шахтные воды) основного производства, является приоритетным направлением экологизации экономики региона /1,2/

В соответствии с Водным Кодексом Украины (ст.46), использование вод осуществляется в порядке общего и специального водопользования, для нужд гидроэнергетики, водного и воздушного транспорта. При этом в соответствии со стандартом Минтопэнерго Украины «Использование шахтных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (методические указания)», использование шахтных вод должно производиться при условии обеспечения гигиенических и технических требований (после их очистки и кондиционирования) в соответствии с ГОСТ 17.1.1.02, ГОСТ 17.1.1.03, ГОСТ 17.1.1.04, ГОСТ 2761 и ГОСТ 2874.

Как показывает опыт, при использовании шахтных вод в большинстве случаев потребуется реализация специального водопользования путем забора воды с применением технических устройств из водного бассейна шахты. Если его предполагается осуществлять для удовлетворения питьевых и бытовых нужд населения, то оно должно быть централизованным. В этом случае следует организовывать и поддерживать в надлежащем состоянии так называемую зону санитарной охраны (ЗСО) водозабора, а также обустраивать локальную сеть наблюдательных скважин. При этом предварительно оцениваются запасы подземных вод, их качество. Организации ЗСО должна предшествовать разработка ее проекта в соответствии с требованиями Закона Украины «Про питну воду і питне водопостачання», СНиП 2.04.02, а также положениями постановления кабинета Министров Украины от 18.12.1998г. №2024 «Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів».

Источниками водоснабжения могут являться как действующие, так и закрытые шахты. Однако особое внимание необходимо обратить на использование шахтных вод ликвидируемых шахт, в том числе для хозяйственно-питьевых нужд. Это объясняется большими объемами изливающихся из них шахтных вод и их большей чистотой (отсутствуют взвешенные вещества и бактериальные компоненты), большей доступностью и улучшенными санитарно-техническими условиями эксплуатации водозаборных сооружений.

В зависимости от сложности гидрогеологических условий формирования водного бассейна можно выделить одиночные шахты и шахты, имеющие гидравлические связи с соседними.

Гидравлически закрытые одиночные шахты заполняются подземными водами до водоупора, полузакрытые и открытые - до восстановления прежнего пьезометрического уровня. При этом вследствие опускания земной поверхности под влиянием горных разработок, а также в местах понижения рельефа возможны выходы подземных вод на поверхность (самоизлив). При наличии гидравлических связей с соседними шахтами воды перетекают на соседние шахты.

Образовавшиеся водные бассейны шахт по характеру использования для водоснабжения можно подразделить на следующие типы:

- закрытый водный бассейн – пьезометрический уровень заполнения водой выработанного пространства достиг равновесного состояния без излива на дневную поверхность; для водоснабжения осуществляется забор воды из водного бассейна;
- открытый водный бассейн – пьезометрический уровень заполнения водой выработанного пространства достиг дневной поверхности, и воды изливаются на поверхность; для водоснабжения используются дренажные воды;
- полуоткрытый водный бассейн шахты – уровень заполнения водой выработанного пространства удерживается с помощью водоотливной системы на отметке, исключающей переток воды по имеющимся гидравлическим связям в соседние шахты или подтопление земной поверхности; для водоснабжения используются дренажные воды;

- локальный водный бассейн – водный бассейн, образованный путем заполнения подземными водами выработанного пространства локального участка шахты; для водоснабжения используются подземные (шахтные) воды участка, откачиваемые обособленным водоотливом.

Для использования в качестве источника водоснабжения локального водного бассейна последний должен быть изолирован от шахтных вод действующей шахты путем установки в горных выработках изоляционных перемычек, созданием завес и другими средствами в соответствии со следующими общими требованиями:

Отработанные локальные участки шахты, подземные воды которых предполагаются к использованию для водоснабжения, изолируются от проникновения шахтных вод и водные объекты локальных участков постоянными изолирующими сооружениями. Основным требованием, предъявляемым к постоянным изолирующим сооружениям, является их максимальная герметичность.

Изолирующие сооружения должны быть достаточно устойчивы против горного давления и напора воды, не разрушаться под действием агрессивной шахтной среды. Материал сооружений должен быть негорючим и неразмокаемым.

Параметры изолирующих сооружений определяются проектом на основе расчета несущей способности и возможностей водопроницаемости, опытных данных, учитывающих особенности геологических и гидрогеологических условий, с учетом требований «Руководства по изоляции отработанных участков, временно остановленных и неиспользуемых горных выработок в шахтах». Изолирующие перемычки, установленные в стволах, должны отвечать требованиям «Правил ликвидации стволов угольных шахт».

В случаях, когда надежная изоляция участков подземных вод от проникновения шахтных вод технически не обеспечивается, подземные воды этих участков не могут быть рекомендованы к использованию для водоснабжения.

Использование шахтных вод возможно для двух основных целей водоснабжения:

- производственного (технического);
- хозяйственно-питьевого.

Кроме того, сезонный расход шахтных вод возможен в сельском хозяйстве (орошение), закрытых теплосетях (кроме вод, содержащих повышенное количество ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , а также взвешенных веществ).

Прежде всего шахты должны стать внутренним источником производственно-хозяйственной деятельности горнодобывающих предприятий как в подземных (пылеподавление, гидрозакладка, дегазация), так и в наземных (производство тепловой энергии и сжатого воздуха, кондиционирование воздуха, мокрое обогащение, тушение горящих отвалов и др.) условиях. Требования к качеству этих используемых вод неоднозначны, они определяются требованиями технической эксплуатации машин и оборудования, а также технологического регламента производственного процесса.

Что касается требований к качеству питьевой воды, то для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения они единообразны и регламентированы государственными нормативными документами. Как отмечено выше, для реализации централизованного водоснабжения должна организовываться зона санитарной охраны (ЗСО) водозабора и водозаборных сооружений, в которых вводится особый санитарно-эпидемиологический режим. В составе ЗСО обязательно должна предусматриваться зона санитарной охраны источников водоснабжения в месте забора воды (водозабора). Как известно [3], она организуется в составе трёх поясов.

Первый пояс (пояс строгого режима) включает территорию расположения водозаборов, площадок расположения всех водопроводных сооружений и водопроводящего канала и устанавливается на расстоянии не менее 30 м от водозабора - при использовании защищенных подземных вод - и на расстоянии не менее 50 м – при использовании недостаточно защищенных подземных вод. Размеры первого пояса допускается сокращать вдвое по согласованию с местными органами санитарно-эпидемиологической службы при благоприятных санитарно-технических и гидрогеологических условиях.

Второй и третий пояса (пояса ограничений) включают территорию предназначенную для охраны от загрязнения источников водоснабжения. Их границы рассчитываются в соответствии с действующими в Украине «Рекомендациями по гидрогеологическим расчетам для определения второго и третьего поясов зон санитарной охраны подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

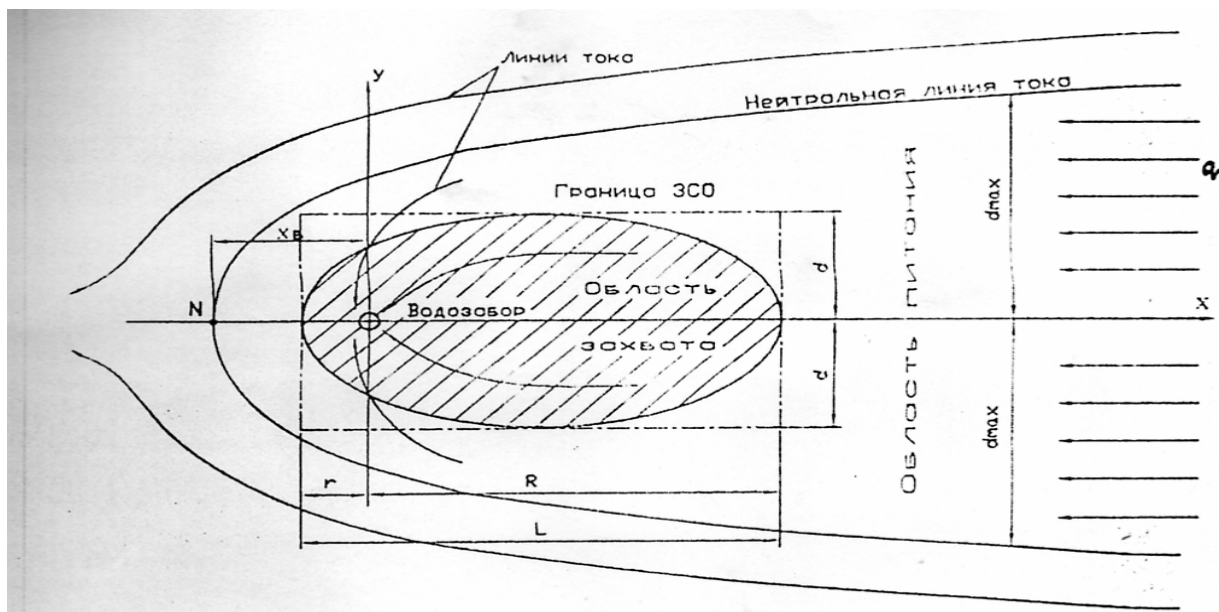


Рис. 1. Схема фильтрации подземных вод к водозабору

Границы ЗСО подземных водозаборов должны устанавливаться таким образом, чтобы имеющиеся или потенциальные загрязнения подземных вод в зоне влияния водозабора не могли поступить в водозабор в течение всего намеченного срока эксплуатации.

На рис. 1. представлена принципиальная схема движения подземных вод к водозабору при наличии естественного потока. Выделены следующие характерные участки:

- область питания водозабора – ограничена раздельной (нейтральной) линией тока. В пределах этой области все линии тока заканчиваются на водозаборе. За пределами области питания линии тока огибают водозабор и имеющиеся загрязнения не достигнут водозабора;
- область захвата водозабора – часть области питания, сформировавшаяся за время работы  $T$  водозабора. Частицы воды, располагающиеся внутри области захвата, к концу расчетного времени  $T$  обязательно поступают к водозабору. По мере работы водозабора площадь области захвата увеличивается, достигая предельных размеров по раздельной (нейтральной) линии тока.

Среди вышеизложенных рекомендаций особую сложность для реализации на практике собой организация первого пояса ЗСО в случае забора воды из водосборника шахты, выдержать его установленные действующими нормативами размеры (30-50м) весьма затруднительно из-за ограниченного подземного пространства и сложной конфигурации горных выработок, что сопровождается резким усложнением технических решений, а следовательно увеличением затрат на их реализацию. Поэтому актуальным является разработка специального нормативно-методического документа по организации водозаборов на базе ликвидируемых горных предприятий.

Радикальным направлением использования шахтных вод в хозяйственном обороте является их комплексная переработка. В общем случае, учитывая требования минимизации капитальных и эксплуатационных затрат, снижения себестоимости очистки  $1\text{м}^3$  воды, она обязательно должна включать следующие технологические операции: очистка от взвешенных веществ; умягчение; снижение щелочности; уменьшение общего солесодержания (деминерализация); уменьшение концентрации железа, марганца, других микроэлементов; обеззараживание всего потока исходной воды; корректировка концентрации фторид-ионов; уменьшение концентрации органических веществ и продуктов их окисления; устранение запаха и привкуса.

Необходимость применения каждой из перечисленных операций должна определяться по фактическим или прогнозируемым физико-химическим показателям качества исходной воды и требований потребителей. В соответствии с этим степень подготовки воды, т.е. корректировки ее качества, может быть незначительной или глубокой.

В первом случае необходимо осуществлять кондиционирование воды с помощью традиционных (т.е. апробированных), относительно недорогих методов, исключающих применение опреснения. Они имеют целью осветление воды, ее умягчение (в случае необходимости), обеззараживание, а при необходимости получения воды питьевого качества – разбавление исходной воды некоторым объемом пресной воды.

В случае глубокой очистки шахтных вод перечисленные операции дополняются корректировкой ионного состава воды (опреснением) с помощью специальных высокотехнологичных методов (обратный осмос, электродиализ, дистилляция). Всякое разбавление воды при этом исключается.

Как выбор народно-хозяйственного направления использования шахтных вод, так и степень их подготовки зависят от целей водоснабжения, вида источника водоснабжения (действующая или закрытая шахта), физико-химического состава исходной воды, требований к качеству используемой воды.

В соответствии с классификацией УкрНТЭК /4/ шахтные воды в зависимости от концентраций минеральных солей (С, г/л), жесткости (Ж, мг-экв/л) и щелочности (Щ, мг-экв/л) разделены на три группы:

- 1-я группа:  $C=1,5\div 1,8$ ;  $Ж\leq 10\div 12$ ;  $Щ=8\div 12$ ;
- 2-я группа:  $C=3\div 3,5$ ;  $Ж\leq 10\div 12$ ;
- 3-я группа:  $C>3,5$ ;  $Ж>12$ .

Получение воды питьевого качества наиболее целесообразно на основе шахтных вод первой классифицированной группы путем их кондиционирования. Краткая характеристика методической последовательности достижения этой цели заключается в следующем.

Выбор технологии очистки подземных вод от взвешенных веществ, а также определение типа и параметров необходимого оборудования производится в соответствии п. 6.1-6.143 СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Для очистки шахтных вод от взвешенных веществ в зависимости от их начальной концентрации могут применяться отстойники различного типа, напорные и открытые скорые фильтры и другие сооружения. С целью повышения глубины очистки и удельной производительности сооружений целесообразно использовать коагулянты и флокулянты, разрешенные к применению при подголовке питьевой воды. В качестве коагулянтов при обработке воды могут быть использованы сульфат алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ , сульфат и хлорид железа  $Fe_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$ , а также гидроксихлорид алюминия  $Al_2(OH)_xCl_{6-x}$  («Полвак»). В качестве флокулянта – полиакриламид, а также катионитовые флокулянты, позволяющие избежать предварительного коагулирования. Выбор целесообразного типа коагулянта и его дозы производится на основе результатов технологических исследований, а также в соответствии с пунктами 6.15, 6.32 СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Использование других типов коагулянтов и флокулянтов возможно по результатам технологических исследований при наличии гигиенического заключения Минздрава Украины.

Для снижения жесткости воды (умягчения) могут применяться декарбонизация известкованием или водород-катионитное умягчение с «голодной» регенерацией катионита, а также известково-содовое, натрий-катионитное или водород-натрий-катионитное умягчение. Для снижения щелочности воды до нормируемых значений могут применяться деркарбонизация известкованием или водород-катионирование с «голодной» регенерацией катионита, а также подкисление.

Уменьшение общего солесодержания подземной воды может достигаться:

- за счет ее смешивания с водой меньшего солесодержания, разбавления при обеспечении гигиенических требования к питьевой воде в смеси, а также в зависимости от типа воды декарбонизацией – известкованием, водород-катионированием с «голодной» регенерацией катионита;
- опреснением (деминерализацией) части воды.

Согласно требованиям ГосСанПиН №136/1940, в питьевой воде должны присутствовать различные соли для обеспечения человека жизненно важными минеральными компонентами (кальций, магний, фтор и др.). Отсюда вытекает целесообразность не полного, а только частичного, управляемого обессоливания исходной воды с обязательным удалением бактерии и вирусов.

Анализ различных вариантов технологических схем очистки поверхностных и подземных источников вод, выполненный ДонНТУ, Донгипрошахт, Луганскгипрошахт, указывает на предпочтительность использования для этой цели баромембранных технологий, позволяющих решить задачу санитарно-эпидемиологической защищенности даже без организации в полном

объеме зон санитарной охраны на водозаборах, как того требует СНиП 2.04.02.-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»

В условиях Донбасса наиболее характерным является солесодержание шахтных вод до 5 мг/л. Их опреснение наиболее целесообразно осуществлять с помощью обратного осмоса. Применение барометрической технологии обеспечивает не только получение кондиционной питьевой воды из исходной, но и трехступенчатую санитарно-эпидемиологическую защиту как обрабатываемой воды, так и оборудования станции очистки.

Однако следует иметь в виду, что проблема деминерализации шахтной воды (ее части или полного объема) экологически и экономически сопряжена с обработкой образующихся рассолов, а тем самым разделением полученного концентрата на неутрализованные сухие солепродукты, чтобы избежать захоронение рассола в земных недрах и повысить рентабельность процесса опреснения за счет реализации как товара, не только полученной чистой воды, но и извлеченных из нее химических продуктов.

Выбор способа обеззараживания кондиционированной подземной воды и определение основных параметров процесса, а также подбор необходимого оборудования производится в соответствии с п. 6.144-6.171 СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

При использовании полученной питьевой воды в системах централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения наиболее простым в эксплуатации и надежным способом обеззараживания воды является хлорирование с применением гипохлорита натрия. В перспективе должен найти применение также метод озонирования.

Методы удаления из воды железа и марганца, расчетные параметры и дозы реагентов необходимо определять в соответствии с п. 6.188 СНиП 2.04.02-84.

Удаление и снижение концентрации в подземных водах других микроэлементов 1-й и 3-й групп токсичности необходимо производить с помощью специальных методов. Для этого могут быть использованы сорбционные методы, экстракция, обратный осмос и другие. Выбор целесообразного метода снижения концентрации ионов тяжелых металлов и других микроэлементов производится на основе результатов технологических исследований и технико-экономического анализа.

Для уменьшения концентрации органических веществ и продуктов их окисления (хлорорганики), а также для устранения запаха и привкуса воды необходимо использовать сорбционные фильтры с загрузкой активированным углем. В качестве сорбционной загрузки рекомендуется применять активированные угли типа БАУ, АГ-3 и другие, разрешенные к использованию в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Правила ввода и дозы реагентов, а также расчетные параметры установок следует принимать по данным технологических исследований, а также согласно рекомендуемому приложению 4 СНиП 2.04.02-84.

Оборудование и материалы, применяемые в технологиях водоподготовки, должны быть сертифицированы и иметь разрешения для использования.

Вода питьевого качества может быть получена также с использованием шахтных вод других классификационных групп, но финансовые затраты на достижение необходимого результата окажутся значительно выше, так как помимо вышечисленных операций кондиционирования шахтной воды добавляются дорогостоящие операции по глубокой корректировке ее ионного состава методами обратного осмоса, электродиализа, дистилляции, а также переработки образующихся «хвостов» (рассолов).

Важное значение для преодоления дефицита пресной воды в регионе имеет использование шахтных вод для нужд хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Оно определяется их принадлежностью к классификационной группе по показателям качества, а также видом источника воды (действующая или закрытая шахта). Рассмотрим особенности корректировки физико-химического состава шахтных вод каждой группы по региональным признакам.

Шахтные вода первой группы ( $C=1,5\div 1,8$ ;  $Ж\leq 10\div 12$ ;  $Щ=8\div 12$ ). Они встречаются на востоке и северо-востоке Донецкой и Луганской областей в окрестности городов Харцызск, Шахтерск, Торез, Снежное, Кировское, а также Красный Луч, Свердловск, Ровеньки и др. Физико-химические показатели вод именно этой группы позволяют рассматривать их в качестве наиболее приемлемого источника питьевой воды. При этом следует иметь в виду, что использовать шахтные воды в качестве источника получения питьевой воды можно только из закрытых шахт, потому что лишь в окрестности последних возможно создание зоны санитарной охраны (ЗСО).

Если же речь идет о техническом водоснабжении, то воду можно брать с любой (в том числе действующей) шахты.

Шахтные воды второй группы являются более минерализованными и распространены повсеместно по всему Донбассу. Анализ их химического состава, а также требований к качеству воды, необходимой для использования в системах промышленного водоснабжения предприятий, показывает, что около 80% шахтных вод этой группы после их очистки (от взвешенных веществ) и кондиционирования (умягчение, стабилизационная обработка) могут быть использованы в качестве источника технического водоснабжения вместо воды питьевого качества. При этом очищенные от взвешенных веществ, обеззараженные и кондиционированные шахтные воды могут направляться для удовлетворения:

во-первых, собственных нужд шахт (для замены питьевой воды при пылеподавлении в забоях шахт, в котельных, компрессорных установках, вакуумных системах дегазации, системах горячего водоснабжения);

во-вторых, смежных промышленных предприятий (в системах охлаждения конденсатов турбин ТЭЦ и ГРЭС, компрессоров кислородных станций, металлургических и других тепловыделяющих агрегатов, для приготовления подпиточной воды водогрейных и паровых котлов тепловых электростанций, промышленных и бытовых котельных).

Для реализации такого подхода не потребуются большие капитальные затраты, строительство дорогостоящих опреснительных станций. Предполагается, что срок окупаемости разработок не превысит одного года.

Шахтные воды третьей группы, а также воды второй группы, использование которых в силу ряда причин не представляется возможным, необходимо подвергать деминерализации. При этом в данном случае под термином «деминерализация» следует понимать такую степень очистки шахтных вод, при которой предотвращается загрязнение водоёмов минеральными солями. Это может быть достигнуто путём комплексной переработки шахтных вод, а именно их опреснения-концентрирования и переработки концентрата на утилизируемые продукты. Для реализации этой задачи потребуется строительство относительно дорогостоящих установок переработки шахтных вод на опресненную воду и утилизированные сухие солепродукты. Учитывая сложное экономическое положение Украины, по мнению специалистов, проблему деминерализации шахтных вод 3-й группы необходимо решать поэтапно. При этом на первом этапе наиболее целесообразны разработка и строительство установок для очистки и опреснения шахтных вод в регионах, испытывающих острый недостаток воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения с последующей реализацией стадии упаривания и разделения концентрата. Как следует из выше приведенных данных, экономически выгодна организация в Украине производства установок обратного осмоса.

Возможность осуществления идеи максимального вовлечения шахтных вод в хозяйственное водоснабжение Донбасса подтверждается следующими практическими пилотными примерами по некоторым шахтам региона:

- комплекс использования шахтных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Антрацита (проект «Донгипрошахт» предполагает строительство комплекса осветления и обессоливания шахтной воды закрытых шахт «Центральная» и №7 7-бис);
- шахта им. Войкова ГХК «Свердловск-антрацит» (проект УкрНТЭК предполагает использование шахтных вод после закрытия шахты им. Войкова для водоснабжения г.Свердловска);
- шахта «Краснолиманская» (проект «Донгипрошахт», в соответствии с которым в качестве источника выбран локальный техногенный бассейн, образованной путем естественного затопления выработанной части пласта I<sub>7</sub>);
- шахта им. М. Горького ПО «Донецкуголь» (УкрНТЭК выполнены проектные проработки возможности использования шахтной воды для технического водоснабжения Донецкого металлургического завода);
- закрытая шахта «Красный Октябрь» (имеется предложение по крупномасштабному использованию шахтной воды (800-1000 м<sup>3</sup>/г) для технического водоснабжения Енакиевского металлургического завода);
- шахтоуправление «Донбасс» ГХК «Донуголь» (уже имеется положительный опыт использования небольшого объема шахтных вод на нужды хозяйственного водоснабжения на шахтах «Заперевальная» и «Глубокая»; экономия воды питьевого качества составляет по шахтоуправлению около 230 тыс. м<sup>3</sup>, что в денежном эквиваленте равняется 745 тыс. грн.);

- шахта «Моспинская» ГХК «Донуголь» (разработаны и намечены к реализации технические решения по практически полной замене питьевой воды кондиционированной шахтной водой).

Таким образом, изложенное позволяет сделать вывод о наличии предпосылок для решения проблемы увеличения ресурсов пресной воды в Донецком регионе за счет использования шахтных вод. При этом представляется целесообразным выполнить в ближайшей перспективе:

- обследование промышленных предприятий, расположенных в основных угледобывающих районах, с целью определения объема возможного использования шахтных вод, уточнения притоков и их химического состава, а также требований к качеству очищенных шахтных вод;
- разработку технико-экономического обоснования (ТЭО) для районов региона наиболее перспективных по использованию шахтных вод с определением технологии их очистки, производительности установок и сооружений для реализации технологического регламента, а также объемов необходимых инвестиций;
- разработку на основе ТЭО региональной программы, предусматривающей этапы выполнения работ, объемы и источники финансирования;
- разработку специального нормативно-методического документа по организации водозаборов на базе ликвидируемых горных предприятий.

#### **Библиографический список:**

1. Минаев А.А., Матлак Е.С., Аверин Г.В. О максимальном вовлечении шахтных вод в хозяйственное водоснабжение Донбасса / Збірка доповідей науково-практичної конференції «Охорона довкілля та екологічна безпека», т.1 – Донецьк, 2001. – С. 206-210.
2. Кульченко В.В., Резников В.В. Использование шахтных вод – перспективное направление экономии питьевой воды и уменьшение затрат предприятий / Сборник научных трудов Украинского научного центра технической экологии. – Донецк 2000, - С. 10-15.
3. Стандарт Минтопэнерго (СОУ) 10.1.00174125.005-2004 «Использование шахтных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (методические указания)».
4. Кульченко В.В., Резников Ю.Н., Полтавиц В.И., Улицкий О.А. Использование шахтных вод для технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения / Збірка доповідей науково-практичної конференції «Охорона довкілля та екологічна безпека», т.1 – Донецьк, 2001. - С.199-203.



ПРИХОДЬКО С.Ю. (Донецкий национальный технический университет)

**ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В РАМКАХ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕЖИМА НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНОЙ СИСТЕМЫ ДОНБАССА**

*Підприємства паливно-енергетичного комплексу Донбаса –сфера високих ризиків і об'єктів підвищеної промислової небезпеки, які володіють великими потенційними можливостями для створення катастрофи техногенного характеру, різноманітних аварій, загрози людям і навколишній середі. Різноманітність ризиків, які створюють підприємства паливно-енергетичного комплексу, оприділяють необхідність організації системи ризик-менеджменту, який націлений на рішення масштабного комплексу проблем різноманітного характеру, в яких екологічні ризики займають далеко не останнє місце.*

*Предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Донбасса - сфера высоких рисков и объектов повышенной промышленной опасности, которые обладают большими потенциальными возможностями для создания катастрофы техногенного характера, различных аварий, угрозы людям и окружающей среде. Разнообразие рисков, исходящих от предприятий ТЭК, предопределяет необходимость комплексного подхода для минимизации возможности аварии и катастрофы, а также надобность организации системы риск-менеджмента, нацеленного на решение масштабного комплекса проблем различного характера, в которых экологические риски занимают далеко не последнее место.*

*The Enterprises fuel-energy complex (TEK) Donbassa - a sphere high risk and object raised industrial danger, which possess the greater potential possibility for making the catastrophe техногенного nature, different damage, threats to people and surrounding ambience. The Variety risk, coming from enterprise TEK, predestines need of the complex approach for minimization of the possibility to damages and catastrophes, as well as necessity to organizations of the system risk-management targeted on decision of the scale complex of the problems of the different nature, in which ecological risks occupy far from last place.*

Оптимизация и управление динамичной природной системой Донбасса является крайне важной для режимов неустойчивости системы.

В условиях интеграции украинской экономики в мировую экономическую систему, а также с учетом положения ТЭК по отношению к различным отраслям промышленности значение работ по вышеозначенной проблеме имеет крайне актуальный характер. Безопасная деятельность предприятий топливной отрасли будет эффективной только в том случае, если они будут отвечать самым высоким требованиям международных стандартов. В частности, это стандарты серий ИСО 9000 (система управления качеством), ИСО 14000 (система экологического управления) и ИСО 18000 (OHSAS - система управления промышленной безопасностью и охраной труда) и другие международные документы, касающиеся экологического менеджмента и аудита.

Задачи оценок деятельности предприятий ТЭК в контексте экологических проблем представляются чрезвычайно актуальными и серьезными. С экономической точки зрения затраты на экологическую проработку проектов, в том числе и на оценку экологических рисков, более эффективны, если они проводятся на более ранних стадиях реализации проектов. Эти затраты окупаются через экологические платежи и в большей степени за счет создания эффективных систем управления и снижение рисков в производственной деятельности предприятий ТЭК. Тем не менее, на предпроектной стадии проработки расчетам упущенных экологических выгод не придается должного внимания. Активное управление рисками должно носить системный характер, однако в настоящее время наибольшее внимание уделяется финансовым рискам [1]. В то же время последние разработки деклараций безопасности опасных промышленных объектов позволяют создать систему детального анализа подверженности экологическим рискам практически всего цикла производства на предынвестиционной, инвестиционной и эксплуатационной фазах развития предприятий ТЭК. Тем не менее, в документах ТЭО расчеты экологических рисков, как правило, отсутствуют, хотя руководящими документами, касающимися обоснования инвестиционных проектов, по оценкам воздействия на окружающую среду предписывается выполнение таких исследований. Отсутствие оценок экологических рисков на предпроектных и проектных стадиях в портфелях общих и специальных рисков компаний в будущем оборачивается значительными убытками при возникновении социальных конфликтов и ликвидационных ситуациях, приводящих к катастрофическим последствиям.

В некоторых случаях экологические риски на предприятиях ТЭК относят к операционным. Однако по своей природе экологические проблемы энергетики и использования топлива вездесущи и актуальны с учетом загрязнения окружающей среды и нанесения ущерба как отдельным компонентам экосистем, так и человеку. Поэтому экологическая составляющая для предприятий ТЭК присутствует как в финансовых (рыночных), так и в стратегических рисках.

Качественная и количественная оценка экологических рисков по фазам жизненного цикла реализации проектов и жизненного цикла продукции имеет серьезное методическое и практическое значение. Необходимость исследований такого рода обусловлена возможными нарушениями природоохранного законодательства и, во вторую очередь, риском негативного влияния природно-климатических факторов на протяжении всех фаз реализации проектов. Однако в предынвестиционных проработках именно последним факторам придается решающая роль. В то же время, требования законодательства могут меняться, а для экологического - тем более, в сторону ужесточения. Так, подписание Киотского протокола повлекло за собой существенное ужесточение природоохранных требований, в первую очередь в предприятиях ТЭК. При этом вероятность нарушений экологических требований также очевидно повышается.

Для предприятий ТЭК уже сейчас необходимо приступить к работе по каталогизации и созданию системы отчетности по рискам, на основе чего будет проводиться управление ими. С этих позиций риск-менеджмент будет представлен некоторой интегрированной функцией, которую необходимо внедрить во все подразделения и во все виды деятельности предприятий ТЭК. Не последняя роль в этой интегрированной функции должна отводиться экологическим рискам. Это связано с тем, что в отличие от других видов производственных и проектных рисков для создания системы управления экологическими рисками уже заложена реальная основа - переход к стандартам серии ИСО 14000.

В целом, рассматривая отдельные этапы риск-анализа для предприятий ТЭК, можно выделить следующие основные проблемы:

*I (экспозиция рисков и идентификация опасностей).* Одной из ключевых проблем риск-анализа является количественная оценка важности неблагоприятного фактора, действующего в комплексе с несколькими факторами. В случае учета совокупности факторов трудности появляются в определении роли или степени важности того или иного фактора для корректного расчета риска, так как доля, с которой воздействует один фактор, определяет его приоритет. Необходим также учет их эмерджентных свойств. В техногенных системах в определенных случаях (например, при использовании технологически нового оборудования, где достоверно неизвестна его надежность, а в паспорте нет данных наработку на отказ, или при скудной статистической информации о его отказах) сложно строить "дерево отказов", а иногда и вовсе не представляется возможным. Также создает трудности технологическая сложность процесса, подвергнувшегося риск-анализу.

*II (оценка зависимости "доза - ответ").* При выявлении количественной зависимости между экспозицией изучаемого фактора и вызываемыми им вредными эффектами возникают следующие методические неопределенности:

1. Применение большинства методов расчета рисков невозможно в случае удаленного месторасположения изучаемого объекта от селитебной зоны. В такой обстановке риск-анализ относительно здоровья населения (это один из основных факторов) становится бессмысленным.
2. Установление этиологической связи между экспозицией и фактическими показателями состояния здоровья населения ("доза - ответ") во многом затруднено, поскольку имеются представления только об однокомпонентных связях, а для сочетаний нескольких факторов единственной возможностью становится механическая суммация рисков (без учета их эмерджентных свойств). Это создает методические неопределенности при оценках количественных показателей рисков и, соответственно, размеров ставок страхования.

*III (характеристика риска)* является завершающим этапом и начальной фазой управления рисками. В рамках этого этапа обобщаются полученные ранее данные, проводится оценка надежности результатов, рассчитываются риски для отдельных факторов и их сочетаний, оценивается вероятность и тяжесть возможных неблагоприятных воздействий на здоровье человека и окружающую среду, относительные вклады в установленные уровни риска отдельных загрязняющих веществ, разработка рациональных мероприятий, позволяющих минимизировать полученные значения рисков.

Риск рассчитывается по формуле:

$$R = P \cdot X$$

где R – величина эколого-экономического риска;

$P$  – вероятность наступления неблагоприятного момента или условия, которое повлечет за собой материальные затраты и потери –  $X$ .

При расчетах по этой формуле возникают определенные трудности. В первую очередь – это отсутствие общепринятой формулы для расчета вероятности события. Чаще расчет вероятности проводится с применением биномиального закона, закона распределения Бернулли, законов распределения Вейбулла, Парето, логарифмически-нормального закона статистических распределений случайных величин и др. При этом зачастую пользуются короткими рядами наблюдений, при которых параметры распределений крайне неустойчивы, что требует определенных допущений и компромиссов применения перечисленных выше распределений к эмпирической информации. Отсюда неопределенность и неравнозначность в оценках вероятности событий различными методами.

Оценка экологических рисков и, следовательно, управление ими предполагает не только анализ вероятности возникновения неблагоприятного события (что на практике делается в ходе идентификации источников риска, экспертных оценок, построения "дереьев отказа" и других операций). Второй важнейшей составляющей анализа риска является экономическая оценка последствий неблагоприятных событий. Для экологических рисков эти оценки представляют собой определение величин эколого-экономических ущербов. При этом проблемы, свойственные для оценок эколого-экономических ущербов, становятся препятствиями не только для расчетов величины эколого-экономического риска, но и для практического внедрения оценок экологического риска, в частности, экологического страхования и других подходов к управлению рисками. Часть существующих проблем обсуждается уже достаточно давно, другие же специфичны именно для области оценок экологических рисков и экологического страхования. Прежде всего, это проблемы соотношения экологических последствий ущерба и денежного выражения этих потерь. Так, очевидной (и вряд ли полностью разрешимой) проблемой является оценка морального ущерба при каких-либо нарушениях в состоянии природной среды. Пожалуй, любые оценки здесь всегда будут восприниматься как спорные. Однако кроме трудностей с оценками моральных ущербов существует масса сложностей с выявлением таких четко определяемых, но отдаленных последствий неблагоприятных экологических событий, как и со стоимостной оценкой очевидных изменений в экосистемах в результате негативных воздействий. Латентные и отдаленные последствия, которые происходят и будут происходить в экосистемах и, соответственно, отражаются на здоровье человека, наиболее сложно поддаются оценке.

Еще один крайне сложный момент – устаревание существующих методик расчета эколого-экономического ущерба. Наиболее комплексные и объективные методики предполагают оценку эколого-экономического ущерба на основе ценовых показателей 80-90-х годов прошлого века, что практически сводит на нет любые усилия по повышению точности расчетов: инфляционные процессы довольно сложно поддаются оценке и учету, а механическое повышение значений ущербов вряд ли адекватно отразит картину изменения ценности отдельных компонентов природной среды. Значительные сложности при определении экономических оценок экологических ущербов связаны с несовершенством либо недостаточной точностью (адаптированностью к конкретной ситуации) действующих методик. Большинство из них основано на косвенных методах определения ущерба, что само по себе предполагает использование более или менее удачных "шаблонных" оценок. Так, наиболее распространенная, ставшая основой для последующих разработок "Временная типовая методика" 1986 г. предполагает, что ценность различных типов территорий может быть учтена с помощью коэффициента, который в зависимости от плотности населения и вида использования участка изменяется от долей единицы до 10. На практике это может выразиться в том, что не отнесенная, например, к территории санатория площадь окажется как минимум в 10 раз менее ценной, чем площадь санатория (величина ущерба, определенная для двух таких участков будет различаться не менее чем в 10 раз). При этом обе территории будут располагаться в непосредственной близости, с одинаковой степенью вероятности подвергаться риску и испытывать в случае неблагоприятных событий идентичные нагрузки.

Во многом недостаточная "экологическая точность" связана с тем, что получаемые оценки ориентируются в первую очередь на человека как реципиента воздействий. При этом учитываемые в оценке ущерба допустимые пределы воздействий определены прежде всего именно для человека, но не для прочих компонентов окружающей природной среды (возможно, более чувствительных), либо хозяйственных объектов. Эта проблема связана с отсутствием ценового выражения для многих представителей растительного и животного мира с учетом их

территориальной "ценности", а также отсутствием единых территориальных кадастров природных ресурсов и расчетов экологического потенциала отдельных территорий.

Очевидно, что для случаев идентификации экологических рисков и их экономической оценки наибольший интерес представляют так называемые "реципиентные" методики, т.е. используемые для конкретных отдельных реципиентов негативного воздействия (в отличие от "валовых" методик, когда сумма ущерба определяется по массе произведенных выбросов, сбросов и др.). Именно такие разновидности оценок более адекватны для расчетов эколого-экономических рисков, если негативные события уже произошли.

Таким образом, проблемы оценок эколого-экономических рисков (а значит, и страховых событий) должны решаться путем формирования новых методик расчетов ущерба. Такие методики должны быть основаны на современных подходах к оценке природных ресурсов, современных методах определения изменений в окружающей среде (в том числе и отдаленных последствий) при негативных воздействиях на ее компоненты; ориентироваться не только на вред здоровью человека, но и на прочие "ответные реакции" окружающей среды

Целесообразность таких работ обусловлена также необходимостью точных экономических оценок негативных экологических последствий. Очевидно, что эффективное управление рисками должно в конечном итоге приводить к их снижению. Однако для этого необходимо сопоставить результаты осуществляемой хозяйственной деятельности с получаемыми доходами и затратами на ликвидацию негативных последствий ("экологическими издержками"). В таком случае эффективность управления экологическими рисками как раз и будет оценена сопоставлением возможных вложений в превентивные мероприятия и затрат на компенсацию и ликвидацию ущерба. Управление рисками не исчерпывается только страхованием и перестрахованием. В большей степени оно должно быть ориентировано на минимизацию финансовых рисков как производных финансовых инструментов управления природопользования на предприятиях. Главная цель такого подхода - обеспечение предсказуемых финансовых результатов, в том числе - на ликвидацию аварий и компенсацию ущерба окружающей среде. Иными словами, формирование экологических страховых фондов не должно быть стихийным, а обязано выделяться отдельной строкой в природоохранных затратах.

Объекты ТЭК в условиях рыночной системы прежде всего просчитывают свои хозяйственные риски, в то же время техногенные, экологические (природные) риски чаще всего игнорируются. Однако само по себе представление таких категорий рисков в денежном выражении может коренным образом изменить отношение к экологическим проблемам на предприятиях ТЭК. Поэтому основа регулирования безопасности в техногенной сфере должна базироваться на экономических оценках, ведь в условиях рыночных отношений главную роль играет взаимодействие критериев "стоимость-эффективность".

Статья посвящена актуальной теме: исследованию устойчивости топливно-энергетического комплекса на уровне региона, что во многом определяет энергетическую безопасность страны. Это предлагается осуществить путем создания формальной модели ТЭК и ее исследования на устойчивость. Однако, создание такой модели представляет собой определенные трудности из-за большой размерности данных, их неполноты (фрагментарности) и зашумленности, высокой динамичности предметной области в условиях экономики переходного периода. Решение данной проблемы возможно путем развития методов системного анализа для обеспечения устойчивости функционирования природных систем.

#### **Библиографический список:**

1. Волкова В.И., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа / В.И. Волкова, А.А. Денисов. – СПб.: Изд. СПбГТУ, 1997. – 510 с.
2. Хаустов А.П. Проблема оценок и управления экологическими рисками на предприятиях ТЭК.// Энергобезопасность в документах и фактах. – 2008. – № 6. – С. 25-28.

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРСПЕКТИВЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

*У статті дається кількісна характеристика та бальна оцінка восьми адміністративних районів Донецької області щодо перспективи формування на їх території локальних екологічних мереж. Показана певна неоднорідність в природному потенціалі досліджених районів області в оцінці основних каркасних елементів екомереж: об'єктів ПЗФ, лісових ділянок та садових комплексів.*

*В статті дається кількісна характеристика та бальна оцінка восьми адміністративних районів Донецької області з точки зору перспективи формування на їх території локальних екологічних мереж. Показана певна неоднорідність в природному потенціалі досліджених районів області в оцінці основних каркасних елементів екомереж: об'єктів ПЗФ, лісових ділянок та садових комплексів.*

*In mentioned below article there quantitative characteristic and a ball evaluation of eight administrative areas of Donetsk region is given in the long term formations on their territory of local ecological nets. The certain heterogeneity in natural potential of investigated areas of region in an evaluation of frame-elements of ecological nets is shown, they are: objects of Nature Reserve Fund, forest plots and garden complexes.*

Одним из условий интеграции Украины в Европейское сообщество является вхождение ее территории в Паневропейскую экологическую сеть. Решение о создании последней было принято на Конференции министров по окружающей среде европейских стран в Софии в 1995 г. с целью сохранения биологического и ландшафтного разнообразия Европейского континента. Согласно этому решению, каждое европейское государство должно разработать схему и план реализации своей национальной экологической сети, которые вместе и должны составить единое всеевропейское пространство природных и полуприродных территорий, соединенных общей сетью природных (экологических) коридоров. Украина вошла в этот процесс, приняв Законы «Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки» и «Про національну екомережу України» [1, 2].

Однако для полного охвата единой сетью всех сохранившихся природных и полуприродных территорий континента необходим иерархический принцип ее построения по схеме: паневропейская экологическая сеть – национальные экологические сети – региональные экологические сети – локальные экологические сети. Данная схема отражает принцип приоритетности внесения тех или иных природных территорий (или акваторий) на соответствующие уровни экологической сети (экосети), то есть участки природы мирового (европейского) значения считаются каркасными ядрами паневропейской сети, участки национального (для каждой страны) значения – каркасными ядрами национальной экосети, и т.д. Соответственно порядок их определения, оценки и внесения на соответствующие уровни экосети также должен проходить по такой же схеме.

Пространственная структура национальной экологической сети Украины определена Программой по ее формированию, где указаны основные ее каркасные ядра – объекты природно-заповедного фонда (ПЗФ) общегосударственного значения, а также участки территории страны с наибольшей площадью сохранившейся естественной природой. В качестве основных экологических коридоров приняты естественные участки линейной конфигурации – долины и акватории крупнейших рек Украины [1, 3].

Пространственные структуры региональных экологических сетей страны разрабатываются и реализуются органами законодательной и исполнительной власти на уровне областных администраций с привлечением местных ученых и специалистов, а также органов местного самоуправления. В частности, для Донецкой административной области был принят ряд решений по ее организации и была разработана концепция и перспективная схема ее формирования [4, 5]. В качестве ее каркасных ядер приняты все существующие в области объекты ПЗФ, а также участки региона с наибольшей концентрацией природных и полуприродных территорий. Экологическими коридорами, соединяющими каркасные ядра между собой, считается вся речная сеть области. Также в этих решениях предусмотрено формирование локальных экологических сетей на уровне отдельных административных районов Донецкой области, которые и должны заполнить собою весь каркас региональной экологической сети.

Цель данной работы - оценить природный потенциал ряда административных районов Донецкой области с точки зрения формирования на их территории локальных экологических сетей.

**Материал и методика исследования.** В качестве объекта исследования взяты участки территории Донецкой области, потенциально пригодные для внесения их в региональную (для области) и локальные экологические сети, сгруппированные нами в три класса объектов: объекты ПЗФ, лесные массивы и садовые комплексы.

*Объекты ПЗФ* – охраняемые законом природные и полуприродные участки территории, где сосредоточено основное биологическое разнообразие региона, вследствие чего эти участки и внесены в ПЗФ. Таким образом, объекты ПЗФ должны составить основу каркаса региональной экологической сети Донецкой области (а объекты ПЗФ общегосударственного значения и крупные по площади местного значения – основу каркаса национальной экологической сети) и быть, соответственно, каркасными ядрами локальных экосетей.

*Лесные участки* – на территории Донецкой области представлены в основном искусственными лесными насаждениями (г.о. дубовыми с примесью кленов, ясеня и акации), и в гораздо меньшей степени естественными лесными формациями (пойменные и байрачные леса), которые также подверглись значительной антропогенной трансформации вследствие пожаров, рубки, выпаса и пр. факторов. Однако, как искусственные, так и естественные леса региона помимо своих средообразующей и средоподдерживающей функций выполняют важную функцию рефугиума и расселения животного населения (г.о. лесной и лесостепной фауны), и в целом играют значительную роль в образовании биологического и ландшафтного разнообразия области. Наиболее ценные по своему биологическому разнообразию лесные участки, а также занимающие ключевое положение в характере миграции животных в экологической сети, без сомнения должны быть внесены в список ПЗФ Донецкой области. Таким образом, все лесные участки региона, особенно вследствие своей многочисленности, также должны составить основу экологического каркаса региональной и локальных экологических сетей, а в последних выступать также их ключевыми каркасными ядрами.

*Садовые комплексы* – полностью искусственные образования из культурных (фруктовых) деревьев сельскохозяйственного назначения, в отношении экологических сетей выполняют скорее буферную роль, так как также являются местами временного убежища и кормовой базы для многих видов животных. Кроме того, достаточно существенна и средоподдерживающая роль садов (фотосинтез, влагооборот и микроклимат, гидрологический режим почв и пр.). Поэтому в структуре, главным образом, локальных экосетей они играют вспомогательную роль как буферная часть ее каркаса.

Для определения природного потенциала с целью формирования локальных экологических сетей были выбраны восемь административных районов Донецкой области, представляющие различные ее географические секторы: восточный – Амвросиевский и Шахтерский районы, северо-восток – Артемовский район, юг и юго-запад – Володарский и Першотравневый районы, северо-запад – Александровский район, и западную часть региона – Великоновоселковский и Добропольский районы. При помощи топографической карты (масштаб 1:200000) и инструментального способа подсчета количества и определения площади вышеуказанных классов объектов (методом копирования контуров объектов на миллиметровую бумагу) были определены их совокупные и средние площади по каждому классу объектов в каждом районе.

Выше названные параметры классов объектов отражают лишь потенциальную количественную характеристику региональной и локальных экологических сетей. Вполне понятно, что имеет место определенная «разнокачественность» отдельных объектов по их возможной роли в функционировании экосетей не только между классами объектов, но и внутри каждого класса. То есть, роль каждого объекта в структуре локальной или региональной экосети определяется, прежде всего, его индивидуальными особенностями в общей структуре биологического и ландшафтного разнообразия региона. Эту «качественную» характеристику каждого объекта экосети можно отразить через количественную оценку его биологических и ландшафтных характеристик, выраженную в баллах. Метод балльной оценки разных количественных параметров каких-либо объектов, которые невозможно непосредственно сравнить между собой из-за различных их единиц измерения, является общепризнанным способом формализации при их сравнительной характеристике. Например, метод балльной оценки природных объектов и природных территориальных комплексов для различных сфер их

использования широко используется в ресурсной и рекреационной географии, в других исследованиях [6, 7, 8].

В данной работе впервые используется метод балльной оценки комплексной экологической характеристики потенциальных объектов локальных экологических сетей.

В качестве комплексной экологической характеристики рассматриваемых объектов приняты их биологическое разнообразие (биоразнообразие), фитоценоотическое (биоценоотическое) разнообразие и эдафическое (почвенное) разнообразие, а также занимаемая ими площадь (в гектарах). Последний показатель, хотя и относится к собственно количественной характеристике объектов, но, по сути, является интегральной их характеристикой, отражающей (и определяющей) все остальные указанные выше характеристики. Вместе все эти признаки отражают, в достаточной степени, биологическое и ландшафтное разнообразие, как самих объектов, так и составляемых ими экологических сетей, а, значит, и природный потенциал территории исследуемых районов.

Метод балльной оценки комплексной экологической характеристики объектов локальных экологических сетей.

Характеристики и их балльные оценки:

1. Площадь (для всех классов объектов)

| $S_i$ (га)  | баллы |
|-------------|-------|
| $\leq 1$    | 1     |
| 1-5         | 2     |
| 5-10        | 3     |
| 10-50       | 4     |
| 50-100      | 5     |
| 100-300     | 6     |
| 300-500     | 7     |
| 500-1000    | 8     |
| 1000-2000   | 9     |
| $\geq 2000$ | 10    |

$$C_S = \sum \sum C_{nj} = C_{Спзф} + C_{Сл} + C_{Сс} ,$$

где  $j$  – класс объектов ( $j = \{ПЗФ, Леса, Сады\}$ );

$n$  – количество объектов каждого класса;

$C_{Спзф}$   $C_{Сл}$   $C_{Сс}$  – соответственно сумма балльных оценок по каждому классу объектов по занимаемой площади;

$C_S$  – суммарная балльная оценка по всем классам объектов по занимаемой площади.

2. Биологическое разнообразие:

2.1 Для объектов ПЗФ (источник – кадастр ПЗФ Донецкой области)

| <u>N видов</u> | <u>баллы</u> |
|----------------|--------------|
| $\leq 100$     | 1            |
| 100-150        | 2            |
| 150-200        | 3            |
| 200-250        | 4            |
| 250-300        | 5            |
| 300-350        | 6            |
| 350-400        | 7            |
| 400-450        | 8            |
| 450-500        | 9            |
| $\geq 500$     | 10           |

Количество краснокнижных видов:

а) Красной книги Украины: 1 вид = 0,5 балла;

б) Европейский список (или Красная книга МСОП): 1 вид = 1 балл

2.2. Для лесных участков – принимаем, что  $N$  видов  $\leq 100$ , т.е. = 1 балл.

2.3. Для садовых комплексов - полностью искусственные объекты, не имеющие природной растительности; являются лишь местами временного убежища и кормовой базы для животных. = 0 баллов.





|    |  |     |         |       |      |        |       |     |         |        |
|----|--|-----|---------|-------|------|--------|-------|-----|---------|--------|
| 1. | Северо-восток<br>Артемовский р-н       | 139 | 6552,0  | 47,1  | 25   | 1994,0 | 79,8  | 12  | 2758,8  | 229,9  |
| 2. | Восток<br>Амвросиевский р-н            | 45  | 4656,0  | 103,5 | 17   | 3766,0 | 221,5 | 6   | 3047,0  | 507,9  |
| 3. | Шахтерский р-н                         | 163 | 14710,9 | 90,8  | 19   | 976,0  | 51,4  | 4   | 1711,7  | 427,9  |
|    | Всего по сектору                       | 208 | 19336,9 | 93,1  | 36   | 4742,0 | 131,7 | 10  | 4758,7  | 475,9  |
| 4. | Запад<br>Добропольский р-н             | 19  | 600,0   | 31,6  | 13   | 414,0  | 31,9  | 5   | 110,0   | 22,0   |
| 5. | Великоновосел-<br>ковский р-н          | 16  | 1136,0  | 71,0  | 18   | 3098,0 | 172,1 | 6   | 72,2    | 12,0   |
|    | Всего по сектору                       | 35  | 1736,0  | 49,6  | 31   | 3512,0 | 113,3 | 11  | 182,2   | 16,6   |
| 6. | Северо-запад<br>Александровский<br>р-н | 24  | 1356,0  | 56,5  | 17   | 838,0  | 49,3  | 8   | 401,1   | 50,1   |
| 7. | Юго-запад<br>Володарский р-н           | 51  | 4774,0  | 93,6  | 7    | 282,0  | 40,3  | 7   | 3715,0  | 530,7  |
| 8. | Першотравневый<br>р-н                  | 31  | 3298,0  | 106,4 | 9    | 394,0  | 43,8  | 4   | 951,0   | 237,8  |
|    | Всего по сектору                       | 82  | 8072,0  | 98,4  | 16   | 676,0  | 42,3  | 11  | 4666,0  | 424,2  |
|    | Всего по районам                       | 488 | 37052,9 | 344,7 | 125  | 11762  | 416,4 | 52  | 12766,8 | 1196,7 |
|    | Среднее по<br>районам                  | 61  | 4631,6  | 43,1  | 15,6 | 1470,3 | 52,1  | 6,5 | 1595,9  | 149,6  |

По количеству объектов практически во все районах абсолютно преобладают лесные участки. Исключение здесь составляют только два района западной части области – Великоновоселковский и Добропольский, где количество лесных участков и садовых комплексов примерно одинаково (35 и 31 соответственно), а общая площадь последних вдвое превышает площадь лесных массивов. Объекты ПЗФ, напротив, самый малочисленный класс, но абсолютно преобладают по занимаемой средней своей площади, и таким образом, представляют наиболее крупные природные территории в регионе.

В оценке самого многочисленного класса объектов – *лесные участки* как по количеству участков, так и по совокупным и средним их площадям восточные (Шахтерский и Амвросиевский) и северо-восточный (Артемовский) и юго-западные (Володарский и Першотравневый) районы существенно превышают западные (Добропольский, Великоновоселковский) и северо-западный (Александровский) районы. Лидирует по данному классу объектов – Шахтерский район, который имеет наибольшее количество (163) отдельных лесных массивов и максимальную их совокупную площадь, более чем в два раза превышающую таковую у второго, следующего за ним – Артемовского района.

В оценке класса объектов – *садовые комплексы (сады)* картина различий между районами несколько иная: на первом месте по совокупной их площади находится Амвросиевский район, на втором – Великоновоселковский, далее по мере убывания совокупных площадей идут Артемовский, Шахтерский, Добропольский, Першотравневый, Володарский и Александровский районы. По числу же садовых комплексов – наибольшее значение (25) у Артемовского района, а наименьшее (7) – у Володарского.

В оценке самого значимого для экосети класса объектов – *объектов ПЗФ* распределение районов по совокупной их площади близко к их распределению по лесным участкам. Здесь лидируют по общей их площади Володарский (3715,0 га) и Амвросиевский (3047,0 га) районы, далее следует Артемовский (2758,8 га), среднее положение по этому признаку занимают Шахтерский (1711,7 га) и Першотравневый (951,0 га), далее идет Александровский район (401,1 га) крайне малую площадь занимают Добропольский (110,0 га) и Великоновоселковский (72,2 га) районы. Примерно такая же картина имеет место и при сравнении средних значений площадей объектов ПЗФ – лидирует восточные районы (ср.площадь ПЗФ = 475,9 га) и юго-западные районы области (ср.площадь ПЗФ = 424,2 га), среднее положение занимает северо-восток – Артемовский район (229,9 га), далее идет Александровский (50,1 га) и замыкают убывающий по данному признаку ряд два западных района-аутсайдера – Добропольский и Великоновоселковский (ср.площадь ПЗФ = 16,6 га). Обращает на себя внимание тот факт, что даже совокупные площади ПЗФ двух последних районов меньше средних площадей объектов ПЗФ, которые имеют восточные, северо-восточный и юго-западные районы области.

В целом можно констатировать, что по оценке наиболее значимых предполагаемых объектов экосети – *объектов ПЗФ и лесных массивов* природный потенциал восточных, северо-восточного и юго-западных районов Донецкой области существенно превышает таковой западные районы Донецкой области. Кроме того, обращает на себя внимание и тот факт, что по показателю количества и совокупных площадей *Шахтерский район* явно лидирует среди исследованных районов, в то время как по оценке объектов ПЗФ он занимает третье место. Это говорит о том, что в этом районе есть также существенный потенциал для расширения сети (количества и площадей) самих объектов ПЗФ за счет перевода наиболее ценных лесных участков в определенные категории ПЗФ.

Результаты балльной оценки «качественного» разнообразия по основным экологическим характеристикам потенциальных объектов локальных экологических сетей приведены в табл. 2.

Среди трех классов объектов по совокупной балльной оценке абсолютно доминируют *лесные участки*, что обусловлено фактором их численного и площадного преобладания почти во всех районах области. *Объекты ПЗФ* по совокупной балльной оценке занимают второе место и здесь решающим фактором является фитоценоотическое и биологическое разнообразие. В классе объектов *садовые комплексы* также решающим является площадный фактор, что также является следствием их относительно большого количества.

Сравнительный анализ административных районов по совокупной балльной оценке их природного потенциала показывает ту же тенденцию, что имеет место при сравнении приведенных выше количественных параметров рассматриваемых объектов. По совокупной балльной оценке объектов ПЗФ лидирует Амвросиевский район, за ним с большим отрывом идут Артемовский и Шахтерский районы. Володарский, Александровский и Першотравневый районы по данному показателю занимают среднее положение. Замыкают этот ряд два западных района – Добропольский и Великоновоселковский. По совокупной балльной оценке лесных участков явно лидирует Шахтерский район, Артемовский район также занимает второе место, а замыкают данный ряд все те же Добропольский и Великоновоселковский районы. По совокупной балльной оценке садовых комплексов разброс данных не столь велик, как в двух первых случаях, здесь «аутсайдерами» являются уже два юго-западных района – Першотравневый и Володарский.

Совокупная балльная оценка природного потенциала исследуемых районов по всем классам объектов отражена на рисунке, где районы сгруппированы в ранги по величине данного признака. В целом наибольший природный потенциал имеет восточный и северо-восточный районы области, представленные, соответственно, Шахтерским, Амвросиевским и Артемовским районами. Юго-запад по этому показателю занимает среднее положение (но Володарский район существенно преобладает над Першотравневым). Северо-западный Александровский район приближается по природному потенциалу к юго-западным. Самый низкий природный потенциал имеют два западных района Донецкой области – Великоновоселковский и Добропольский.

#### **Выводы.**

1. Для формирования региональной и локальных экологических сетей в условиях Донецкой области в качестве их каркасных элементов наиболее подходят объекты ПЗФ, лесные участки и садовые комплексы.
2. Формирование экологической сети любого ранга предусматривает пространственный охват наибольшего числа потенциальных объектов, для чего необходима комплексная их экологическая оценка для данной территории.
3. Количественная характеристика потенциальных объектов экосетей достаточно точно отражает природный потенциал территории (в нашем случае административных районов области).
4. Для более полной оценки природного потенциала как классов объектов экосетей, так и территорий, на которых они формируются, предложена балльная оценка их «качественного разнообразия», отражающая биологическое и ландшафтное разнообразие исследуемых районов.
5. В целом, как характеристика количественных показателей классов объектов, так и их балльная оценка показала весьма неоднозначную картину территориального распределения природного потенциала в Донецкой области: наибольшим потенциалом обладают восточные, северо-восточные и юго-западные районы области, средним - северо-запад, и крайне низким – западные районы.

#### **Библиографический список:**

1. Закон України “Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки” // Відомості ВРУ, 2000. 47. Ст. 405. 954-977.
2. Закон України “Про екологічну мережу України” // Відомості ВРУ, 2004. 45. Ст.502. 1841-1848.
3. Шеляг-Сосонко Ю.Р., Гродзинский М.Д., Романенко В.Д. Концепция, методы и критерии создания экосети Украины. – Киев: Фитосоцицентр, 2004. – 144 с.
4. Блэкберн А.А., Синельщиков Р.Г. Концептуальные подходы к формированию региональной экологической сети (на примере Донецкой области) // Заповідна справа в Україні, Т. 12, Вип.1. – 2006. – С.3-10.
5. Блэкберн А.А. Модельна схема Донецької регіональної екологічної мережі як приклад процесу її формування // Заповідна справа в Україні, Т.13, Вип.1-2. – 2007. – С. 6-11.
6. Бовсуновская А.Я. География туризма: Учеб. пособие. – Донецк: ДИТБ. – 2002. – 411 с.
7. Бейдик О.О. Рекреаційно-туристські ресурси України: Методологія та методика аналізу, термінологія, районування: Монографія. - К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2001. – 395 с.
8. Количественные методы в исторических исследованиях: Учеб пособие / Под ред. И.Д. Ковальченко. – М., 1984. – 384 с.

ГРИЩЕНКО Ф.В. (ДП «УкрНДНЦ проблем стандартизації, сертифікації та якості»)

**ЕКОЛОГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МІЖНАРОДНОЇ ТА НАЦІОНАЛЬНОЇ НОРМАТИВНИХ БАЗ**

*У даній статті виконано порівняльний кількісний аналіз сучасного стану міжнародної і національної нормативних баз у сфері екологічного управління, виявлено основні тенденції їхнього розвитку, сформульовано висновки та практичні пропозиції.*

*В данной статье выполнено сравнительный количественный анализ современного состояния международной и национальной нормативных баз в сфере экологического управления, выявлены основные тенденции их развития, сформулированы выводы и практические предложения.*

*In this article is the comparative quantitative analysis of the modern state executed international and national normative bases in the field of ecological management, basic their progress trends are exposed, conclusions and practical suggestions are formulated.*

Однією з ключових проблем, що потребує першочергового розв'язання, є гармонізація національної нормативної бази у сфері стандартизації, зокрема у сфері екологічного управління, з міжнародною [1]. Розв'язання цієї проблеми можливе лише на підставі критичного і системного аналізу міжнародної та національної нормативних баз, їхнього порівняння та виявлення основних тенденцій розвитку.

За останні роки у вітчизняних і зарубіжних наукових працях [2-8] докладно розглянуто основні положення окремих міжнародних та національних нормативних документів (НД) у сфері екологічного управління. Проте системного порівняльного аналізу міжнародної і національної нормативних баз у цій сфері та виявлення сьогодишніх тенденцій їхнього розвитку до сьогодні не було проведено.

Мета статті – за допомогою статистичних показників системно проаналізувати міжнародну і національну нормативні бази у сфері екологічного управління, порівняти їхній сучасний стан, виявити основні тенденції розвитку, а також сформулювати висновки та практичні пропозиції щодо прискорення гармонізації національної нормативної бази з міжнародною.

Аналіз чинних міжнародних НД. Станом на 01.01.2008 підгрупа 13.020.10 «Environmental management, including Environmental Management Systems (EMS), certification and audit» (Екологічне управління, включаючи системи екологічного управління (СЕУ), **сертифікацію та аудит**) містить 13 чинних міжнародних НД [9], у тому числі, стандарти Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) –9, технічні звіти (Technical Report – TR) ISO – 4. Усі ці НД ISO зведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Зіставлення чинних міжнародних НД і чинних та проектів згармонізованих національних стандартів

| Познака та назва  |  |
|---|--|
| чинного міжнародного НД   | чинного або розроблюваного національного стандарту   |
| ISO 14001:2004. Environmental management systems – Requirements with guidance for use                               | ДСТУ ISO 14001:2006. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2004, IDT). – На заміну ДСТУ ISO 14001–97                            |
| ISO 14004:2004. Environmental management systems – General guidelines on principles, systems and support techniques | ДСТУ ISO 14004:2006. Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо принципів, систем та засобів забезпечення (ISO 14004:2004, IDT). – На заміну ДСТУ ISO 14004–97 |
| ISO 14015:2001. Environmental management – Environmental assessment of sites and organizations (EASO)               | ДСТУ ISO 14015:2005. Екологічне управління. Екологічне оцінювання ділянок та організацій (ISO 14015:2001, IDT). – Уведено вперше   |
| ISO 14031:1999. Environmental management – Environmental performance evaluation –                                   | ДСТУ ISO 14031:2004. Екологічне керування. Наставови щодо оцінювання екологічної   |

|   |   |
|---|---|
| Guidelines  | характеристики (ISO 14031:1999, IDT). – Уведено вперше  |
| ISO/TR 14032:1999. Environmental management – Examples of environmental performance evaluation (EPE)  | ДСТУ ISO/TR 14032:2004. Екологічне керування. Приклади оцінювання екологічної характеристики (ISO/TR 14032:1999, IDT). – Уведено вперше   |
| ISO 14040:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework   | ДСТУ ISO 14040:2004. Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:1997, IDT). – Уведено вперше  |
| —   | ДСТУ ISO 14041:2004. Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Визначання цілі і сфери застосування та аналізування інвентаризації (ISO 14041:1998, IDT). – Уведено вперше  |
| ISO 14044:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines<br><i>Екологічне управління – Оцінювання життєвого циклу – Вимоги та настанови</i>   | —   |
| ISO/TR 14047:2003. Environmental management – Life cycle impact assessment – Examples of application of ISO 14042   | ДСТУ ISO/TR 14047:2007. Екологічне управління. Оцінювання впливів у процесі життєвого циклу. Приклади застосування ISO 14042 (ISO/TR 14047:2003, IDT). – Уведено вперше   |
| ISO/TR 14049:2000. Environmental management – Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis  | ДСТУ ISO/TR 14049:2004. Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Приклади використання ISO 14041 для визначання мети і сфери застосування та аналізування інвентаризації (ISO/TR 14049:2000, IDT). – Уведено вперше  |
| ISO 14050:2002. Environmental management – Vocabulary   | ДСТУ ISO 14050:2004. Екологічне керування. Словник термінів (ISO 14050:1998, IDT). – Уведено вперше   |
| ISO/TR 14062:2002. Environmental management – Integrating environmental aspects into product design and development   | ДСТУ ISO/TR 14062:2006. Екологічне керування. Враховування екологічних аспектів під час проектування та розроблення продукції (ISO/TR 14062:2002, IDT). – Уведено вперше  |
| ISO 14063:2006. Environmental management – Environmental communication – Guidelines and examples  | прДСТУ ISO 14063. Екологічне управління. Обмінювання екологічною інформацією. Настанови та приклади   |
| ISO 19011:2002. Guidelines for quality and/or environmental management systems auditing   | ДСТУ ISO 19011:2003. Настанови щодо здійснення аудитів систем управління якістю і (або) екологічного управління (ISO 19011:2002, IDT). – На заміну ДСТУ ISO 10011-1-97, ДСТУ ISO 10011-2-97, ДСТУ ISO 10011-3-97, ДСТУ ISO 14010-97, ДСТУ ISO 14011-97, ДСТУ ISO 14012-97 |
| Скорочення:<br>ДСТУ — національний стандарт України, затверджений Держспоживстандартом;<br>ДСТУ ISO — національний стандарт, через який впроваджено стандарт ISO;<br>ДСТУ ISO/TR — національний стандарт, через який впроваджено технічний звіт ISO;<br>прДСТУ — проект національного стандарту |   |

Аналізуючи дані про чинні міжнародні НД табл. 1 і використовуючи показники, запропоновані у [10], можна відзначити:

- частка НД на **СЕУ** (3 найменування) (**СЕУ** являє собою частину системи управління організації, яку використовують, щоб розробити та запровадити її екологічну політику та

управляти її екологічними аспектами [11]) від загальної кількості міжнародних НД (13 найменувань) приблизно дорівнює 23,1 %;

- базисний абсолютний приріст (збільшення або зменшення загальної кількості НД за певний період часу) за 2003—2006 роки становить 6 НД, а середній абсолютний приріст (відношення базисного абсолютного приросту до загальної кількості років — середньоарифметичне значення) — 2 НД;
- коефіцієнт оновлення (відношення кількості НД, прийнятих за певний період часу, до їх загальної кількості під кінець періоду) міжнародних НД за 2006 рік приблизно становить 0,23, а за 2007 рік цей коефіцієнт дорівнює 0.

Аналіз чинних згармонізованих національних стандартів. Станом на 01.01.2008 підгрупа 13.020.10 “Екологічне управління, включаючи системи екологічного управління (СЕУ), сертифікацію та аудит” містить 12 чинних згармонізованих національних стандартів [12], які за ступенем відповідності є ідентичними (IDT) за змістом і формою подання (див. табл. 1).

Аналіз даних про чинні згармонізовані національні стандарти (див. табл. 1) свідчить:

- частка згармонізованих національних стандартів на СЕУ від загальної кількості згармонізованих національних стандартів дорівнює 25 %;
- базисний абсолютний приріст згармонізованих національних стандартів за 2003—2006 роки становить 12 стандартів, а середній абсолютний приріст — майже 4 стандарти;
- коефіцієнт оновлення згармонізованих національних стандартів за 2006 рік приблизно дорівнює 0,27, а за 2007 рік цей коефіцієнт — 0,08;
- коефіцієнт згармонізованості національних стандартів (відношення загальної кількості згармонізованих національних стандартів до загальної кількості міжнародних НД) приблизно становить 0,85.

Порівняльний аналіз чинних міжнародних НД і згармонізованих національних стандартів. Зіставлення наведених вище статистичних показників дає можливість встановити такі розбіжності у станах чинних міжнародних НД і згармонізованих національних стандартів у сфері екологічного управління:

- загальна кількість згармонізованих національних стандартів (12) менша загальної кількості чинних міжнародних НД (13) на один стандарт;
- частка згармонізованих національних стандартів на СЕУ (25 %) перевищує частку міжнародних НД на СЕУ (23,1 %) на 1,9 %;
- базисний та середній абсолютні прирости згармонізованих національних стандартів за 2003—2006 роки у 2 рази більші аналогічних показників міжнародних НД;
- коефіцієнт оновлення згармонізованих національних стандартів за 2006 рік (0,27) перевищує аналогічний показника для міжнародних НД (0,23) на 0,04, а за 2007 рік він - на 0,08.

Нові розробки ISO. Станом на 01.07.2008 в рамках ISO розроблюють п'ять майбутніх стандартів ISO з екологічного управління [9] (табл. 2).

Аналіз даних табл. 2 свідчить, що:

- розроблюються нові стандарти ISO 14005, ISO 14006, ISO 14051, об'єктами стандартизації першого і другого стандартів є СЕУ, а третього – екологічне управління;
- переглядаються стандарти ISO 14050:2002 та ISO 19011:2002 (див. табл. 1 і табл. 2), об'єктами стандартизації яких є словник термінів з екологічного управління та настанови щодо здійснення аудитів систем управління відповідно;
- опублікування переглядаємого стандарту ISO 14050 очікується на початку, а нового стандарту ISO 14005 – під кінець 2009 року, останніх трьох стандартів ISO – протягом 2011–2012 років.

Таблиця 2 – Проекти стандартів ISO

| Позначка та назва проекту  | Поточна стадія  |
|--|---|
| ISO/CD 14005. Environmental management systems – Guidelines for a staged implementation of an environmental management system, including the use of environmental performance evaluation<br><i>Системи екологічного управління – Наставови щодо стадії</i> | 30.60. Стадія комітету (розіслано підсумки зауважень/голосування) |

|   |   |
|---|---|
| <i>впровадження системи екологічного управління, включаючи використання оцінювання екологічної характеристики</i>   |   |
| ISO/AWI 14006. Environmental management systems – Guidelines on eco–design<br><i>Системи екологічного управління – Настанови щодо екопроекткування</i>  | 20.00. Підготовча стадія (новий проект зареєстровано у програмі роботи TC/SC) |
| ISO/FDIS 14050. Environmental management – Vocabulary<br><i>Екологічне управління – Словник</i>   | 50.00. Стадія ухвалення (FDIS зареєстровано для офіційного ухвалення)         |
| ISO/NP 14051. Environmental management – Material flow cost accounting – General principles and framework<br><i>Екологічне управління – Калькуляція собівартості матеріального потоку – Загальні принципи та структура</i>  | 10.99. Стадія пропозиції (новий проект ухвалено)                              |
| ISO/AWI 19011. Guidelines for auditing management systems<br><i>Настанови щодо здійснення аудитів систем управління</i>   | 20.00. Підготовча стадія (Новий проект зареєстровано у програмі роботи TC/SC) |
| Скорочення:<br>CD ( <i>Committee Draft</i> ) – проект на стадії комітету;<br>AWI ( <i>Approved Work Item</i> ) – ухвалена робоча тема;<br>FDIS ( <i>Final Draft International Standard</i> ) – остаточний проект міжнародного стандарту;<br>NP ( <i>New Work Item Proposal</i> ) – пропозиція щодо нової робочої теми;<br>TC ( <i>Technical Committee</i> ) – технічний комітет;<br>SC ( <i>Subcommittee</i> ) – підкомітет |   |

#### **Висновки:**

- Станом на 01.01.2008 міжнародна нормативна база у сфері екологічного управління загалом нараховує 13 НД двох категорій - стандарти ISO і ISO/TR (див. табл. 1). Частка міжнародних НД на **СЕУ становить** майже чверть від їх **загальної** кількості, що підтверджує їхню значну роль.  
Низький середній абсолютний приріст за 2003-2006 роки і різке зменшення коефіцієнта оновлення міжнародних НД у 2007 році дають підставу вважати, що формування міжнародної нормативної бази у сфері екологічного управління в основному завершено.
- Наприкінці 2009 року загальна кількість чинних міжнародних НД вірогідно збільшиться до 14 (за рахунок опублікування нового стандарту ISO 14005 - див. табл. 2), а протягом 2010-2011 років вона може збільшитись ще на два нових стандарти ISO (ISO 14006, ISO 14051- див. табл. 2) і буде імовірно нараховувати 16 НД: 12 стандартів та 4 технічних звіти ISO.  
Отож, аналіз показує, що у 2009-2011 роках міжнародна нормативна база у сфері екологічного управління буде розвиватись дуже повільно.
- Станом на 01.01.2008 національна нормативна база у сфері екологічного управління налічує 12 згармонізованих стандартів двох категорій - ДСТУ ISO і ДСТУ ISO/TR (див. табл. 1). Коефіцієнт згармонізованості національних стандартів (0,85) на початку 2009 року зменшиться до 0,79. За наступні два-три роки він може зменшитись до 0,61, якщо не розробляти нових згармонізованих національних стандартів.  
Через те, що значення базисного та середнього абсолютних показників приростів згармонізованих національних стандартів у два рази більше, ніж значення аналогічних показників міжнародних НД (див. розділ 3), можна стверджувати, що у 2003–2006 роки національна нормативна база розвивалась значно динамічніше, ніж міжнародна.  
Упродовж найближчих років, на погляд автора, доцільно впровадити наступні практичні пропозиції щодо прискорення гармонізації національної нормативної бази з екологічного управління із міжнародною.
- Відстежувати розвиток міжнародної нормативної бази і з визначеною періодичністю її аналізувати для встановлення можливості подальшої гармонізації національної нормативної бази.
- Долучити до Плану національної стандартизації на поточний рік тему з оновленої термінології екологічного управління (майбутній стандарт ISO 14050:2008 - див. табл. 2), яку широко впроваджувати через нові національні стандарти та вітчизняну практику.

6. Згармонізувати ДСТУ ISO 14040:2004 зі стандартом ISO 14040:2006 (див. табл. 1) на основі того, що на даний час цей національний стандарт відповідає скасованому стандарту ISO 14040:1997.
7. Розпочати у зв'язку із скасуванням стандарту ISO 14041:1998 перевірку ДСТУ ISO 14041:2004 (див. табл. 1) з метою прийняття рішення щодо його чинності.
8. Завершити розроблення нового згармонізованого національного стандарту ДСТУ ISO 14063 (див. табл. 1) у найближчому часі.
9. Брати активну участь у технічній роботі шести підкомітетів ISO/TC 207 “Environmental management” (Екологічне управління), насамперед у розробленні майбутніх міжнародних стандартів.
10. Визначити з урахуванням особливостей національної економіки України потребу включення чинного стандарту ISO 14044:2006 (див. табл. 1) до майбутнього щорічного плану національної стандартизації.
11. Продовжувати підготовку кандидатів в аудиторів та підвищення кваліфікації аудиторів і спеціалістів в Інституті підготовки фахівців у сфері управління якістю, стандартизації, оцінки відповідності та метрології ДП “УкрНДНЦ” з урахуванням прийняття у 2008 році ISO 14050.

Одержані результати порівняльного аналізу міжнародної та національної нормативних баз у сфері екологічного управління, виявлені основні сучасні тенденції їхнього розвитку дають можливість Національному органу України зі стандартизації раціонально використати найближчі роки для цілеспрямованого прийняття чинних і нових міжнародних НД як національних.

#### **Бібліографічний список:**

1. Програма інтеграції України до Європейського Союзу / Схвалено Указом Президента від 14.09.2000 № 1072/2000 // Офіційний веб-портал Верховної Ради України ([URL:http://zakon1.rada.gov.ua](http://zakon1.rada.gov.ua)).
2. Грищенко Ф. Охорона навколишнього середовища: оновлені стандарти серії ISO 14000 // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2000. – № 3. – С. 15–18.
3. Горопацький В., Паракуда В., Сухенко А., Корецька Н. Новий стандарт з охорони навколишнього середовища // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2005. – № 2. – С. 6–7
4. Замятина О., Самойлова О., Сидоренко А. Стандарти ИСО в области защиты окружающей среды // Стандарти и качество. – 2005. – № 5. – С. 32–35.
5. Сухенко А., Горопацький В., Семенюк Н. Переглянуто національні стандарти на системи екологічного керування // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2006. – № 4. – С. 35–36.
6. Петросян Е.Р. О перспективах нормативного регулирования в решении экологических проблем // Мир стандартов. – 2007. – № 2 (13). – С. 13–18.
7. Сухенко А.С., Горопацький В.Г., Семенюк Н.С. Нові національні стандарти у сфері екологічного управління // Наук.-техн. вісник Укр. наук.-дослід. і навчальн. центру проблем стандартизації, сертифікації та якості. – Вип. 4. – К.: ДП “УкрНДНЦ”, 2007. – С. 43–51.
8. Петросян Е.Р. Состояние и перспективы нормативного обеспечения экологического менеджмента // Мир стандартов. – 2007. – № 10 (21). – С. 32–35.
9. Catalogue ISO (Каталог ISO) / Он-лайнний веб-сайт ISO ([URL: http://www.iso.org](http://www.iso.org)).
10. Грищенко Ф. Управління якістю: адаптація національної нормативної бази до міжнародної // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2007. – № 5 (48). – С. 41–47.
11. ДСТУ ISO 14004:2006. Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо принципів, систем та засобів забезпечення (ISO 14004:2004, IDT). – На заміну ДСТУ ISO 14004–97; Чинний від 01.07.2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 37 с.
12. Каталог нормативних документів 2008: У двох томах / Держспоживстандарт України; Уклад.: В. Гаврикова. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2008. – Т. 1. – С. 65.



МОСКАЛЕЦ В.М. (Донецкий национальный технический университет)

## ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Розглянуто проблемні питання нормативної бази для об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно-небезпечних об'єктів України.*

*Рассмотрены проблемные вопросы нормативной базы для объектов повышенной опасности и потенциально-опасных объектов Украины.*

*The outstanding problem of regulatory system for [extra-hazardous occupancies](#) and critical infrastructures of Ukraine are observed.*

**Введение.** В настоящее время требования к обеспечению безопасности потенциально опасных промышленных предприятий становятся более жесткими. 18 января 2001 г. в нашей стране принят Закон Украины «Об объектах повышенной опасности», определяющий правовые, экономические, социальные и организационные основы деятельности, связанной с объектами повышенной опасности (ОПО), и направленный на защиту жизни и здоровья людей и окружающей среды от вредного воздействия аварий на этих объектах путем предотвращения их возникновения, локализации развития и ликвидации последствий.

Целью данной статьи является выявление проблемных вопросов нормативно-правовых актов по объектам повышенной опасности и потенциально-опасным промышленным объектам Украины для совершенствования процедур идентификации, декларирования безопасности, подготовки к локализации и ликвидации аварийных ситуаций и аварий и их последствий.

Согласно требованиям ст. 9 Закона Украины «Об объектах повышенной опасности» [1] предприятия, на которых используются, изготавливаются, перерабатываются или транспортируются опасные вещества, проводят процедуру идентификации ОПО, по результатам которой объекту присваивается класс опасности.

Согласно утвержденному Кабинетом Министров Украины порядку идентификации и учета ОПО (НПАОП 0.00-6.21-02 [2]) для каждого потенциально опасного объекта рассчитывается суммарная масса каждого опасного вещества и группы опасных веществ и сравнивается с нормативами, приведенными в НПАОП 0.00-3.08-02 «Нормативы пороговых масс опасных веществ для идентификации объектов повышенной опасности» [3]. Если норматив не превышен, он пересчитывается для опасных веществ и для каждой группы опасных веществ с учетом расстояния к «третьим лицам», после чего снова сравнивается с количеством опасных веществ на объекте. При превышении норматива объекту присваивается соответствующий класс опасности.

На сегодняшний день большинство предприятий Донбасса провели процедуру идентификации, в Государственный реестр внесено около 200 ОПО.

Практика применения процедуры идентификации показала несовершенство ряда существующих методов и подходов. Проблема заключается в присвоении класса повышенной опасности объектам, совсем не представляющим такой опасности для населения и других объектов заботы общества.

Так многим потенциально опасным объектам, был присвоен класс опасности по причине присутствия больших количеств серной кислоты. Существующая процедура идентификации определяет это вещество как токсичное согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [4] и ГОСТ 12.1.007-76\*ССБТ [5].

Статья 3 Директивы Совета 96/82/ЕС [6] дает следующее определение: «крупная авария» означает такое событие, как мощный выброс, пожар или взрыв, произошедшее в результате неконтролируемых изменений в ходе эксплуатации предприятия, охваченного настоящей Директивой, ведущее к серьезной опасности - непосредственной или с замедленным эффектом - для здоровья людей и/или для окружающей среды на территории предприятия или за его пределами и связанное с одним или несколькими опасными веществами.

Проливы серной кислоты при разрушении оборудования или трубопроводов или переливе продукта представляют опасность, в основном, при непосредственном воздействии жидкости на кожные покровы и слизистые оболочки людей; при этом возможна интоксикация персонала, находящегося рядом с проливом, парами веществ. Из-за низкого давления насыщенных паров

проливы данного вещества не дают токсичной волны. Поэтому вещество не представляет значительной опасности по отношению к «третьим лицам».

Однако, попадая в класс опасности, предприятие обязано страховать свой объект повышенной опасности за вред, который может быть причинен авариями на нем «третьим лицам». Так, например, ОАО «Константиновский металлургический завод», большинство цехов которого пришло в негодность после развала СССР, вынуждено страховать свое предприятие как объект 2-го класса опасности именно из-за присутствия серной кислоты на объекте. ЗАО «Макеевский металлургический завод» застраховало цех ЦЭВС как объект 1-го класса опасности по той же причине.

Для решения данной проблемы необходимо внести изменения в существующие нормативные акты касательно таких веществ как серная кислота, расширить список индивидуально опасных веществ НПАОП 0.00-3.08-02 [3], включить туда аналогичные опасные химические вещества и определить для них индивидуальные нормативы.

Важной проблемой для многих предприятий является несоответствие состояния санитарно-защитной зоны действующим нормам. Согласно п. 5.10. ДСП 173-96 [7] в санитарно-защитных зонах нельзя допускать размещения жилых домов, охранных зон источников водоснабжения. Однако требование данного документа не всегда выполняется. Так в санитарно-защитной зоне ЗАО «Макеевкокс» находится частный жилой сектор на расстоянии 120 м от предприятия, аналогично для ОАО «Ясиновский коксохимический завод» - Макеевская исправительная колония (200 м). Канал «Северский Донец-Донбасс» находится в санитарно-защитной зоне ОАО «Ясиновский коксохимический завод» на расстоянии 360 м от территории предприятия. Из-за таких нарушений объекты предприятий получают класс повышенной опасности при учете расстояния к «третьим лицам».

Для решения данной проблемы необходимо законодательно определить процедуру вынесения из санитарно-защитной зоны проблемных объектов и определить источники финансирования.

Существует некоторая неопределенность процедуры идентификации объектов по расстоянию к «третьим лицам». Согласно НПАОП 0.00-6.21-02 [2], если суммарная масса опасных веществ на объекте превышает норматив пороговой массы, процедура идентификации считается законченной, а если не превышает – производится перерасчет пороговой массы по расстоянию к «третьим лицам». Так, например, если на объекте находится 50 т серной кислоты, объекту автоматически присваивается 2-й класс опасности. Если же хранится 49 т, производится перерасчет, и если окажется, что расстояние к «третьим лицам» не превышает 247м, объекту присвоится 1-й класс опасности.

Следует заметить, что процедура пересчета класса опасности по расстоянию отсутствует в Европе и в России [6, 8]. Данная норма только снижает качество документа и вызывает нарекания специалистов.

Согласно требованиям ст. 11 Закона Украины «Об объектах повышенной опасности» [1], НПАОП 0.00-4.33-99 [9] ОПО и потенциально опасные объекты разрабатывают план локализации и ликвидации аварийных ситуаций и аварий (ПЛАС). Согласно требованиям п. 2 приложения к порядку декларирования безопасности ОПО [10] ПЛАС является неотъемлемой частью декларации безопасности ОПО.

ПЛАС состоит из аналитической и оперативной части. В аналитической производится анализ опасности предприятия, а в оперативной описываются действия персонала с целью предотвращения аварийных ситуаций и аварий.

На сегодняшний день наметились следующие проблемные вопросы нормативной базы по ПЛАС:

- не определен четкий порядок проведения экспертизы аналитической части ПЛАС (в настоящий момент выполнение этой работы не требует разрешительных документов, а также не поставлен вопрос о государственной экспертизе ПЛАС);
- не ясно, почему вопрос проведения экспертизы оперативной части ПЛАС квалифицированными специалистами экспертно-технических центров не прописан в отечественном законодательстве. В России, например, в 2006 г. вступил в действие РД-13-02-2006 [11], в котором определен четкий порядок проведения экспертизы пояснительной записки и оперативной части ПЛАС (в России аналитическая часть выполняется в форме пояснительной записки к ПЛАС);

- не определен четкий порядок необходимости проведения экспертизы ПЛАС после внесения в него изменений или окончания срока его действия (5 лет);
- методики расчета (прогнозирования) последствий аварий требуют разграничения области их применения (необходимо четко определить, какой методикой необходимо пользоваться для данного вида аварии);
- отсутствие четких критериев перехода аварий на уровень развития «Б» (переход аварии за пределы структурного подразделения и развитие ее в пределах предприятия) и уровень «В» (развитие и переход аварии за пределы территории предприятия, ЧС), возникают неясности с дифференциацией поражающих факторов;
- согласно [1, 12] гидротехнические сооружения могут относиться к ОПО, и для них, согласно Украинского законодательства, возникает необходимость разработки ПЛАС. Однако в Украине отсутствует нормативная база для разработки ПЛАС гидротехнических сооружений и общепринятые методики оценки опасности аварий для таких ОПО. Некоторые специалисты используют ВСН-3-83, однако данный документ можно достать только в специализированных организациях, расчеты очень приблизительные, нет возможности учитывать химический состав воды, например для шламо- или илонакопителей. В России принята для этих целей «Методика расчета зон затопления при гидродинамических авариях на хранилищах производственных отходов химических предприятий» [14]. Однако она не учитывает возможности оценки токсического заражения окружающей среды и токсичного поражения людей, не привязана к методике оценки ущерба [15];
- отсутствует нормативный документ (положение) о газоспасательной службе на предприятиях машиностроения и металлообработке (аналог НАОП 1.2.00-4.01-90 металлургической отрасли): на таких предприятиях функционируют цеха с металлургическим комплексом (сталеплавильное, литейное производства, кислородные станции и т.п.) и газопотребляющими цехами, а обученных газоспасателей владельцы предприятий не держат;
- необходим перечень конкретных видов производств и объектов, для которых необходимо разрабатывать ПЛАС: некоторые собственники предприятий, опираясь на ст. 11 Закона Украины «Об объектах повышенной опасности», не намерены разрабатывать ПЛАС для потенциально-опасных объектов, не идентифицированных как ОПО.

Согласно требованиям ст. 10 Закона Украины «Об объектах повышенной опасности» [1] предприятия, эксплуатирующие объекты повышенной опасности (ОПО), разрабатывают для них декларацию безопасности (ДБ). Порядок разработки ДБ в Украине в настоящее время регламентирован НПАОП 0.00-6.22-02 [10] и «Методикой определения рисков...» [16]. Практика разработки и экспертизы ДБ ОПО наметила ряд проблемных вопросов нормативной базы в этой области.

1. Существует крайне нечеткие нормы по порядку разработки ДБ для проектируемых и реконструируемых объектов. В соответствии с требованиями п. 4 НПАОП 0.00-6.22-02 [10] для строящихся объектов ДБ разрабатывается как составная часть проектной документации, согласно рекомендациям ДБН А.2.2-3-2004 [17] - входит в состав только технико-экономического обоснования (объекты IV и V категории сложности). На практике же в составе проектной документации для потенциально опасного объекта иногда можно встретить идентификацию его опасности - сказывается отсутствие квалифицированных специалистов проектных организаций в данной области [18] и дороговизна разработки ДБ.
2. Отсутствуют требования к квалификации специалистов организаций-разработчиков ДБ (в настоящий момент выполнение данной работы не требует разрешительных документов). От этого страдает качество самой работы.
3. Не определен четкий порядок проведения экспертизы ДБ: в соответствии с требованиями п. 7 НПАОП 0.00-6.22-02 [10] должна проводиться экологическая и научно-техническая экспертиза деклараций. Однако, в настоящее время экспертизу ДБ, в основном, проводят аттестованные Госгорпромнадзором специалисты экспертно-технических центров (ЭТЦ). При этом сами ЭТЦ не аккредитованы в научно-технической сфере, а аккредитован лишь Национальный НИИ промышленной безопасности и охраны труда, к которому их с недавнего времени переподчинили. Экспертиза получается не научно-техническая, а на соответствие нормативно-правовым актам по охране труда и промбезопасности. Экологическая экспертиза ДБ на сегодняшний день не проводится.

4. Отсутствует отечественное отраслевое методическое обеспечение по оценке риска, ввиду чего специалистам приходится пользоваться разработками российских коллег [19-22].
5. Согласно нормативным документам [1, 12, 23] гидротехнические сооружения могут относиться к ОПО, и для них, согласно ст. 10 закона [1] необходимо разрабатывать ДБ. Однако в Украине до сих пор отсутствует порядок разработки ДБ гидротехнических сооружений. В России ДБ гидротехнических сооружений разрабатывается в соответствии с требованиями Федерального Закона [24] согласно РД 03-268-99 [25], а ущерб от аварий оценивается согласно РД 153-34.2-002-01 [15].
6. Страховая сумма при осуществлении обязательного страхования ОПО определяется по результатам их идентификации, а не на основании оценки ущерба, который проводится в ДБ [12, 26], и актуарных расчетов.
7. Имеется необоснованное требование о необходимости нотариально заверять ряд документов, идущих приложением к ДБ: ПЛАС, разрешительной документации, договоров страхования и т.д. [10].

Практика разработки ДБ показала, что возникают значительные проблемы, связанные с количественной оценкой рисков для различных видов воздействий, однозначной оценкой ущерба, необходимостью выполнения предприятием крайне затратных мероприятий по снижению уровня риска, которые несоизмеримы с платежами по страхованию гражданской ответственности субъекта хозяйственной деятельности, что приводит к формализации отдельных разделов декларации. Сколько бы предприятие не вкладывало финансовых средств в реализацию мероприятий по промышленной безопасности, по существующему законодательству только класс опасности определяет уровень страховых взносов. Отсюда явная незаинтересованность руководства осуществлять такие мероприятия.

Для того чтобы процедура декларирования безопасности не превратилась в формальность и служила повышению безопасности предприятий, необходимо:

- определить квалификационные требования к разработчикам деклараций и создать механизм лицензирования этого вида деятельности;
- определить порядок проведения экспертизы деклараций;
- разработать отраслевые руководящие документы по идентификации и декларированию безопасности, учитывающие специфику разных отраслей промышленности;
- разработать межотраслевые методические указания по количественной оценке риска промышленных производств, ориентированные на практическое применение у специалистов;
- создать централизованную базу данных по авариям на предприятиях, промышленным рискам, обновляемую базу данных по надежности оборудования, которая служила бы источником информации, как для разработчиков деклараций безопасности, так и для эксплуатационных и ремонтных служб и проектных организаций;
- разработать доступное программное обеспечение для автоматизации работ по оценке безопасности и риска;
- совершенствовать статистическую отчетность в области промышленной безопасности для предприятий, имеющих на своем балансе объекты повышенной опасности;
- улучшать действующую систему страхования объектов повышенной опасности.

**Выводы.** Существующая система идентификации и декларирования безопасности, а также готовность к ликвидации аварийных ситуаций и аварий и их последствий является важным инструментом технической политики в области промышленной безопасности. Поэтапное совершенствование этих процедур и отработка на практике действующих норм позволит в свою очередь повысить качество отечественного законодательства по промышленной безопасности.

#### Библиографический список:

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки», прийнятий Верховною Радою України 18.01.01 № 2245-III.
2. Порядок ідентифікації та обліку об'єктів підвищеної небезпеки: НПАОП 0.00-6.21-02: Затв. Постановою КМУ від 11.07.02 № 956.
3. Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки: НПАОП 0.00-3.08-02: Затв. Постановою КМУ від 11.07.02 № 956.
4. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

5. ГОСТ 12.1.007-76\* ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
6. Директива Совета ЕС 96/82/ЕС. О сдерживании опасностей крупных аварий, связанных с опасными веществами/Совет Европейского союза: Женева, 1996. — 22 с.
7. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів: ДСП 173-96: Затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 №173.
8. РД-03-260-99, РД 03-616-03, ПБ 03-260-99. Методические рекомендации по идентификации опасных производственных объектов.
9. Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій: НПАОП 0.00-4.33-99: Затв. Наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 17.06.1999 № 112.
10. Порядок декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки: НПАОП 0.00-6.22-02: Затв. Постановою КМУ від 11.07.02 № 956.
11. Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций на взрывоопасных, пожароопасных и химически опасных производственных объектах и требования к оформлению заключения данной экспертизы: РД-13-02-2006: Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.11.2006 № 1005, зарегистрированным Минюстом России от 08.12.2006, рег. № 8577.
12. Порядок і правила проведення обов'язкового страхування цивільної відповідальності суб'єктів господарювання за шкоду, яка може бути заподіяна пожежами та аваріями на об'єктах підвищеної небезпеки, включаючи пожежовибухонебезпечні об'єкти та об'єкти, господарська діяльність на яких може призвести до аварій екологічного і санітарно-епідеміологічного характеру: Затв. Постановою КМУ від 16.10.2002 № 1788.
13. ВСН-3-83. Инструкция по определению зон возможных затоплений при прорыве напорных фронтов гидроузлов.
14. Методика расчета зон затопления при гидродинамических авариях на хранилищах производственных отходов химических предприятий: РД 09-391-00. Постановление Госгортехнадзора России от 04.11.2000 № 65.
15. Временная методика оценки ущерба, возможного вследствие аварии гидротехнического сооружения: РД 153-34.2-002-01: Утв. Приказом Минэнерго России от 26.04.2001 №130, введ. в действие 01.05.2001 г.
16. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки: Затв. Наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002 № 637.
17. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва: ДБН А.2.2-3-2004: Затв. Наказом Держбуду України від 20.01.2004 № 8.
18. Г.В. Аверин, В.М. Москалец. Оценка риска возникновения аварий на объектах повышенной опасности //Охрана труда. – 2008. - №6 (168). – С. 30-33.
19. Декларирование промышленной безопасности опасных производственных объектов: Сборник документов. Серия 27. Выпуск 3/Колл. Авт. – 4-е изд., испр. и доп. – М: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2005. – 296.
20. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «ГАЗПРОМ»: СТО РД Газпром 39-1.10-084-2003: введ. в действие Распоряжением ОАО «Газпром» от 12.11.2003 г. № 269.
21. РД «Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах». Утверждено АК «Транснефть», приказ от 30.12.99 № 152; согласовано Госгортехнадзором России, письмо от 07.07.99 № 10-03/418.
22. РД «Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах». Утверждено АК «Транс- нефть», приказ от 30.12.99 № 152; согласовано Госгортехнадзором России, письмо от 07.07.99 № 10-03/418.
23. Порядок видачі дозволів Державним комітетом з нагляду за охороною праці та його територіальними органами: НПАОП 0.00-4.05-03: Затв. Постановою КМУ від 15.10.03 №1631.
24. Федеральный Закон «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.1997 г. №117-ФЗ

25. Порядок разработки и дополнительные требования к содержанию декларации безопасности гидротехнических сооружений на подконтрольных Госгортехнадзору России предприятиях (организациях): РД 03-268-99.
26. Н.В. Малеев, Л.А. Лесникова. Непрофессионализм страхования объектов повышенной опасности //Охрана труда – 2006. – № 10 (148). – С. 30-31.

ШАФОРОСТОВА М.М. (Донецький національний технічний університет)

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ НАДРОКОРИСТУВАННЯМ У ВУГІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ**

*Проаналізовано співвідношення між показниками обсягів видобутку вугілля і державних субсидій. Наведено причини зниження ефективності діяльності державних шахт. Запропоновано комплексне використання надр як оптимальний напрямок розвитку вугільної галузі.*

*Проанализировано соотношение между показателями объемов добычи угля и государственных субсидий. Приведены причины снижения эффективности деятельности государственных шахт. Предложено комплексное использование недр как оптимальное направление развития угольной отрасли.*

*The parity between parameters of volumes of a coal mining and the state grants is analysed. The reasons of decrease in efficiency of activity of the state mines are resulted. Complex use of bowels as an optimum direction of development of coal branch is offered.*

Поступова глобалізація світової економіки призводить до підвищення виробничої спеціалізації, виникнення транснаціональних корпорацій, усунення ринкового монополізму. Формування економіки завжди пов'язано з діяльністю по використанню природних ресурсів, що стає основним негативним фактором впливу на навколишнє природне середовище.

Україна має наміри на приєднання країни до міжнародного співтовариства розвинених держав. Реалізація планів можлива за умов реформування економіки у напрямку сталого розвитку з дотриманням вимог до створення ефективних механізмів державного управління у сфері природокористування та охорони навколишнього природного середовища.

Методом вирішення завдань державного управління є регулювання співвідношення економічних інтересів суспільства при обов'язковому пріоритеті права людини на безпечне для життя і здоров'я довкілля та інших екологічних прав громадян, які досягаються виконанням державними та іншими органами ряду заходів, що необхідні для оптимальної організації раціонального використання та охорони природних об'єктів [1].

Наслідки колишньої екологічної політики України у ХХ сторіччі відображаються сьогодні на економічних показниках – до 10% втрат валового внутрішнього продукту зумовлено зменшенням продуктивності та передчасною втратою основних фондів. Ця ситуація особливо актуальна для базових галузей промислового виробництва.

Мінерально-сировинна база України є основою виробництва понад 90% продукції важкої промисловості. На частку мінерально-сировинного комплексу припадає третина виробничих фондів, близько 40% капітальних вкладень, майже п'ята частина трудових ресурсів. До промислового освоєння залучено від 40 до 75 відсотків розвіданих запасів основних видів корисних копалин [2].

Через недосконалі технології видобування та переробки мінеральної сировини та незадовільне вирішення питань комплексного освоєння родовищ у надрах залишаються і втрачаються: до 70% розвіданих запасів нафти, 50% солей, 28% вугілля та 25% металевих руд.

Для підприємств металургійної, хімічної, нафтохімічної, сільськогосподарської промисловості економіко-правове регулювання природокористування набуло широкого втілення [1,3,4]. Щодо гірничодобувної промисловості, то внаслідок масштабності її впливу на довкілля, багатокomпонентності негативних факторів та їх часовий прояв з минулої, теперішньої та майбутньої діяльності, узагальнюючих досліджень майже не виконувалося, а конкретних методичних нормативно-правових документів для вугільної та гірничодобувної галузей промисловості, спрямованих на екологізацію надокористування, не розроблялося [5,6,7,8,9].

Вугледобувна промисловість стала для України практично невід'ємним тягарем. Незважаючи на збільшення обсягів державної допомоги, знижується ефективність роботи вугледобувних підприємств. Вирішення проблем розвитку вугледобувної промисловості стає з кожним роком більш актуальним питанням, приймаючи до уваги тенденції щодо змін у попиту на енергоносії, у т.ч. на вугілля.

Для України використання вугілля є найбільш оптимальним шляхом для задоволення потреби у енергоносіях для промисловості з урахуванням запасів цієї корисної копалини (табл. 1) та значних змін у ціні на природний газ на світовому ринку. Зниження залежності країни від ринкових коливань цін на природний газ має бути одним з напрямків державної політики у сфері надокористування.

Таблиця 1 – Запаси вугілля в Україні

| Показник                                      | Обсяги, млрд. т |
|---|-----------------|
| Загальні запаси, з них                        | 117,3           |
| - промислові запаси на діючих шахтах, у т.ч.: | 6,5             |
| • енергетичне вугілля                         | 3,5             |
| • коксівне вугілля                            | 3,0             |

Вирішення цього питання потребує значних змін в технологічних системах підприємств, що в свою чергу вимагає розробки привабливих для них економічних умов, тобто удосконалення інноваційно-інвестиційного та фінансово-кредитного механізмів.

Сучасний механізм підтримки вугледобувної галузі можливо охарактеризувати як антистимулюючий, базуючись на наступній тенденції: чим більше коштів держава спрямовує на підтримку вугільної промисловості, тим менше в країні добувається вугілля (табл. 2). Простежується тенденція: чим гірше працює підприємство, тим більше отримує допомоги від держави.

Таблиця 2 – Співвідношення обсягів видобутку вугілля та державних субсидій

| Показник                                     | 2005   | 2007   | 2007 до 2005 |       |
|--|--------|--------|--------------|-------|
|  |        |        | +/-          | %     |
| Видобуток вугілля, млн. т                    | 78,0   | 75,6   | -2,4         | -3,85 |
| Бюджетні дотації, млн. грн.                  | 4443,9 | 5864,8 | 1420,9       | 31,97 |
| Питомий показник державної підтримки, грн./т | 56,97  | 77,58  | 20,61        | 36,18 |

Певна річ, необхідно враховувати різні геологічні умови видобутку вугілля, труднощі щодо забезпечення безпеки діяльності і т. ін., але деякі фактори, що впливають на економічні показники (наприклад, стимулювання робітників до підвищення продуктивності праці та інноваційної діяльності; впровадження комплексного підходу до надрокористування; переробка та використання відходів), не враховуються при розподілі бюджетних коштів. Це не сприяє змінам у організаційно-економічній діяльності на підприємстві.

Структура виробництва вугілля в Україні має наступний вигляд: 55,8% – це державні шахти, а 44,2% – приватні. Треба зауважити, що у приватному секторі також відмічається зниження продуктивності на 1,5%, в той час коли на дотаційних підприємствах Мінвуглепрому – на 9% (показники 2007 р.).

Зниження ефективності діяльності гірничих підприємств обумовлено наступними причинами:

- підвищення віку працюючих шахтарів (близько 60% складають робітники пенсійного віку), що негативно впливає на продуктивність праці;
- дефіцит техніки та обладнання (значне підвищення цін на гірничошахтне обладнання не дає можливості підприємствам закупати його в необхідних обсягах), що не дозволяє своєчасно підготувати нові очисні виробки і пустити нові лави одночасно з роботою в старих лавах;
- значний знос основних фондів на шахтах (близько 80%), що приводить до підвищення аварійності, виробничого травматизму і загибелі шахтарів;
- відсутність пільг у податковій сфері для підприємств, що впроваджують інноваційні технології та механізм їх заохочення;
- не розроблено механізми заохочення працівників до підвищення продуктивності праці та до участі у винахідницькій діяльності еколого-економічного спрямування.

Крім проблем з видобутком вугілля, відмічено тенденцію до погіршення якості вугілля - підвищення зольності до 40%. Якщо перерахувати обсяги добутого вугілля з урахуванням світових стандартів до показника зольності, то замість 75,6 млн. т (2007 р.) маємо говорити о 62-65 млн. т.

В свою чергу, зниження якості вугілля обумовлює збільшення екологічних проблем –



забруднення повітря і водних об'єктів і сприяє наростанню соціальних проблем (погіршення умов праці, підвищення рівня захворюваності).

Всі ці фактори впливають на ціну вугілля. При державній підтримці неефективно працюючі шахти поставляють на ринок вугілля по демпінговим цінам, а ефективно працюючі підприємства програють у конкурентній боротьбі.

Неадекватна оцінка вартості вугілля призводить до встановлення ціни, яка не відображає реальні витрати на видобуток корисної копалини. Таким чином, має місце протиріччя: чим кращі гірничо-геологічні умови видобутку вугілля, тим менш його собівартість. Виникає необхідність в державній підтримці тих шахт, які мають несприятливі гірничо-геологічні умови.

Таким чином, важасмо необхідним розвивати вугільну промисловість України за наступною концепцією. На першому етапі приділити увагу підходу до вирішення питання по відтворенню шахтного фонду на сучасній технічній і технологічній основі. Збільшення виробничих потужностей дозволить задовольняти потребу національної економіки в енергетичному вугіллі за рахунок власного видобутку, а обсяг експорту поступово зменшувати. Крім того, продовжувати подальше роздержавлення підприємств вугледобувної галузі. На другому етапі вводити в експлуатацію нові потужності за рахунок будівництва нових шахт і реконструкції діючих. Одночасно розвивати комплексний підхід, тобто розглядати можливість впровадження технологій щодо використання виробленого простору, геотермальної енергії для забезпечення потреб у електроенергії та теплоенергії (як для потреб свого підприємства, так і для реалізації іншим споживачам), повторного використання відходів виробництва, видобутку та подальшого використання метану в якості палива.

Шахти і збагачувальні фабрики здатні поставляти споживачам не тільки рядове вугілля і концентрат, а переробляти їх в більш цінні продукти, наприклад, в напівкокс, одержуючи паралельно фенолові сполуки, смоли, коксівний газ та ін. Реалізація такого асортименту продукції дозволяє істотно поліпшити економічні показники підприємства. В перспективі привабливими є переробка штибів в паливні брикети з малим змістом сірки і підвищеною теплотворною здатністю. У зв'язку із зростанням цін на пальне для двигунів внутрішнього згорання стають конкурентоздатними технології гідрогенізації вугілля для отримання бензину і солярного масла.

Важливим джерелом додаткового прибутку для шахт є метан вуглегазових родовищ. Згідно прогнозів до 2020 року глобальна емісія вугільного метану в еквіваленті CO<sub>2</sub> досягне 560 млн. т. Частина українських шахт в ній складе близько 7%. Цей об'єм метану можна порівняти з рівнем споживання природного газу в країні. Підприємства Донецького вугільного басейну викидають біля 96% від загального обсягу метану по країні. В даний час в Україні утилізується лише декілька відсотків обсягу метану. Замість цього цей метан викидається до атмосфери. Таке положення справ необхідно розглядати як розтринькування національних природних багатств разом з нанесенням екологічного збитку біосфері. У зв'язку з цим представляється актуальним використання способів і засобів зниження негативних екологічних наслідків виділення метану при вугледобутку, його уловлювання і використання як палива або хімічну сировину.

Викиди забруднюючих речовин до навколишнього середовища в результаті діяльності підприємств вугільної галузі є джерелом значних екологічних проблем. Крім того, шахти мають сплачувати за забруднення довкілля, що призводить до збільшення економічних збитків від їх господарської діяльності, що наведено в табл. 3 [11].

Таблиця 3 – Збиток, що завдається навколишньому середовищу газовими викидами підприємств вугільної промисловості України

| Забруднюючий компонент | Кількість, тис. т/рік | Норматив плати, грн./т | Збиток, млн. грн./рік |
|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Метан                  | 2594,4                | 95                     | 246,468               |
| Оксиди вуглецю         | 32,2373               | 495                    | 16,027                |
| Сірчаний ангідрид      | 92,105                | 160                    | 14,737                |
| Діоксид вуглецю        | 13986                 | 10                     | 139,86                |
| Разом                  |                       |                        | 417,092               |

Основну частину газу витягають з родовищ при їх розробці і після закриття шахт (біля 75%). Тому розвиток підземної і поверхневої дегазації, кондиціонування і переробки метану в електричну і теплову енергію, концентроване паливо і хімічні сполуки є достатньо ефективним

напрямом оздоровлення української вугільної галузі. З метану, що кожен рік потрапляє до атмосфери, господарство країни може отримати біля 9 млрд. кВт/ч електроенергії і 10 млн. Гкал теплової енергії. Використання 11 систем дегазації на шахтах України, які каптують газову суміш з концентрацією метану зверх 20% дозволить залучити в господарський обіг близько 50 млн. куб. м/рік паливного газу, менше 20% – ще 69 млн. куб. м/рік.

За оцінками експертів Світового банку на зниження викидів CO<sub>2</sub> в Україні потрібно витратити 7 у.о./т, в той час як в Росії 20, США – 190, ЄС – 270, Японії – 600. Ці цифри говорять об економічній доцільності інвестування коштів в очисне обладнання підприємств України з метою отримання значного додаткового прибутку за рахунок продажу квот на викиди CO<sub>2</sub>.

Згідно статистичних даних 6,7% породних відвалів горить, викидаючи до атмосфери сірководень (88%), сірчаний ангідрид, оксид азоту і вуглецю. Споживання породи коливається у межах 1,5-2,0 млн. т/рік. Експериментальні проби з 59 породних відвалів показали, що з вугільними пластами і вмішуваними породами парагенетично пов'язані хімічні елементи, у т.ч. рідкоземельні – іноді їх концентрація вище, ніж у мінералогічній сировині (оксиди алюмінію, кремнію, сірки, заліза) [11].

Близько 43% шахт Донецької області скидають не небезпечну для засолення ґрунту воду, 90,6% якої жорстка або дуже жорстка. Управляючи потоками підземних мінеральних і технологічних вод шляхом розділення їх на мало- і високо забруднені, використовуючи засоби підземного освітлювання і очищення, можливо істотно скоротити навантаження на водовідливні установки, зменшити їх зношування. Крім того, за допомогою додаткової обробки шахтні води можливо довести до поливальної і технологічної кондиції, реалізація яких дозволить отримати значний прибуток. У господарсько-побутовий обіг в Донбасі можливо повернути біля 169 куб. м води на рік.

Торкаючись питання збереження якісних властивостей ґрунтів і стійкості розміщених на них споруд, слід пояснити наступне. Ці еколого-економічні проблеми можливо вирішити шляхом комплексного використання заходів геомеханічного і іригаційного характеру. Наприклад, плануванням напряму і темпів ведення очисних робіт для зменшення деформацій споруд, які підлягають підробці. За рахунок проведення іригаційних заходів забезпечується швидкий стік поверхневих вод за межі земельного відведення шахти, а також можливе скорочення просочування води з поверхні в гірничі виробки. Це знижує навантаження на водовідливні механізми, зменшує об'єм мінералізації води, скорочує площу заболочених земель.

Багато шахт Донбасу досягли гірничими роботами глибин 800...1000 м і більш, де температура перевищує відмітку 30..40 °С. Цей рубіж є достатнім для використання геотермальної енергії, наприклад в системах когенерації. Якісним проривом в питанні добути підземного тепла і його використання є розроблена в Донецькому національному технічному університеті технологія створення підземних теплообмінників, що дозволяє істотно збільшити об'єм і особливо тривалість (до сотень років) отримання теплоти надр.

Можна констатувати, що на інженерному рівні багато питань в проблемі отримання додаткового доходу гірничовидобувними підприємствами вирішені достатньо повно. Проблемними залишаються питання законодавчого і фінансового характеру, у тому числі отримання податкових пільг, довгострокових кредитів і тому подібне. Окрім іншого, в даний час широке застосування підходу до комплексного освоєння вугільних родовищ стримується браком в галузі і донецькому регіоні з питань комплексного освоєння надр. Цю проблему вже почали вирішувати шляхом підготовки гірничих інженерів з комплексного та раціонального використання надр на кафедрі природоохоронної діяльності Донецького національного технічного університету. Першу групу студентів було набрано у 2008 році.

Також чиним, запропонованими нами заходи спрямовані на покращення не тільки техніко-економічних, а і соціально-економічних показників, що дозволить державі і підприємствам галузі отримати соціо-еколого-економічний ефект.

#### **Бібліографічний список:**

1. Стегенко Д.М. Державне регулювання економіки: Навчальний посібник. – К.: Знання, 2006. – 262 с.
2. «Про рекомендації парламентських слухань щодо дотримання вимог природоохоронного законодавства в Україні» // Постанова Верховної Ради України, 2003. – № 609-IV.
3. Черниченко Г.А. Развитие промышленного производства (эколого-экономический аспект):

- Монография. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2001. – 320 с.
4. Данилишин Б.М. Эколого-экономические проблемы обеспечения устойчивого развития производительных сил Украины. – К.: ОПС НАН Украины, 1996. – 260 с.
  5. Одинец О. Экономические механизмы управления рисками чрезвычайных ситуаций // Экономика Украины. – 2001. – № 10. – С. 80-83.
  6. Организация, планирование и управление производством в горной промышленности: Учебник / Лобанов Н.Я., Грачев Ф.Г., Лихтерман С.С. и др.; Под ред. Н.Я. Лобанова. – М.: Надра. – 1989. – 515 с.
  7. Орлов А.Б., Бурлуцкий Н.С. Природные и техногенные залежи метана угольных месторождений Северо-Восточного Донбасса // Уголь Украины. – 2004. – № 3. – С. 34-35.
  8. Пивень Ю.А., Ткаченко Н.М., Литвинов Ю.Г., Яблоков Е.С. Изменение водопритоков в выработки при закрытии шахт // Уголь Украины. – 2005. – № 7. – С. 37-39.
  9. Экономический механизм стратегии развития топливно-энергетического комплекса Украины / А.И. Амоша, С.Е. Янко, Ю.П. Яценко и др. – Киев-Донецк: ИЭП НАН Украины, 2002. – 139 с.
  10. Чиликин А.И. Предприятия угольной промышленности Украины в системе рыночных отношений: теория и практика. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2000. – 256 с.
  11. Недодаева Н.Л. Еколого-економічна стратегія розвитку вугільної промисловості: Автореф. дис. д.е.н.: 08.00.06 / Дніпропетр. НГУ МОН України. – Дніпропетровськ, 2007. – 33 с.

АСТАПОВА Г.В. (Донецький університет економіки і господарського права)

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕНТНОЇ ПОЛІТИКИ БАНКІВ В ПРОЦЕСІ ЕКОЛОГІЧНОГО КРЕДИТУВАННЯ КЛІЄНТІВ

*Досліджено залежність кредитів та доходів від кредитних операцій банку. Вивчена структура кредитного портфелю. Для підвищення ефективності діяльності банку з екологічного кредитування рекомендовано використовувати для встановлення ставки за екологічним кредитом метод «базова ставка-плюс».*

*Исследована зависимость кредитов и доходов от кредитных операций банка. Изучена структура кредитного портфеля. Для повышения эффективности деятельности банка по экологичному кредитованию рекомендовано использовать для установления ставки по экологичному кредиту метод «базовая ставка-плюс».*

*Dependence of credits and incomes of credit operations of bank is investigated. The structure of a credit portfolio is investigated. For increase of efficiency of activity of bank on harmless crediting it is recommended to use for an establishment of the rate under the harmless credit a method « base rate - plus».*

**Постановка проблеми.** Кредитування є найважливішим напрямком здійснюваних банком активних операцій. Питома вага кредитного портфелю складає, як правило, більше 50% активів банку. Беручи участь у процесі кредитування, українські комерційні банки піддаються внутрішнім і зовнішнім ризикам. Навіть за найвиваженішої кредитної політики виникають втрати за кредитами.

Слід також зазначити, що кредитування є основою нормального функціонування комерційних банків. Це пояснюється тим, що проценти від кредитних операцій складають значну частину доходів банку. Розмір цих доходів залежить від оптимальної організації позичкових операцій, що визначається ефективністю здійснюваних комерційним банком кредитних вкладень.

Удосконалення практики екологічного кредитування, як виду нетрадиційного банківського кредитування потребує розробки оптимальної для банку процентної політики. Організація екологічного кредитування має забезпечити безумовне повернення позик, цільовий характер їх використання, отримання процентних доходів. Процентна політика банку стосується практики визначення величин, встановлення та використання процентних ставок по кредитах.

Метою дослідження є обґрунтування напрямів підвищення ефективності діяльності з екологічного кредитування клієнтів на основі удосконалення практики використання процентних ставок в умовах комерційного банку.

Задачі дослідження:

- визначення сутності діяльності банку з екологічного кредитування та систем управління процентними ставками;
- визначення показників та методи аналізу результатів діяльності банку з екологічного кредитування;
- визначення порядку аналізу кредитної діяльності та практики встановлення та використання процентних ставок по екологічних кредитах;
- обґрунтування напрямів удосконалення діяльності банку з екологічного кредитування та його процентної політики.

Методологічною основою дослідження виступають основні положення теорії фінансового та банківського менеджменту, екологічного менеджменту, наукові статті та публікації з проблем організації кредитної діяльності комерційних банків.

В процесі виконання роботи використано методи банківського аналізу, економічного аналізу і синтезу, експертних оцінок, логічного узагальнення результатів.

Екологічний кредит – це різновид цільового банківського кредиту, котрий надається на такі цілі:

- окремі природоохоронні заходи;
- заходи з технічної модернізації виробництва з метою покращення його екологічної безпеки;
- випуск екологічно безпечної продукції;
- заходи з раціонального використання природних ресурсів, у тому числі комплексного використання надр;
- заходи з використання вторинної сировини тощо.
- Показниками аналізу діяльності банку з екологічного кредитування клієнтів за оцінкою котрих можна констатувати доцільність екокредитування виступають:
- дохід на активи та капітал, коли вони мають чітку тенденцію зростання у динаміці;

- питома вага процентних доходів від операцій з клієнтами по екологічним кредитам, причому в більшості по кредитах з комплексного використання надр у структурі процентних доходів, коли вона є значною та має тенденцію збільшення;
- чистий прибуток банку, коли має тенденцію зростання;
- доля дохідних активів банку, коли зростає у динаміці;

Розвиток кредитних відносин в сфері діяльності з комплексного використання надр є передумовою створення ринкового механізму екологічного кредитування. Надання екологічних кредитів є не тільки однією із банківських функцій, але й основним джерелом прибутку. Про це свідчить аналіз, проведений економіко-математичним методом на основі даних окремого банку (табл. 1).

Таблиця 1 – Кредити та доходи від кредитних операцій станом на 2005-2007 рр.

|                               | 2005      | 2006       | 2007       |
|-------------------------------|-----------|------------|------------|
| Кредити надані клієнтам       | 359883,84 | 1237359,84 | 4373378,60 |
| Процентні доходи за кредитами | 29910,17  | 142524,12  | 519909,74  |

Кореляційна залежність суми прибутку від кредитного портфеля банку (КПБ) визначається формулою:

$$\text{Прибуток} = 8E - 08КПБ^2 + 0,0414КПБ + 1906,8$$

Коефіцієнт детермінації складає  $R^2=0,9542$ , тобто прибуток банку на 95,4% зумовлений сумою кредитного портфеля банку. Достатньо високий індекс кореляції  $R=0,977$  вказує на сильний зв'язок між цими показниками. Із ймовірністю 0,99 можна розповсюдити встановлену залежність на всі банки України (це також підтверджують дані регресійного аналізу для банку, котрий є об'єктом дослідження  $R^2 = 0,998$ ).

За даними табл. 1 був створений рис. 1, який наглядно показує залежність між прибутком банку та сумою наданих кредитів клієнтам, діяльність котрих пов'язана із комплексним використанням надр. Рисунок свідчить, що збільшення суми кредитного портфелю банку призводить до збільшення процентних доходів банку від здійснення кредитних операцій, хоча існує часовий розрив між часом надання екологічного кредиту та отриманням відсотків за ним. Таким чином, щоб збільшити прибуток, банкам слід збільшити обсяг екологічного кредитування. Але кредитний ризик, який є основним банківським ризиком, стримує ріст портфелю кредитів банку та зумовлює їх проводити обережну кредитну політику.

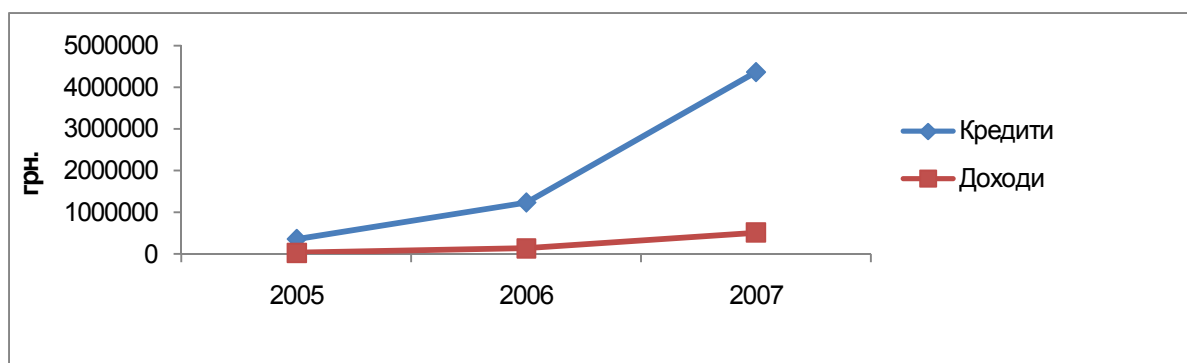


Рисунок 1 – Залежність кредитів та доходів від кредитних операцій

Аналіз кредитного портфелю завжди проводиться методами порівняння та структурного

аналізу.

Таблиця 2 – Структура кредитного портфеля банку

| Кредити надані:                             | 2005      |       | 2006       |       | 2007       |       |
|---|-----------|-------|------------|-------|------------|-------|
|   | грн.      | %     | грн.       | %     | грн.       | %     |
| суб'єктам господарської діяльності:         |           |       |            |       | 3444701,39 | 78,77 |
| за овердрафтом                              |           |       |            |       | 635506,60  | 14,53 |
| короткострокові за торгівельними операціями |           |       | 715840,77  | 57,85 | 2299194,79 | 52,57 |
| на інвестиційну діяльність                  |           |       |            |       | 510000     | 11,67 |
| фізичним особам:                            |           |       | 521519,07  | 42,15 | 928677,21  | 21,23 |
| на поточні потреби:                         | 335097,58 | 93,11 | 491083,93  | 39,68 | 845396,62  | 19,33 |
| короткострокові                             | 297166,58 | 82,57 | 464684,93  | 37,55 | 155964,62  | 3,57  |
| довгострокові                               | 37931,00  | 10,54 | 26399,00   | 2,13  | 689432,00  | 15,76 |
| прострочені                                 | -         |       | -          |       | 693,97     | 0,02  |
| в інвестиційну діяльність                   | 385,97    | 0,11  | 18795,21   | 1,52  | 74759,45   | 1,71  |
| сумнівна заборгованість                     | 24400,29  | 6,78  | 11639,93   | 0,95  | 7827,17    | 0,17  |
| УСЬОГО                                      | 359883,84 | 100,0 | 1237359,84 | 100,0 | 4373378,60 | 100,0 |

На підставі даних банку табл.2 кредитний портфель банку характеризується наступним:

- кредитний портфель банку у звітному році у 3,4 рази перевищив кредити надані банком у попередньому році. Протягом звітного року банк почав надавати короткострокові кредити за торгівельними операціями суб'єктам господарської діяльності;
- обсяг кредитів наданих приватним особам у звітному році виріс на 45% в порівнянні з попереднім роком, але доля довгострокових кредитів значно знизилась, тобто банк намагається проводити політику мінімізації кредитних ризиків;
- про покращення якості кредитного портфелю свідчить зниження суми сумнівної заборгованості більш ніж у 2 рази у попередньому році та ще на 33% у звітному році;
- результати звітного року також підтверджують факт більш активного проведення банком кредитної політики. Сума наданих кредитів збільшилась у 3,5 рази;
- у структурі кредитного портфелю 78,77% складають кредити суб'єктам господарської діяльності, серед них майже 2,3 млн. грн. – це короткострокові кредити за торгівельними операціями;
- банк почав надавати кредити по овердрафту, що посприяло збільшенню суми процентних доходів.

Дані для визначення середньої процентної доходності по кредитному портфелю банку наведено у таблиці 3.

Коефіцієнт середньої доходності визначається за формулою:

$$K_{cd} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * C_i}{P} * 100, \%$$

Де  $n$  – кількість позичок, виданих банком;

$P_i$  – суми окремих позик;

$C_i$  – відповідні процентні ставки за кожною окремою позикою;

$P$  – загальна величина кредитного портфеля.

Таблиця 3 – Суми кредитів та процентні ставки за ними

| Рік            | 2005             |          | 2006             |          | 2007              |          |
|----------------|------------------|----------|------------------|----------|-------------------|----------|
|                | грн.             | % ставка | грн.             | % ставка | грн.              | % ставка |
| Фізичні особи  | 59415,65         | 26,0     | 66149,97         | 24,0     | 27373,42          | 21,0     |
|                | 148583,30        | 25,0     | 109426,76        | 23,0     | 44112,40          | 20,0     |
|                | 89167,63         | 24,0     | 229108,20        | 22,0     | 84478,80          | 19,0     |
|                | 24400,29         | 23,0     | 71639,93         | 20,0     | 172358,00         | 17,0     |
|                | 11412,00         | 21,0     | 7919,00          | 19,0     | 517074,00         | 16,0     |
|                | 26904,97         | 20,0     | 37275,21         | 18,0     | 82586,62          | 15,0     |
| Усього         | <b>359883,84</b> |          | <b>521519,07</b> |          | <b>928677,21</b>  |          |
| Юридичні особи |                  |          | 356900,40        | 29,0     | 110657,16         | 24,0     |
|                |                  |          | 358940,37        | 28,0     | 363455,06         | 23,0     |
|                |                  |          |                  |          | 2344667,6         | 22,0     |
|                |                  |          |                  |          | 115921,57         | 21,0     |
|                |                  |          |                  |          | 510000            | 20,0     |
| Усього         |                  |          | <b>715840,77</b> |          | <b>3444701,39</b> |          |

Для суб'єктів господарювання, які залучають кредити на екологічні цілі цей коефіцієнт становив у попередньому році 28,49 %, у звітному – 21,84 %. Зміна коефіцієнту свідчить про зниження кредитної ставки для юридичних осіб, що створює сприятливі умови для нарощування кредитного портфелю банку за рахунок появи більшої кількості позичальників.

Для підвищення ефективності діяльності банку з екологічного кредитування рекомендовано використовувати для встановлення ставки за екологічним кредитом метод «базова ставка-плюс». Даний метод полягає в тому, що процентна ставка визначається як сума базової ставки, кредитного спреду й бажаного рівня прибутковості. У ролі базових можна використовувати ставки першокласним позичальникам, ставки пропозиції міжбанківського регіонального ринку; ставки пропозиції на міжнародних міжбанківських ринках (наприклад, LIBOR), інші ставки, загальноприйняті на конкретних ринках (в Україні – KIBOR). Кредитний спред включає премію за ризик невиконання зобов'язань клієнтом і премію за термін надання екологічного кредиту. Якщо кредит надається першокласним позичальникам, то кредитний спред приймається рівним 0, для не першокласних позичальників кредитний спред складає від 0,25-5,00 % і вище. Перевага методу – простота, необов'язковість обліку витрат за кожним екологічним кредитом, урахування ринкових факторів.

**Висновки.** Таким чином, екологічне кредитування клієнтів є дохідноутворюючим напрямом активної банківської діяльності. Удосконалення банківської практики екокредитування пов'язане із покращенням методики визначення процентних ставок. Реалізація зазначеного заходу дозволить сформувати ефективно діючий механізм екологічного кредитування господарчих суб'єктів.

#### Бібліографічний список:

1. Азаров М. Проблеми кредитування у сучасних умовах та формування процентних відсотків за кредит // Вісник НБУ. – 1999. – № 8. – С.21.
2. Бережний Є.Б., Дідик Л.М. Рейтингова оцінка кредитоспроможності позичальника банку // Фінанси України. – 2005. – № 2. – С.40.
3. Вітлінський В.В., Пернарівський О. Кредитний ризик та його врахування при обчисленні ставки відсотка // Банківська справа. – 2006. – № 5. – С.63.
4. Вітлінський В., Великоіваненко Г., Наконечний Я. Поглиблений кількісний аналіз кредитоспроможності позичальника як засіб зниження кредитного ризику // Банківська справа. – 2004. – № 6. – С. 45.
5. Заруба О. Вдосконалення кредитної політики комерційного банку // Банківська справа. – 2006. – № 1. – С.14.
6. Ілляшенко С. Кредитний ризик та створення резервів для їх покриття // Вісник НБУ. – 2005. – № 6. – С.42.

7. Меджибовська Н.С. Дати кредит – і не збанкрутувати, або дещо про вдосконалення банківського менеджменту методом підтримки прийняття рішень про кредитування // Вісник НБУ. – 2003. – № 5. – С. 47.
8. Сусиденко В. Теоретическо-методологические аспекты определения эффективности кредитной деятельности коммерческих банков // Весник КДТЕУ. – 2006. – № 2. – С.31.
9. Шибалкіна В. Мінімізація кредитного ризику // Банківська справа. – 2003. – № 6. – С.7.
10. Шибалкіна В. Деякі аспекти банківського кредитування // Вісник НБУ. – 2004. – № 1. – С.19.



**STUDENTS' EXPECTATIONS OF FINAL SEMINARS – METHODOLOGY AND RESULTS OF RESEARCH**

*Підготовка на факультеті «Геотехнології та управління виробництвом» ДонНТУ студентів за фахом «Менеджмент організації природоохоронної діяльності» вимагає втілення передових методів навчання та використання досвіду провідних навчальних закладів не тільки України, але і європейських країн. Стаття присвячена актуальній проблематиці підготовки студентів аналогічних спеціальностей в Польщі після її вступу до Євросоюзу.*

*Подготовка на факультете «Геотехнологии и управление производством» ДонНТУ студентов по специальности «Менеджмент организации природоохранной деятельности» требует воплощения передовых методов обучения и использования опыта ведущих учебных заведений не только Украины, но и европейских стран. Статья посвящена актуальной проблематике подготовки студентов аналогичных специальностей в Польше после ее вступления в Евросоюз.*

*Preparation at faculty « Geotechnology and production management » Donetsk national technical university of students on a speciality «Environment management» demands an embodiment of the advanced methods of training and use of experience of conducting educational institutions not only Ukraine, but also the European countries. Article is devoted to an actual problematics of preparation of students of similar specialities in Poland after its introduction into the European Community.*

**Introduction.** There are a few sources of inspiration for taking up the research on students' expectations of final seminars. The most important is necessity to improve education methods on management faculties. Nowadays it is a very important task considering the labor market requirements for graduates and increasing competition in educational area. Besides it is worth noticing that management sciences should enable students to put knowledge into practice in various organizational units. The essence of management sciences is „wondering in what way the science can help economy?”. Therefore it is postulated that teaching management sciences should include:

1. critical analysis verified in practice theories in order to gain the ability of knowledge valuing,
2. acquainting management methods in connection with identifying the circumstances of their rational using,
3. recognizing the conditions of organization's functioning in order to choose proper theories and management methods
4. Consequently there is a need of permanent increasing the education level and its adapting to students' requirements as well economic reality. However in order to cope with those tasks it is necessary to precise them. For the present, there is no specific research documenting students' expectations of professors of management faculties.

Conversely the intentional and reasonable expectations are précised during the last years of education. At that time students have general knowledge and abilities. They expect to specialize in selected subjects and some practical implementations. Moreover at this time their professional aspirations are crystallized. During apprenticeship or regular work they become the active members of labor market and they have a possibility to confront their knowledge and abilities with labor market requirements. Therefore verifying specializations and didactic aims' is so significant especially throughout the last years of studying.

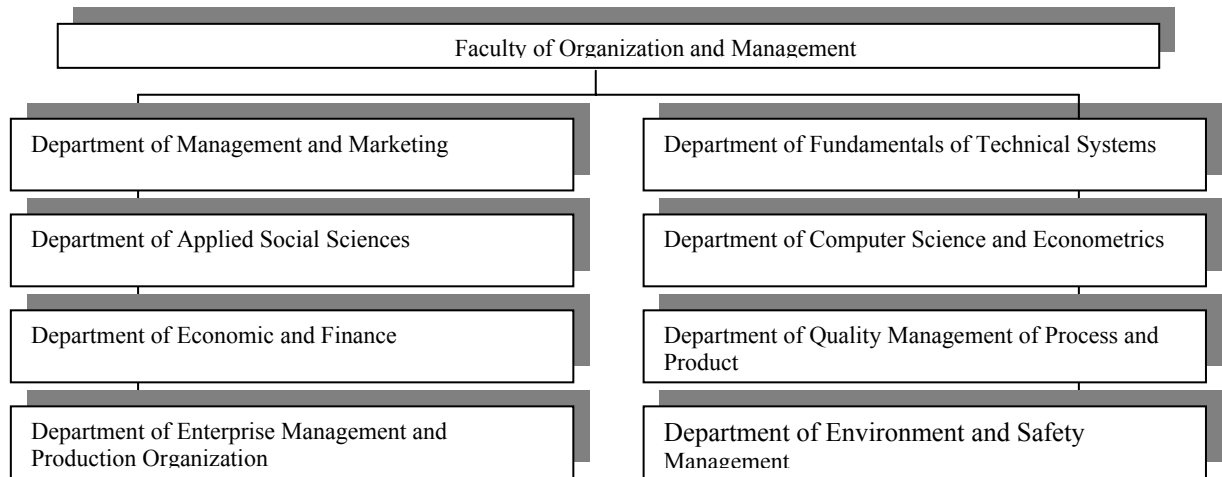
In connection with above circumstances and necessity of increasing the education quality the research on students' expectations of final seminars has been taken. The main aim of the studies is to identify students' expectations of final seminars and examination. Moreover following additional aims have been defined:

- finding out the expectations of way of leading final seminars,
- identifying main determinants of dissertation's theme and professor's choice,
- précising the expectation of leading final seminars professors,
- indicating the main problems connecting with writing the dissertation,
- estimating the role of apprenticeship in future career,
- verifying the usefulness of final seminars and writing dissertation in starting managerial career.

**Place of research.** The research was taken up on Faculty of Organization and Management in Silesian University of Technology. The Faculty of Organization and Management emerged from the Faculty of Materials Science, Metallurgy, Transport and Management on 1 September, 1995. It is situated in Zabrze but teaching is also carried out in Katowice.

Students at Faculty of Organization and Management could widen knowledge in eight departments offering various range of specializations, related to the humanities and technical science. Such a variety of specializations connected with industrial cooperation enable students to reach interdisciplinary knowledge as well practical abilities. The Faculty's structure is shown on scheme 1.

The research was taken up in the midst of students working on their thesis during final seminars in all departments exposed at scheme 1. Therefore in the next part of the article the short characteristic of departments' studies is presented.



Scheme 1- Faculty of Organization and Management in Silesian University of technology –organizational structure

*Department of Management and Marketing* focuses on development of methods and techniques for strategic management in companies and region. Moreover its research includes marketing reorientation in companies and new tendencies of change management. Information technology and innovation are also analyzed in this department. In the Department of Management and Marketing students could choose following specializations: Innovation Management, Company Management and Personal Marketing.

*Department of Economic and Finance* takes up research on the fields of finance, accountancy and controlling. Resource allocation, economic analysis and investment studies are also investigated in this Department. It offers following specializations: Finance and Marketing and Resource Management.

*Department of Fundamentals of Technical Systems* works on designing and technical planning of production systems, including cleaner production technologies. Furthermore its research includes management of the operation of technical systems. There are two specializations in Department of Fundamentals of Technical Systems: Informatics Systems and Management in Public Sector.

*Department of Quality Management of Process and Product* takes up researches on quality in company and economy. Moreover main interests of this department concern recent methods of technology management and ecological processes management. Department offers following specializations: Quality Management in Industrial Company and Quality and Technology Management.

*Department of Applied Social Sciences* propose more humanistic subjects. It specializes in human resources management, sociology and managerial psychology. Furthermore this Department focuses on behavioral methods of management. Students have a possibility to chose specializations in: Human Resources Management and Personal Management and Social Communication.

Next department offers students four specializations. It is *Department of Enterprise Management and Production Organization*, which focuses on: integrated management in industrial companies, logistics and production management. Mentioned specializations are: Logistic Systems in Enterprise, Industrial Systems Management, Production Systems Management and Designing and Restructuring Industrial Enterprises.

Technical issues are also considered in *Department of Computer Science and Econometrics*. The main studies include: informatics systems in management and statistical methods for economic research as well modeling and forecasting of economic processes and phenomena. Department of Computer Science and Econometrics offers education at following specializations: Informatics Systems in Management and Informatics Systems in Industrial Technologies.

At Faculty of Organization and Management students could also widen their knowledge about ecology and safety in industry. Those issues are analyzed at *Department of Environment and Safety*

*Management*. It offers following specializations: Environment Management, Environmental Management Systems, Safety Organization and Management as well Systems of Safety Management.

It is worth of mentioning that at the Faculty there is also Polish Center of Clearer Technology. It initiates strategy of clear production and Environmental Management Systems in Poland.

**Methodology.** At Faculty of Organization and Management intramural students choose characterized specializations after fifth semester. Final seminars begin at sixth semester and last until tenth semester. During described survey students of tenth semester were examined. They were qualified as an object of research because they could confront their expectations with reality of final seminars. Moreover after five semesters of learning they have own considered opinions and suggestions. The research was taken up on a group of 162 students of all departments. It was realized in May and June in 2007.

The research concerned to five different areas connected with teaching during final seminars and writing thesis. The first part was titled *the general area*. Its task was to identify the factors responsible for specialization's choice. Furthermore in this part students defined their preferences about the way of finishing studies. They had to decide – the final exam or the thesis.

In the second part of research called *organization and teaching during final seminars*, students' needs in mentioned area were identified. The main purposes of final seminars were defined as well the subject matter was précised. In this part students have also possibility to compare their expectations with the seminars in which they had taken part.

The third area concerned *the choice of a professor conferring a degree – a promoter*. The reasons of students' choices were identified and the tasks for chosen professor were defined.

The next part of research regarded to *problems with writing a thesis* (it is a comprehensive essay essential to achieve a master degree). In this part factors influencing the choice of thesis's subject were identified. In addition the opinions about a necessity of including theoretical and practical parts in the thesis were verified. Moreover the students were asked about the main problems connected with writing a thesis. In this part usefulness of apprenticeship was estimated. Students were also asked about the role of final seminars in creating a thesis and finding a job.

The last part of research was connected with *final examination and preparing to defense of a thesis*. In this area the knowledge of final examinations' rules were tested. Moreover students were asked if they knew the criteria of thesis's valuation and if they appreciated their significance.

Areas of research characterized above enable a complex assessment of students' requirements of final seminars, from choosing a specialization and a professor confirming a degree, through teaching during final seminars and writing a thesis, to final examinations and thesis's valuation.

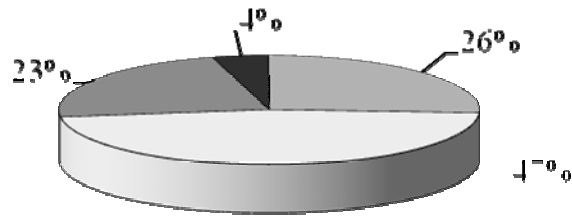
In the research general methodology was used. The methods related to real processes and events. During data's collecting and their explaining analysis was used. Synthesis was helpful in formulating final conclusions. During research students had to fill a questionnaire of a poll. It enabled quick and convenient studies on a large population. Moreover the poll technique helped to aggregate and to explain them in a standardized approach. Finally it let to examine such a subjective phenomenon as students' expectations of final seminars.

**General expectations – results of research.** In this part of the papers the results of a poll are analyzed and commented. In the first part concerning general opinions the factors influencing specialization's choice were identified. The results show that the most important factor is career's aspirations (47%). Science interests are less important – only 26% of students acknowledge them as a cause of specialization's choice. 23% of polled students say that the specialization's choice is accidental. About 4% of students indicate other circumstances such as: family traditions or a lack of interesting specializations. Detailed results of this part are presented on a chart one.

In the general area of the poll students were asked what way of finishing studies they preferred (question 2). They were given two possibilities – a final examination or writing a thesis. Most of them (88%) chose writing a thesis. Only 12% of polled students preferred finishing studies with complex final examination.

In the second part of the poll organizational and teaching needs essential during final seminars were examined. First questions concerned the duration of final seminars and main aims of these lectures. According to 43% of students final seminars should last four semesters. About 40% students suggest that it should be shorten to tree semesters. Only 17% of those polled say that final seminars should last two semesters.

**Question 1. What factors influence the specialisation's choice?**



a. science interests   
  b. career's aspirations   
  c. accidental choice   
  d. others

S

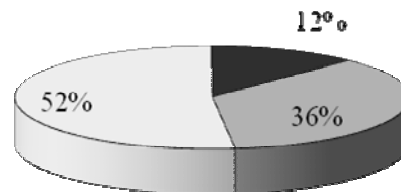
Source: The results of a poll.

The main aim of final seminars (question 4) in opinion of questioned students is to help in creating and defending a thesis (83%). According to them less significant is reaching the ability of oral defining their thoughts and arguing in a discussion (10%) as well widening their knowledge in specialization's area (7%).

In the next part of the poll students were asked about preferred forms and subject matter of final seminars. Answers for the questions about forms of final seminars are shown on a chart 2.

Chart 2

**Pytanie 5. What form of final seminars do you prefer?**



a. a lecture   
  b. reading and discussing a paper   
  c. separate meetings with a professor

Source: The results of a poll.

According students the best form of final seminars is a separate meeting with a professor. A lot of polled students preferred a discussion connected with reading a paper. Only 12% chose lectures as a favorite form of final seminars.

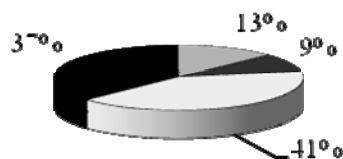
During final seminars students (question 6) expect to learn and discuss both methodology and science problems (62%). 29% polled students declare that they should learn only methodology and according to 9% of them during seminars only scientific problems should be discussed.

The last question (question 7) included in the part about final seminars' organization verified students' expectations with reality. 62% of polled students were satisfied by organization of final seminars but 38% of them were disappointed.

Next area of the questionnaire concerned a professors' s choice. In the first part of it polled students were questioned about factors influencing on a professor's choice (question 8) and about demands' hierarchy for professors supervising writing a thesis (question 9). The answers for question 8 are presented on chart 3.

Chart 3

*Question 5. What factors influence on a professor's choice?\**



- a. objective criteria such as: knowledge, experience, scientific interest
- b. subjective criteria such as: sympathy, intuition, students' opinions
- c. objective and subjective criteria
- d. others

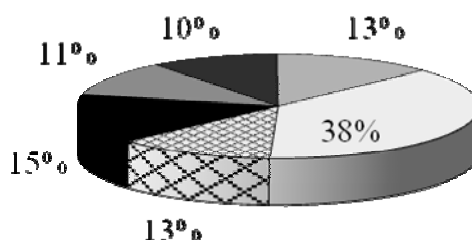
Source: The results of a poll.

According to data presented on chart 3, objective and subjective criteria are important for students choosing a professor. Sympathy, intuition and students' opinion are important only for 9% of polled population. Knowledge and experience as only criteria are significant for 13% students. In is worth of mentioning that 37% of polled students could not choose a professor on their own – it was a department's decision caused by a limit of 10 students for one professor in a year.

Professors have different tasks. Spectrum of students' expectations in this area is shown on chart 4.

Chart 4

*Question 9. Tasks for a professor*



- formulating a thesis's subject
- writing a thesis's plan
- indicating sources of information
- helping in a theoretical part
- helping in a practical part
- preparing for a final examinations

Source: The results of a poll.

According to questioned students a professor should first of all help in creating a thesis's plan. 15% of students expected of help in theoretical part of a thesis. Indicating sources of information and formulating a thesis's subject is important for 13% of polled students. 11% of questioned population said that professor had to help in practical part of a thesis. Preparing for a final examination is significant only for 10% of students.

**Creating and defending a thesis – results of research.** In the next part of the poll there were eleven questions about problems connected with writing a thesis (questions from 10 to 21). They referred to general issues associated with creating a thesis. One of them was about the time essential to write an essay (question 12). Polled students know that it is a time-consuming task. 46% of them spend more than 700 hours to write a thesis. 40% of students need more than 500 hours but less than 700 hours. Only 14% of polled students consider that writing a thesis could last less than 500 hours.

Next general question was about a choice of thesis's subject (question 17). According to polled population the most important circumstance of that choice is apprenticeship and future career as well scientific interest – 43% answers. For 23% of students future career is the most significant factor. Only scientific aspiration is important also for 23%. 7% of polled students choose a subject because of its

easiness and 4% of them indicate other factors such as: students' suggestion or access to data for a practical part of a thesis.

Among general requests there was also a question about the difficulties connected with writing a thesis (question 16). According to 64% of polled students creating a practical part of a thesis is the most complicated task. For 24% of them choosing subject is a big problem. Writing a practical part seems to be easy because only 12% consider it as a difficult stage of writing a thesis.

In spite of difficulties connected with creating a practical part of a thesis, 90% of students agree that it is an essential element of it (question 11). The role of practice is once again appreciated. 87% of students think that a thesis should include also a theoretical part (question 10).

In the next part of the poll students were asked more detailed questions about particular problems with writing practical (question 19) and theoretical (question 18) parts of a thesis. 43% of students consider editorial work as the most difficult. 31% of them have some problems with finding theoretical and practical sources of scientific information. About 20% cannot manage with glosses. Only 6% of polled students have problems with graphic and word editor.

Different problems are connected with a practical part of a thesis. A half of polled student has difficulties with finding data. 28% of polled population cannot realize researches and 18% of it have methodological problems. Only 4% of students have difficulties with selecting data and formulating conclusions. There are also some people that do not have any problems and some students that have problems with everything.

Two questions referred to final activities connected with writing a thesis (question 20 and 21). The polled student were asked if they knew the rules of writing an introduction and making conclusions (question 20). 80% of polled students acknowledge knowledge of listed rules. Students know also the rules of creating bibliography and indexes (79%).

In the part referred to writing a thesis there were three questions connected with apprenticeship and a role of a thesis in preparing for future career (question 13,14,15). 70% of polled students acknowledge usefulness of apprentice in writing a thesis. And it is worth of mentioning that only 20% of them had some problems with finding a right apprenticeship (question 14). Such answers emphasize the key position of apprenticeship at final stage of education and in future career. However in students' opinion writing a thesis is not so important. Only 54% of polled students perceive writing a thesis as useful in future career. Consequently writing a thesis is necessary only for finishing studies.

The last part of a poll is connected with preparing for final examinations (questions 22-24). The main aim of it was to examine acquaintance of final exams' criteria. Unfortunately 53% of students do not know final exams' rules (question 22) and 47% of them are not familiar with evaluation's criteria (question 23). But they perceive the knowledge of those rules as very important (question 24).

**Conclusions.** During research students emphasized practical aspects of management. Those aspects influence on specialization and apprenticeship choices. They are also important during writing a thesis, especially a practical part of it. Conversely a lot of students have problems with creating a practical part and with finding data. Such opinions suggest that connection between practice and theory is not efficient.

On the other hand it is worth of mentioning that students appreciate the meaning of management theory. According to them a thesis should include a theoretical part and theoretical problems should be discussed during final seminars. However they have some problems with creating a theoretical part of a thesis. Perhaps it is a consequence of management theories' variety.

A lot of polled students are not satisfied by standards of teaching during final seminars. It is an alarming matter. Students do not appreciate discussions. They prefer individual meetings with a professor. According to students a professor should help them at all levels of writing a thesis, especially in writing a plan and creating contents.

The results of research confirm that education of management needs consequent improvement and developing. Education should emphasize connections between practice and theory. Professors should offer interactive means of teaching provoking discussions and critical thinking.

#### **Bibliography:**

1. Apanowicz J., Metodologiczne uwarunkowania pracy naukowej, Difin, Warszawa 2005.
2. Banaszyk P., U podstaw metodologii nauk o zarządzaniu, „Współczesne Zarządzanie” nr 1/2007.
3. Banaszyk P., U podstaw metodologii nauk o zarządzaniu, „Współczesne Zarządzanie” nr 1/2007.
4. Grudzewski W. M., Współczesne kierunki rozwoju nauk o zarządzaniu, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw” nr 3/2006.

5. Hejduk I.K., Główne uwarunkowania rozwoju nauk o zarządzaniu w Polsce, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw” nr 3/2006.
6. Herman A., Nauki o przedsiębiorstwie w Polsce a praktyka, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw” nr 3/2006.
7. Kieżun W., Idea i pragmatyka studiów administracyjnych w demokracji epoki elektronicznej, „Współczesne Zarządzanie” nr 3/2005.
8. Kieżun W., Sprawne studiowanie nauki zarządzania, „Współczesne Zarządzanie” nr 1/2007.
9. Koźmiński A. K., Zarządzanie w warunkach niepewności, PWN, Warszawa 2004.
10. Lichtarski J., Opinie przedsiębiorców i menedżerów o doskonaleniu zarządzania w przedsiębiorstwach, „Przegląd Organizacji” nr 10/2006.
11. Nogalski B., Nauki o zarządzaniu wobec wyzwań współczesności, „Współczesne Zarządzanie” nr 1/2007.
12. Nowak S., Metodologia badań społecznych, PWN, Warszawa 1965.
13. Przybyła M., Organizacja i zarządzanie. Podstawy wiedzy menedżerskiej, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 2001.
14. Rutka R., Kształcenie kadr w szkołach wyższych dla potrzeb zarządzania. Kogo? Czego? Jak uczyć?, „Współczesne Zarządzanie” nr 1/2007.
15. Sudół S., Przedmiot i zakres nauk o zarządzaniu oraz ich miejsce wśród dziedzin i dyscyplin naukowych, „Przegląd Organizacji” nr 12/2004.
16. Sudół S., Zarządzanie jako dyscyplina naukowa, „Współczesne Zarządzanie” nr 1/2007.
17. Sułkowski Ł., Nurt krytyczny w naukach o zarządzaniu, „Współczesne zarządzanie” nr 1/2006.
18. Sztumski J., Wstęp do metod i technik badań społecznych, Śląsk Sp. z o. o. Wydawnictwo Naukowe, Katowice 2005.
19. Trocki M., Tożsamość nauk o zarządzaniu, „Przegląd Organizacji” nr 1/2005.

MARIAN TUREK (Central mining institut, Katowice, Poland)

## SOME ASPECTS OF USE OF THE SCENARIO METHOD FOR THE CONSTRUCTION OF A STRATEGIC PLAN OF THE HARD COAL SECTOR

*Основна задача кожного підприємства – підвищення ефективності його діяльності. Цей принцип повністю можливо застосувати до вугільних підприємств, не дивлячись на те, що не завжди на це зорієнтовані державні органи і менеджмент цих підприємств. Вартість вугільного підприємства залежить від багатьох чинників, особливо від гірничо-геологічних і екологічних умов розробки, від вживаних технологій і економічних аспектів. Для пристосовування підприємств до оточуючих умов необхідна розробка стратегій ефективної роботи, для створення яких та їх оновлення вважаємо за доцільне використання методу сценаріїв.*

*Основная задача каждого предприятия – рост эффективности его деятельности. Этот принцип полностью применим к угольным предприятиям, несмотря на то, что не всегда на это сориентированы государственные органы и менеджмент этих предприятий. Стоимость угольного предприятия зависит от многих факторов, особенно от горно-геологических и экологических условий разработки, от применяемых технологий и экономических аспектов. Для адаптации предприятий к окружающим условиям необходима разработка стратегий эффективной работ, для создания которых и их обновления считаем целесообразным использование метод сценариев.*

*The primary goal of each enterprise - growth of efficiency of its activity. This principle is completely applicable to the coal enterprises in spite of the fact that not always the state bodies and management of these enterprises are focused on it. Cost of the coal enterprise depends on many factors, is especial from mining-geological and ecological conditions of development, from used technologies and economic aspects. Development of strategy is necessary for adaptation of the enterprises to surrounding conditions effective works for which creation and their updating the method of scripts is counted expedient use.*

**Introduction.** There is no doubt that the basic objective of each enterprise is the growth of its value, especially from the viewpoint of the owner. This principle concerns also mining enterprises, in spite of the fact that not always this rule is perceived both by the “state treasury” and their managements. However, the functioning of mining enterprises should be assessed from the viewpoint of creation of their values, independently if we intend to sell them immediately or in the further future, if the subject of selling will be the entirety or part of the enterprise. The value of a mining enterprise depends on many factors, especially on occurrence conditions of deposits, in which extraction is conducted, on applied technologies or sensibility of economic factors on domestic and foreign markets. For the adaptation of enterprises to the surroundings conditions it is necessary to possess a strategy for the entire group of enterprises. For its construction and updating seems useful the scenario method.

The essence of such approach is the determination of a considered and compact series of events in dynamic changes of mining enterprises in the adopted time horizon (e.g. until 2020). The effect of this work should be the verbal description by help of qualitative features of the investigated system in the assumed time perspective. This description should be supplemented with numerical data, determined on the basis of prognostic models. Thus legitimate seems the assumption of the following procedure of investigation objective realisation:

1. completing, if it is possible, of a list of a event set in the initial state and events being possible in the assumed time horizon,
2. determination of probabilities of events and probabilities of the time of their occurrence, from the aspect of the adopted time horizon,
3. determination of interaction between the elements and system and the surroundings, i.e. changes of probabilities and time of occurrence of the given event in consequence of appearance of any of these events,
4. selection of the leading scenario, the so-called turning-point,
5. construction of the basic scenario,
6. construction of alternative scenarios,
7. assessment of scenarios on account of the possibility of their occurrence.

The realisation of the task, i.e. the construction of development scenarios of such complicated system, requires a great interdisciplinary research team and large group of experts, which will cooperate with the research team. Necessary is always a wide initial base of quantitative and qualitative data relating to the structure of the mining production process and conditions, in which mining enterprises are functioning.

**Scope and way of scenario construction.** The set of investigated information should contain data regarding the past and current situation of the entire branch and its components, as well as multi-variant predictions, constructed in the course of application of at least classic prediction methods.



The co-authors of the scenario must have at their disposal suitable calculation instruments in order to carry out manifold simulations, using prognostic models. The research team fulfils the role of cooperation coordinator with appointed expert groups for many partial research plots. In the course of many time organised sessions the team should univocally obtain the opinions of expert groups regarding the following problems:

- creation of the system's element list,
- determination of probability of events and time of their occurrence,
- determination of interaction between the elements and the system, and the surroundings,
- selection of the leading event.

The created expert groups have access to the package of programmes with different prediction techniques, collected by the data base team. The contacts of the research team with the group of experts take place in the course of conferences using the electronic post according to determined rules and defining of the way of opinion quantification. The agreed expert opinions are treated as the base to create scenarios through the research team. The initial version of the scenario constitutes the modified by expert opinions, initial scheme of quantitative connections of system elements in the period covered by the prediction. In the next step should originate the quantitatively presented scenarios grouping the conventional events as most probable and several versions of alternative scenarios. They should be assessed through a specially appointed group of experts, specialists of functioning of the whole branch. Their opinions about the presented future variants constitute some construction stage (describing) of verbal qualitative scenarios. At this stage the research team widens its composition by specialists from the sociology branch and specialists in the field of human behaviours. The question is to present the future state and such a manner, in which the human teams participating in the realisation will experience it in their present. The systems describe also the future of elements in a manner partially isolated in relation to other elements, i.e. illustrate the systems' future only partially. Thus it is necessary to join them in scenarios, in a logical chain of events that occur in the future. It is worth to bear in mind that not all problems of the present or past can be predicted and described in a numerical way. When constructing the scenario one should incorporate qualitative problems into quantitative predictions in order to obtain a full complete description of the investigated system in the future. We should not forget that the simple algebraic sum of elements is not the described system entity. All phenomena including technical and social ones create comprehensive systems subject to characteristic regularities, which cannot be concluded exclusively on the basis of knowledge about regularities ruled by their components. Each to day's partial prediction is the present in the future and is treated in the scenario as a decision, which the decision-maker takes in the future and which implies the course of subsequent decisions. These decisions, regarding for instance the production quantity or modernisation of technology, will require valuation through people who will take them. In order to correctly construct the scenario, a determined technique of its writing should be used, obeying the following rules:

- to obey the deduction principle, i.e. to formulate in turn the value system,
- aims, strategies and tactics. The detailed analysis of lower levels of the decision process in the microscale can be conducted after the accurate explanation of all elements and connections of the upper layers of the decision process,
- decidedly should dominate the verbal description of structural-dynamic system transformations and qualitative seizures. Into the text should be incorporated possibly only simple numerical specifications, as well as readable tables, diagrams or schemes,
- in the initial and alternative scenarios also the same sequence of topics and way of their presentation should be maintained,
- to use only one tense and mood, i.e. the scenario projection should be written in the future tense and indicative mood, and the scenario presenting the current state should be written in the indicative mood, but in the present tense,
- list of sources of numerical data, applied prognostic techniques and full set of calculation, obviously within the limits of the common sense, should constitute an annex to the scenario.

It should be stressed that the scenarios constructed in such a way must be additionally essentially assessed by experts. One should also formulate opinions on mutual implications between the state of the investigated system in the future and external conditions.

Unfortunately, the prognostic method of scenario construction is characterised by:

- high labour consumption, long realisation time, what is connected with considerable costs, a great, enormous research team, and continuously cooperating, necessary modern technical means,

- necessary, simultaneous application of many classic and non-classic prediction methods,
- high minuteness of detail in prognostic investigations, because the omission of some details can lead to their cumulation in the future, and their resultant to incorrect prognosis.

**Methods applied in scenario construction.** Qualitative prediction methods are based on the opinion of experts, i.e. persons invited to participation in investigations because of the possessed knowledge. For predictions constructed in the enterprise, experts can be either the employed workers, or persons cooperating with them or persons from the outside. The predictions constructed by experts usually have the form of point-related predictions, which are expressed in the form of one value of the predicted variable. They can also have the form of interval predictions, expressed in the form of a numerical interval, or variant predictions, expressed in the form of different values of the predicted variable. It takes place, that predictions are formulated by one expert, but more often by a group of experts, but then the prediction proceeding is based usually on the Delphi method, or brainstorming.

The Delphi method serves the prediction of the economic development technique of other areas of human activity. It is assessed as a very good one, some people affirm that this method is irreplaceable when constructing long-term plans. It should give very good results in the case of determination of the moment of anticipated event appearance. It is a method of inquiry based on closed questions, which require replies of numerical meaning. The arguments and counterarguments are limited only to quantification. The method refers to the opinion of experts, who work independently from the remaining ones. Inquiry tests are carried out several times. The results of each stage should be elaborated statistically. Aiming at the creation of a majority group, we reject extreme opinions, in order to obtain at the final stage the conformability falling on the distribution centre. Before starting the tests, the assumption should be adopted that:

- the given problem cannot be solved by help of other methods,
- the research team and experts have the full awareness and deep knowledge relating to the aim of use of the Delphi method.

It should be stressed that we use this method for better recognition of the future and improvement of decision taking conditions. When preparing the questionnaire, the following questions should be taken into consideration, which undoubtedly are connected with the basic problem:

- which substitute decision could be taken,
- which substitute problem could be introduced,
- what obstacles can appear,
- what reactions can come into being at the moment of questionnaire result announcement?

Among others replies to these questions have impact on the receipt of the group of experts, as well as preparation of questions for the subsequent stages of investigation conducting. The term expert is not univocally interpreted in the literature. I think that for the use of our investigations it should be understood in the most widest meaning. In our investigations as expert we will consider a person, who has been invited to participate in inquiry tests. The team conducting investigations performed the selection and applied to the person on account of his/her individuality, competences, wide contacts as well as scientific and professional achievements. About the effectiveness of investigations using this method can decide persons with an open relation to problems and turned towards the future. The questions in the questionnaire should be compact and lead to replies, which can be expressed numerically and independent on each other. The realisation of contents of one question should not influence the realisation of the contents of remaining questions. In many questions necessary is to introduce the parameter of time. The question and, as a matter of fact, their collection in the questionnaire, should be thoroughly considered and discussed in order to eliminate interferences between questions and to receive replies, which are really concentrated on the adopted objective. Therefore we assume to introduce tentative questionnaires, which will serve to check the correctness of the question set and detailed formulation of individual questions. The so-called tentative questionnaires will be realised by a small group of experts. The obtained results will facilitate the analysis of connections between questions and will verify the ways, which will lead to the determined aims. In the tests we assume the application of common and fragmentary questionnaires.

A common questionnaire serves the determination of for example the future in the field of coal preparation for energy purposes from the aspect of new technological solutions of energy generation. The aim will be rather the determination of the problem's panorama. The prepared questions should be fairly varied and differentiated. The phenomenon of mutual interference of questions in principle is not troublesome. An important problem in questionnaire construction is the impact of current scientific tendencies, technical knowledge on limitations or distortions that sometimes can appear, resulting from not identical in meaning formulations or specialist nomenclature. The fragmentary questionnaire will

serve to investigate the prediction in the part of the tested sphere. The questions are subject to mutual penetrations and resulting hence connections. Inconveniences and faults must be removed in the tentative questionnaire or at the latest in basic investigations.

**Description of scenario construction.** The statistical elaboration of results does not afford greater difficulties, however, it may require fairly high labour expenditures. This concerns both the group of experts and the organisational team. The investigation method is expensive and fairly long-lasting.

The Delphi method comprises the following research stages: (Fig. 1).

1. Preparation for survey conducting. After the initial elaboration of the questionnaire the tentative questionnaire should be carried out, which is designed to correct the set of questions and to check the real possibility of realisation and investigation aim.
2. Questionnaire I sending. The questionnaire I we send by electronic post to all experts being in the list. Also information should be attached regarding the aims and prognostic character of the

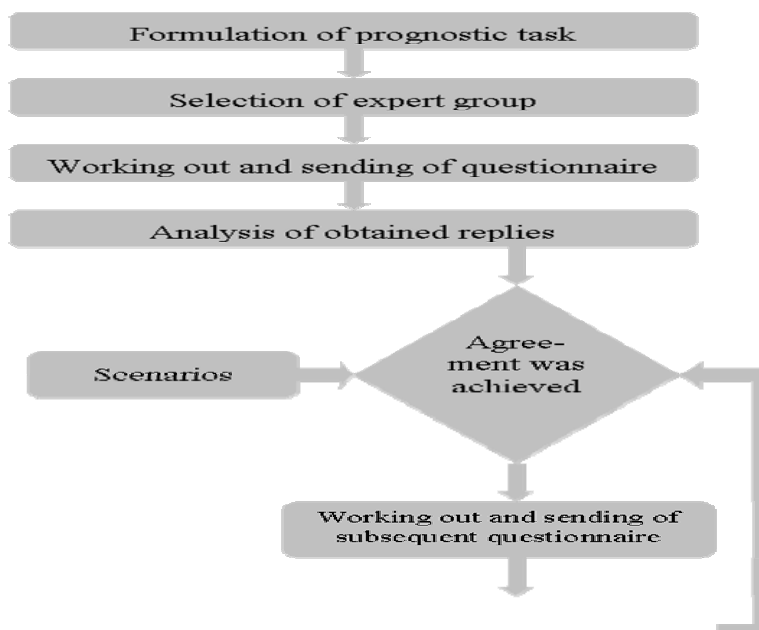


Figure 1 – Process of scenario construction when using the Delphi method

questionnaire, requiring a time-limit of 7 – 10 days for reply elaboration. The questionnaire can contain the experts' self-assessment. It is necessary to give the scale of assessments:

- 1 – very complete,
- 2 – complete,
- 3 – subject-oriented,
- 4 – poorly subject-oriented,
- 5 – incompetent.

It could seem that the experts' self-assessment is somewhat infantile, but practically it is difficult to imagine another way of proceeding. Moreover, it is difficult to imagine to put them through an examination, since they were acknowledged as experts and placed in the list.

1. Questionnaire I analysis. After receiving replies concerning the questionnaire I, they are verbally and statistically elaborated. After the elimination of extreme replies the distributions are constructed according to the statistical requirements.
2. Questionnaire II sending. We send the questionnaire to experts, attaching the statistical elaboration of questionnaire I and expert's replies included in this questionnaire.

The following possibilities should be taken into consideration:

- the first expert's reply is contained in the interquartile range and then we can expect that further expert's replies will be the confirmation of the first one, because it is improbable that he/she suddenly would like to change the mind.
- the first expert's reply lies beyond the interquartile range, if the expert maintains the reply he/she should be requested for explanation and justification. This results hence that from an expert

representing another opinion than the majority, not only the explanation, but also justification of his/her standpoint is demanded. The aim is to induce less courageous experts and those that have no strong arguments to join the group. The objective of this procedure is to separate extremists.

3. Analysis of questionnaire II. The data contained in the questionnaire II usually differ from results in questionnaire I with respect to reply dispersion.
4. Sending of questionnaire III. The basic task of this questionnaire (III) is the reduction of the number of extremists through the confrontation of their argumentation. When sending the questionnaire III we attach to it the results of questionnaire II analysis. The experts are obliged to refer to the opposed arguments or join the majority or justify their standpoint. Irrespectively of their decisions we demand from them to refer to different views and quoted counterarguments, which result from questionnaire II. In this procedure phase, what is characteristic for the Delphi method, very distinctly occurs the privilege of the majority of the expert group in relation to the extremists. The majority attacks, but must not justify its views, while the extremists fight for their position against each other or against the majority, and they must constantly argue and justify their opinions.
5. Analysis of questionnaire III. Investigations into the questionnaire III results and specification of results.
6. Sending of questionnaire IV. The sending of questionnaire IV and results of questionnaire III still more strengthens the standpoint of the group, and moreover it is aimed at the crystallisation of divergent views – decisions.
7. Final elaboration of results. The final results are presented in tables, which contain the averaging of specialists' assessment.

After obtaining the replies, we carry out the statistical analysis of experts' agreement (Dittman, 2003).

1. If experts' replies are expressed in the interval scale or quotient scale, then for conformability assessment the interquartile range can be used:

$$\Delta = Q_3 - Q_1 \quad (1)$$

where:  $Q_1$  – bottom quartile (first),

$Q_3$  – top quartile (third)

The conformability of experts' opinions is considered as sufficient, when the interquartile of their replies does not exceed the previously determined threshold value  $\Delta'$  ( $\Delta \leq \Delta'$ ).

2. If the experts' replies are expressed in the nominal scale, then for conformability assessment the coefficient of dispersion of relative classification can be used:

$$h = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \sum_{j=1}^k f_j^2 \right) \quad 0 \leq h \leq 1 \quad (2)$$

where:  $h$  – number of categories of replies to questions,

$f_j$  – frequency of  $j^{\text{th}}$  category occurrence as reply in the total number of replies.

The conformability of experts' opinions is considered as sufficient, when the value of the coefficient of dispersion of relative classification  $h$  is close to zero.

3. If the experts' replies are expressed in the ordinal scale, then for conformability assessment the coefficient of concordance can be used:

$$W = \frac{12S}{n^2(k^3 - k)} \quad 0 \leq W \leq 1 \quad (3)$$

where:  $S = \sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n x_{ij} - \bar{x} \right)^2$        $\bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k x_{ij}$

$n$  – number of experts

$k$  – number of reply categories in the question

$x_{ij}$  – rank given to the  $j^{\text{th}}$  category of reply through the  $i^{\text{th}}$  expert

The conformity of experts' opinions is considered as sufficient, when the value of the coefficient of concordance is close to the unit.

**The case of technological development of hard coal extraction technology.** In the process of hard coal output and preparation many different technologies are used, which mutually penetrate, become complete or are functioning independently. For the identification of each technology and their description it was necessary to work out their systematics. The complexity of the production process in underground mining forces the introduction of a determined technology systematics resulting either from their spatial location in the mine's structure or inferiority in the framework of sequence (importance) of partial technologies. Otherwise, we can divide the technologies for example into technologies connected with underground operations or those on the surface. However, we should take into consideration that a number of technologies possess many applications in both areas of mining activity, thus it was legitimate to divide them into groups according to the criterion of importance in order to achieve the aim in the form of the final product, i.e. commercial coal. Such approach to the problems of mining technologies division to some extent in a natural way separates homogenous groups of mining technologies.

The adopted in investigations (Turek, 2008) systematics takes into consideration two principal aspects: the character of the technology itself or the sphere of its functioning. From this viewpoint the analysed technologies in the first approach were divided into:

- extraction technologies, from among of which were distinguished
  - mining technologies,
  - auxiliary mining technologies
- technologies of extraction mechanisation processes,
- technologies of system infrastructure, comprising
  - systems of automatics,
  - systems of informatics,
  - supply systems,
  - teletransmission systems
- coal mechanical preparation technologies.

In the second stage in the mining technology group technology sets comprising homogenous ranges of application were separated. These are:

- opening (first working) technologies,
- development technologies,
- extraction technologies.

In the group of auxiliary mining technologies were separated:

- transport technologies,
- ventilation technologies,
- water drainage technologies.

It has been also acknowledged that mechanisation technologies are functioning in the framework of mining technologies and there is no need for their more detailed systematics.

In Polish hard coal mines deposit opening took place by means of vertical shafts using the deposit structure, rarely mixed structure and this will remain so. However, deposit opening directly from the surface or existing levels is anticipated. The opening technology under the assumption of the deposit structure is characterised by short realisation time and low execution costs.

As the basic mining system will remain the longwall system in different variations, with distinct superiority of longitudinal and diagonal systems with roof caving. The development of this getting system will result from the necessity to adapt detailed solutions to more and more difficult geological and mining conditions. Important tasks should be connected with the safety level rise and production effectiveness, particularly:

- reliability improvement of production systems, especially individual equipment elements,
- modification of execution and improvement of conditions of gate roads maintenance,
- adaptation to the conditions of associated hazards, including rockburst, fire and methane hazards,
- improvement of remote systems of steering and automatics.

It results from the investigations carried out that longwall systems with high daily output (> 6000 t/d) using cutter-loaders will be solutions with high innovativeness level. Thus in the case of mining of horizontal and slightly inclined seams widely the highly efficient longwall system will be applied.

The intensity increase in the extraction of thin and thick seams (with seam thickness above 4.5 m) is anticipated. It should be stressed, what anyway is not revealing that according to experts' anticipations the extraction conditions of seams with medium thickness will be subject to worsening, mainly on account of the decrease of opened-up resources. Hence the extraction of remainders should be anticipated, where the application of longwall systems is not possible. Extraction according to predictions (Turek, 2008) will take place by means of short-front systems, including open-end methods.

In the light of realised investigations it should be stated that in the nearest time the return to the plough technique should follow. The conviction prevails that its quick development will follow especially also in the area of steering and automatics.

In the extraction of seams with medium thickness and high promotion of the cutter-loader technique state the following activities should be anticipated:

- introduction of remote electro-hydraulic steering with respect to powered support sets,
- introduction into the power transmission system of the scraper chain conveyor of a system of automatic initial tension regulation of the scraper chain,
- development of an integrated steering system of longwall machines and devices,
- introduction of automatic steering of powered support sets,
- development and introduction of an advanced system of technical diagnostics,
- application of the computer geotomography system in order to monitor the state of the rock mass tremor hazard,
- introduction of an integrated system of set protection against the dynamic impact of the rock mass.

The extraction of thick seams follows currently either using full thickness extraction or division of seam into layers in the extraction field. In the first case should be anticipated:

- introduction into the power transmission system of the scraper chain conveyor of a system of automatic initial tension regulation of the scraper chain,
- introduction of remote electro-hydraulic steering of powered support sets,
- introduction of an integrated steering system of the production process on the longwall.

Extraction using layers will force the introduction of the following solutions:

- to the power transmission system of the scraper chain conveyor of a system of automatic initial tension regulation of the scraper chain,
- remote electro-hydraulic steering of powered support sets.

The seam extraction by means of the sublevel caving method will require:

- introduction into the power transmission system of the scraper chain conveyor of the system of automatic initial tension regulation of the scraper chain,
- introduction of remote electro-hydraulic steering of powered support sets,
- introduction of the integrated steering of the mechanisation system with reference to the technological process of mechanical getting of the solid,
- introduction of an automated steering system of the process of coal getting from the underworked layer.

It should be stressed that longwall systems are directly connected not only with deposit opening operations, but first of all with development operations. From among the operations carried out in the framework of longwall field preparation for extraction we distinguish both development technologies as well as technologies including roadway and open-end systems (inclines, diagonal ventilation, transport, and water roads etc.)

The remainder deposits, localised within pillars and seam parts with irregular forms will gradually force the use of short-front systems, especially open-end systems (pillar – open-end) and roadway systems.

In the course of driving of roadway workings, commonly used are and will be in the anticipated future two basic technologies of roadway workings driving: heading machine technology – based on the use of heading machines, and blasting technology – in which rock mining will be realised using explosives. The main factor deciding about the selection of the driving technology will be rock properties in the cross-section of the driven working (including: workability type of occurrence and structure).

For the needs of the optimistic scenario from among existing getting technologies the two most innovative technologies were presented: getting by help of arm heading machines by means of the milling method and special heading machines using non-conventional getting techniques.

It should be anticipated that in the nearest time a number of changes in the construction and work technology of arm heading machines will be introduced, breaking the rock solid through milling. The

number of applied arm heading machines, getting punctually, of medium and heavy type will increase. This will concern mainly systems of remote steering of heading machine work, remote machine operating from the surface and communication with the machine from an optional place for monitoring and control of its technical conditions, steering of the direction of working driving using a technology similar to GPS or an alternative one. The introduction of a system of monitoring and communication for the automatic control of power absorption of the getting organ, machine element vibration, temperature of the system for the control of the profile of the driven working and systems for the invasionless determination of the type and properties of rocks as well as gas and water outburst hazards at the working's life (in terms of distance) of georadar type should be anticipated.

In the case of arm heading machines getting punctually in order to increase their effectiveness will be worked out, executed and applied in the first sequence self-propelled working platforms for roadway support transport and assembly, and next temporary, powered hydraulic roadway supports.

The above mentioned scenario of the mechanisation development of roadway working driving through getting using arm heading machines by means of the milling method constitutes an optimistic development variant. It should be expected that the driving of roadways, using heading machines by means of the milling method within the period until 2020 will be the most commonly applied method. To a greater extent will find application medium heading machines with installed power up to 350 kW. Heading machines with very developed systems of automatic and remote steering control of the driven profile, control of driving direction with the use of a technology similar to GPS will be most often used in mines characterised by very high hazard. Owing to the lack of possibilities of automation of the process of face steel-frame support setting, inexpedient will be to remove the steering station to the surface. Thus aiming at the maximum use of the heading machine's possibilities it is necessary to create the possibilities of simultaneous getting and support setting in the working.

On account of:

- the necessity of driving in the nearest future of a number of roadway workings in compact and very compact rocks,
- competitiveness of solutions of special heading machines in relation to currently applied heading machines,
- to necessity to use in new solutions advanced solutions with respect to the materials and technology.

It should be expected that in the nearest time numerous changes in the construction and work technology of both special heading machines using active tools and heading machines getting by means of the back cut method will be introduced. After the application of these changes (using active tools), these technologies can be successfully used in the Polish mining industry when opening new deposit parts.

The above mentioned scenario of mechanisation development of roadway working driving through getting using special heading machines which apply non-conventional getting techniques constitutes an optimistic development variant.

**Summary.** Because the strategy consists in the distribution of resources in order to achieve the aims of enterprises in the competitive market system, these resources must be in suitable proportions to the main objective. The resources of each enterprise consist in reality of human, physical and financial resources. The technologies applied by enterprises constitute its essential resources. The technology development strategies in mines are connected with the application and elaboration of new solutions in order to achieve maximum economic successes. In order to achieve competitive superiority, the strategy of technology development should be included in the general enterprise strategy. A very important aspect of technology strategy is the continuous use of appearing technologies. Therefore necessary is a well organised system of technology assessment. In the case of construction of the strategic plan of the hard coal sector, comprising a number of separate enterprises, it seems necessary to:

- recognise the basic technologies which exert influence on a greater number of enterprises and to consolidate them, ensuring them knowledge and personnel, creating conditions for independent action,
- ensure coordination of research work conducted through individual enterprise,
- implement new technologies through their purchase or realisation of joint undertakings,
- ensure dissemination of these results in all enterprises of the sector.

An important component of such activities was the realisation of the project entitled "Scenarios of technological development of the hard coal extractive industry", co-financed by the European Regional

Development Fund (Turek, 2008). This project was realised in the period 2006-2008 through a scientific consortium; its co-ordinator was the Central Mining Institute (GIG) in Katowice.

**References:**

1. Dittman P., (2003) Forecasting in the enterprise (in Polish), Cracow, Economic Printing House.  
Turek M., (2008) edit. Scenario of technological development of the hard coal extractive industry (in Polish), Katowice, GIG.