

УДК 622.691.24

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОЛИШІВСЬКОГО ПСГ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ГЕОМОНІТОРИНГУ**© М.П. Яцків<sup>1</sup>, І.Р. Гордій<sup>1</sup>, А.М. Федутенко<sup>2</sup>, І.І. Шваченко<sup>3</sup>

1) УМГ „Київтрансгаз”; 44, пр. Комарова, м. Київ, 03065. E-mail: yatskiv@ktg.com.ua

2) УкрНДІгаз; 20, Красношкільна наб., м. Харків-125, 61125.

Тел./факс (0572) 509-210; e-mail: gaz@ukrniigaz.kharkov.ru

3) НДІІАСУтрансгаз; 16, вул. М. Конєва, м. Харків, 61004. E-mail: iishv.nipi@naftogaz.net

Рассматривается история создания и развития Олишевского ПХГ, а также перечень научно-технических проблем, которые в процессе строительства и эксплуатации ПХГ были реализованы или необходимо решить. Приведены результаты анализа технического состояния машин оборудования на ПХГ и показана динамика капитальных вложений по годам на реконструкцию, модернизацию и переоборудование.

Показано, что для эффективного использования капитальных средств и обеспечения рационального управления процессом эксплуатации ПХГ, необходимо обеспечить проведение мониторинга состояния недр и технологического оборудования, путем их постоянного контроля с помощью геоинформационных систем, разработанных на базе современных информационных и компьютерных технологий.

The article is considering the history of creation and development of the Olishevsky UGSF, and also the list of scientific and technical problems, which were realized or are in need of realization.

The results of an analysis of the technical state of the machinery at the UGSF and the dynamics of yearly capital investments for reconstruction, modernization and reequipment at the Olishevsky UGSF, are given.

It is shown that for the efficient use of capital assets and rational control of the operational process of the Olishevsky UGSF, it is necessary to provide the monitoring of technological equipment and bowels state with the aid of the geographic information system, developed on the basis of modern informational and computer technologies.

Створення підземного сховища природного газу (ПСГ) в районі м. Києва почалося з пошуку локальних структур, придатних для цієї мети. За період з 1955 р. по 1957 р. тут було проведено структурне буріння на декількох площах. За результатами цих робіт позитивна оцінка була надана Червонопартизанській та Олишівській структурам, розташованим на території Чернігівської області. У зв'язку з тим, що Олишівська мала простішу будову, і до того ще й розташована на трасі газопроводу Київ-Москва, її визнали першочерговою до створення підземного сховища газу.

Згідно рішення спільної наради представників колишніх організацій Главгазу СРСР, Главгеології УРСР, Держплану та Ради Міністрів УРСР, яка відбулась 22 вересня 1959 р. в с.м.т. Олишівка і була присвячена питанню прискореного створення ПСГ, з 5 жовтня 1959 р. почались розвідувальні роботи на Олишівській структурі. Виконувались вони колишньою Київською розвідкою Союзної ГПК Главгазу СРСР (у майбутньому Ніжинською партією тресту "Союзбургаз") згідно проекту розвідки, затвердженому Главгазом СРСР 3 жовтня 1959 р. Спочатку передбачалось буріння та випробування шести першочергових розвідувальних свердловин, розташованих на двох хрестоподібних профілях. Усього ж з 5 жовтня 1959 р. по 5 жовтня 1962 р. було пробурено 36 розвідувальних свердловин, в яких, починаючи з січня 1960 р., проводилась гідророзвідка. Основною метою цих робіт було одержання вихідних даних, необхідних для проектування нагнітання газу в пласт. Завдання гідророзвідки було зведено до визначення фізичних параметрів по площі розвитку пласта-колектора (проникливість, п'єзо- та гідропровідність), виявлення характеру гідродинамічного зв'язку за його простяганням та перевірки герметичності глинистої покрівлі над ним. За даними розвідок бат-байоський водоносний пласт-колектор Олишівської структури було визнано придатним для створення в ньому ПСГ.

На основі структурно-геологічного аналізу даних сейсміки, буріння і результатів ГДС встановлено, що по покрівлі бат-байоського пласта-колектора Олишівське підняття являє собою видовжене у західно-північно-західному напрямку склепіння, яке в контурі замкненої ізогіпси на абс.позн. мінус 446 м має розміри 6,7 × 3,6 км і висоту 12 м. Найвища позначка покрівлі пласта-колектора відмічена в склепінні підняття на абс.позн. мінус 433,5-433,9 м. Кути падіння порід західно-південно-західної і північ-північно-східної частин склепіння близько 0°30' (приблизно 6 м на 1км), північ-

північно-західний – близько  $0^{\circ}20'$  (приблизно 4,8 м на 1км) і схід-південно-східний – біля  $0^{\circ}11'$  (приблизно 3 м на 1км). Таким чином, Олишівська структура виявляється дуже пологим склепінно-подібним підняттям, що характеризується пологим, майже горизонтальним заляганням порід. На заході воно дуже слабким прогином відокремлюється від досить погано вивченого Красилівського підняття, а на південному сході пологою структурною сідловиною відокремлюється від Хрецагинського підняття.

В якості об'єкта підземного зберігання газу обрано бат-байоський водоносний пласт середньої юри. Покрівля бат-байоського пласта-колектора в межах складки залягає на глибинах від 551,2 до 570 м. Загальна його товщина коливається від 29,1 до 34 м, проникної частини – від 17 м до 24,5 м, а середня по площі сягає до 20,5 м. Пласт-колектор складений пісками алевритовими і алевритами піщаними. Піщані відмінності порід переважають у верхній частині розрізу пласта, а алеврити – у нижній. Зустрічаються прошарки пісковиків переважно слабо зцементованих, крихких, а також глин і алевролітів піщанистих.

Фізико-літологічні властивості пласта такі: пористість пісків і алевролітів у середньому складає 35 % (в основному переважають фракції 0,1 – 0,01 мм (від 41 до 80%)); проникність порід, за промисловими даними, у середньому сягає  $(1,3 - 2,0) \times 10^{-12} \text{ м}^2$  (при цьому, згідно з лабораторними дослідженнями, поперек напластування вона в 2-3 рази менша, ніж вздовж напластування, тобто має місце анізотропія пласта); п'єзопровідність у середньому становить  $21500 \text{ см}^2/\text{с}$ , а гідропровідність –  $2190 \text{ дарсі} \times \text{см}/\text{с}$ . Пластовий (гідростатичний) тиск, зведений до абс. позн. мінус 444 м, прийнято на рівні  $56 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , пластова температура  $21^{\circ}\text{C}$ .

Проникна пачка бат-байосу екранується зверху батськими глинами, а знизу – триасовими. В якості контрольних обрані водоносні нижньооксфордський та крейдовий горизонти.

Створення ПСГ виконувалося згідно проекту розвідувального нагнітання газу, який було складено ВНДІгазом (Москва) і яким передбачалося створити штучний газовий поклад загальним об'ємом 200 млн.  $\text{м}^3$ , у т.ч. активний – 110 млн.  $\text{м}^3$ , на максимальному пластовому тиску  $75 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Вважалося, що коефіцієнт газонасиченості буде 0,3, а газоводяний контакт (ГВК) займе горизонтальне положення на абс.позн. мінус 444 м. Для експлуатації ПСГ передбачався фонд з 8 свердловин.

Дослідне нагнітання газу почалось 25 травня 1964 р. у склепінну частину і воно вже тоді довело, що поршневого витіснення води тут немає, газ розтікається під покрівлею на велику відстань за межі проектного контура у вигляді "язиків". Передбачене проектом розвантаження пласта через окремі свердловини не дало позитивних результатів. За сезон нагніталось до пласта 93 млн.  $\text{м}^3$ , або 46% проектного загального об'єму. Дослідне відбирання газу у сезоні 1964/65 р. становило лише 0,9 млн.  $\text{м}^3$  за 65 діб.

Внаслідок критичної ситуації, що склалась, була запропонована нова схема формування штучного покладу: разом з подаванням газу в газонасичений інтервал нагнітання почали вести і через спеціальні нагнітальні свердловини, інтервали перфорації яких знаходяться значно нижче проектного ГВК. І результати негайно виявились: хоч і повільно, але стало помітним нарощування газонасиченої товщини і поверху газонасиченості за майже постійного положення ГВК.

У 1966 р. об'єм зберігання газу в пласті вже у 1,5 рази перевищував проектний, однак у сезон 1966/67 р. відбір газу склав тільки 50% проектного активного об'єму. Усе це вимагало переглядання проектних рішень. Тому в 1967 р. УкрНДІгазом, на підставі отриманих результатів створення та дослідної експлуатації, були розраховані технологічні показники подальшої розбудови і експлуатації ПСГ. За розрахунками припускалось створити ПСГ загальним об'ємом 660 млн.  $\text{м}^3$ , у т.ч. активним - 310 млн.  $\text{м}^3$ , яке повинно було працювати в діапазоні пластових тисків  $70-42 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . При цьому вважалося, що газонасичений поровий об'єм у максимальному значенні не буде перевищувати 11,8 млн.  $\text{м}^3$ , ГВК буде горизонтальним, а середній по об'єму коефіцієнт газонасиченості буде складати 0,6. Фонд експлуатаційних свердловин передбачалося мати з 21 одиниці, з яких 5 – нагнітальних. Теоретичним і практичним шляхами було визначено оптимальне співвідношення об'ємів нагнітання газу у водоносну та газонасичену частини пласта 45 % і 55 % відповідно від усього об'єму нагнітання за сезон, темпи його нагнітання, черговість роботи нагнітальних та експлуатаційно-нагнітальних свердловин з тим, щоб запобігти розтіканню газу по пласту. У наступні роки кількість експлуатаційних свердловин було доведено до 40 одиниць, в тому числі 10 – нагнітальних. На рис. 1 зображено відносне розподілення (в %) кількості та вартості обладнання в Олишівському ПСГ.

При цьому було встановлено, що на долю обладнання та машин припадає 18,6 %, на газопромислове обладнання – 8,0 %, свердловини – 62,8 % і спеціальні машини та механізми – 10,6 % від їх загальної кількості.

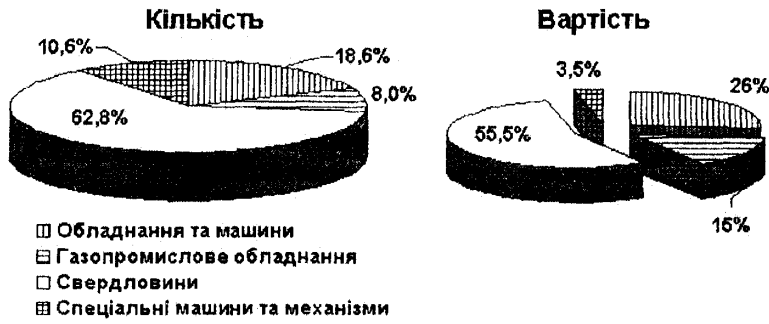


Рисунок 1 – Відносне розподілення (%) кількості та вартості обладнання в Олишівському ПСГ

Аналіз цих даних показав, що найбільш коштовними є свердловини, вартість яких складає 55,5 % від вартості основних фондів.

З метою зменшення розтікання газу по пласту було запропоновано нагнітання в газову “шапку” вести на рівні 25 %, а у водоносну частину пласта під поклад – 75 % від об’єму нагнітання за сезон. Тобто була розроблена технологія створення і експлуатації ПСГ у водоносному пласті, яка захищена авторським свідоцтвом і запатентована [1], що і дало можливість створити ПСГ у пластових умовах Олишівської малоамплітудної структури з об’ємом зберігання газу в 3 рази більшим, ніж передбачалось початковим проектом. З 1982 р. газосховище працює в циклічному режимі з проектними загальним і активним об’ємами газу. Газонасичений поровий об’єм в основному сформувався і в своєму максимальному значенні не перевищує 9,84 млн. м<sup>3</sup>. В якості ілюстрації вищевикладеного на рис. 2 зображено динаміку (в %) в Олишівському ПСГ за роками: а) об’єму зберігання активного газу; б) максимальної добової продуктивності; в) витрат газу на технологічні операції.

Як можна бачити на рис. 2, де за 100 % прийняті значення показників у 1992 році, протягом останніх 10 років активний об’єм газу у ПСГ та їх максимальна добова продуктивність за сезони нагнітання (відбирання) газу змінюються в межах планових показників. Підтвердженням тому є те, що ось вже 40 років підземне сховище газу, створене майже в горизонтальному пласті, надійно працює з активним об’ємом, що складає 47% від загального.

Стосовно витрат газу на різні операції в таких умовах можна зазначити, що витрати газу на виробничі потреби всі ці роки залишаються на одному рівні та мають тенденцію до відносного зменшення вказаних витрат, а витрати паливного газу в режимі відбирання газу з ПСГ усі ці роки залишаються на одному рівні.

На сьогоднішній день сформовано масивний, в основному, склепінний штучний газовий поклад плаваючого типу. Конфігурація газового покладу дуже складна. Межа розділу газ-вода має опуклий характер і, в основному, повторює покрівлю пласта-колектора та має невеликий нахил у південному напрямку. На характер формування покладу суттєвий вплив надавали анізотропія пласта, крутизна

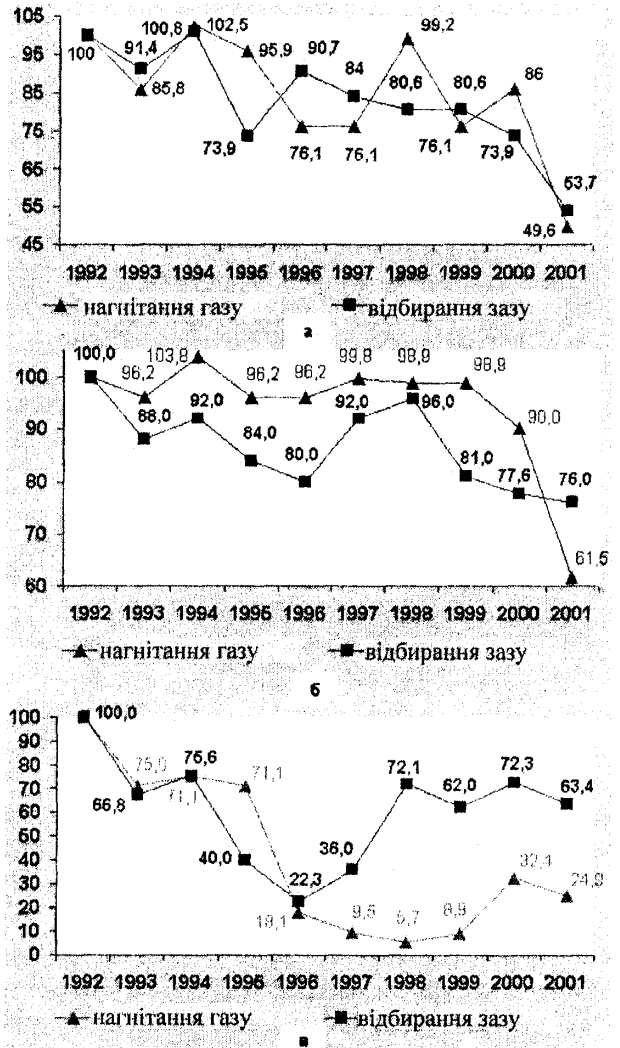


Рисунок 2 – Динаміка (в %) в Олишівському ПСГ за роками: а) об’єму зберігання активного газу; б) максимальної добової продуктивності; в) витрат газу на технологічні операції

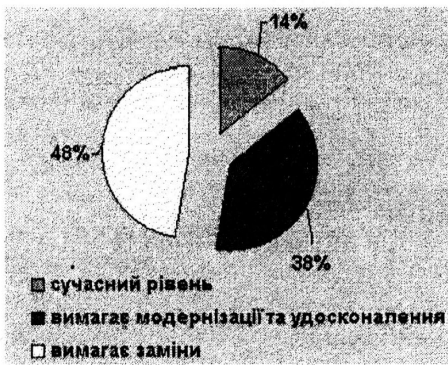


Рисунок 3 – Відносне розподілення машин і обладнання за технічним рівнем на Олишівському ПСГ

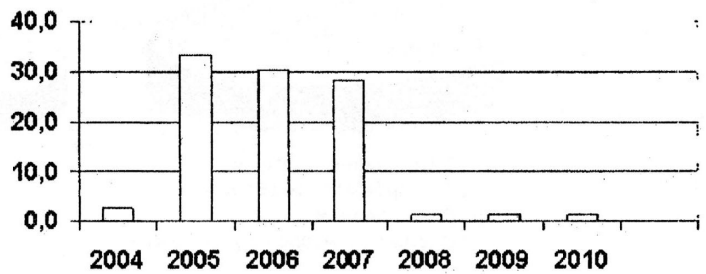


Рисунок 4 – Динаміка за роками капітальних вкладень (у %) на реконструкцію, модернізацію та переобладнання Олишівського ПСГ

структури, темпи і методи нагнітання, регіональний рух пластових вод. Додатковий опір витісненню води чинили напівпроникливі або непроникливі прошарки та лінзи глинисто-піщаних утворень. Гравітаційне розшарування води відбувалось повільно, а це вело до того, що межа газ-вода мала той нахил, що і покривля пласт-колектора. Багаторічний досвід створення та експлуатації ПСГ показав, що привести фактичний ГВК до проектних відміток не уявляється можливим.

У процесі створення і експлуатації штучного газового покладу, через неповноту витіснення води газом, сховище фактично заповнене сумішшю води та газу. При цьому в склепінній частині, де розташовані експлуатаційно-нагнітальні свердловини і має місце великий вплив прогонного витіснення та гравітаційних сил, газонасиченість загалом достатньо висока (75-80%). На периферії покладу, віддаленій від основного осередку нагнітання, де, в загальному випадку, умови для осушення пласта гірші, газонасиченість значно нижче (до 40%).

Оскільки ПСГ створено у водоносному пласті з достатньо високою рухливістю пластових вод, в якому гідростатичний тиск перевищується в 1,25 рази, то його експлуатація залежить від умов водонапірної системи. Остання постійно знаходиться в динаміці: пластовий тиск у ній під час нагнітання газу зростає до свого максимуму, під час відбирання - знижується до мінімуму, в нейтральні періоди після нагнітання і відбирання газу він зменшується або збільшується. А так як в останньому випадку темпи зменшення і збільшення пластового тиску можна вважати однаковими, то щоб ПСГ функціонувало без втрат і поширення досягнутого газонасиченого об'єму необхідно витримувати мінімальний нейтральний період після нагнітання газу і максимальний - після його відбирання.

Темпи створення підземного газосховища не були швидкими через повільне будівництво, шлях, який було обрано, був цілком вірний. Тому в результаті експлуатації ПСГ протягом 40 років технічний стан його обладнання вимагає модернізації, удосконалення або заміни. Це підтверджують дані на рис. 3, де зображено відносне розподілення машин і обладнання за технічним рівнем в Олишівському ПСГ. При цьому від 88,9 % до 100 % обладнання та машин відпрацювали свій ресурс понад 50 %.

З урахуванням цього в компанії був розроблений "Перспективний план реконструкції, модернізації та переобладнання ПСГ ДК "Укртрансгаз" на період 2004-2010 р.р.". На рис. 4 зображено динаміку капітальних вкладень (у %) за роками на реконструкцію, модернізацію та переобладнання Олишівського ПСГ. За 100 % прийнята загальна сума капітальних вкладень за період 2004-2010 р.р., а найбільш сума вкладень, згідно діаграми, передбачається в 2005 - 2007 р.р.

Ефективне використання капітальних вкладень та забезпечення раціонального керування процесом експлуатації Олишівського ПСГ неможливо без постійного контролю геологічних, геофізичних, технологічних, технічних і екологічних параметрів на об'єктах ПСГ [2].

Особливістю процесу експлуатації ПСГ є чергування періодів репресій та депресій тиску в пласті. Тому необхідно проведення геомоніторингу стану надр ПСГ з метою спостереження за: герметичністю покриття пласта-резервуара; формуванням штучного газового покладу; загазованістю розрізу і приповерхневих відкладів [3].

Для проведення геомоніторингу стану надр ПСГ актуальними проблемами, які підлягають вирішенню, є: встановлення мети моніторингу; визначення оптимальної сукупності параметрів, які підлягають контролю; вибір методів та змісту досліджень; створення банку даних; уточнення моделі пластової частини ПСГ; вирішення організаційно-технічних заходів з проведення геомоніторингу на об'єкті контролю та ін.

Основні завдання геомоніторингу стану надр ПСГ полягають у наступному: проведення спостережень і контроль стану геологічного, водяного і повітряного середовищ у зоні взаємодії з інженерними об'єктами і за її межами; проведення спостережень і контроль стану пласта, свердловин і технологічних об'єктів ПСГ у процесі їхнього будівництва й експлуатації; проведення спостережень і контроль стану рослинного і тваринного світів у зоні впливу ПСГ і за її межами; оцінка екологічної ситуації в межах освоєваної території і керування факторами, які її визначають; оцінка факторів надійності експлуатації свердловин і технологічних об'єктів ПСГ та керування цими факторами.

Завдання досягаються внаслідок: уточнення моделі пластової частини ПСГ; зіставлення проектного і фактичного обсягів газу і пластових тисків; кількості газу під час нагнітання і відбирання; аналізу фільтраційних параметрів і дебітів свердловин; аналізу втрат тиску в пласті і стовбурі свердловин; проведенні гідрогеологічних та газогеохімічних досліджень; розробляння геоінформаційної системи (ГІС-ПСГ) з використанням сучасних інформаційних та комп'ютерних технологій. Використовуючи комп'ютерні технології у складі ГІС можна вирішувати дуже складні задачі у процесі геомоніторингу стану надр ПСГ, наприклад, моделювання і прогнозування зміни пластового тиску, що вимагають застосування складних математичних моделей.

Великий обсяг інформації, що надходить під час проведення геомоніторингу стану надр ПСГ вимагає вирішення проблеми збирання, оброблення, зберігання та архівації даних. У зв'язку з цим, актуальною задачею є створення у складі ГІС-ПСГ програмно-технічних комплексів, які б надали можливість збирання та накопичення великих обсягів інформації, її перероблення та відображення у будь-якій формі, що забезпечує використання сучасних інформаційних та комп'ютерних технологій.

Головним джерелом інформації у процесі проведення геомоніторингу стану надр ПСГ є свердловина. Великий обсяг інформації, що надходить за результатами геомоніторингу, зумовлює розробку відповідного інформаційного забезпечення та створення банку даних для накопичення інформації за результатами контролю про: технічний стан свердловини; фізико-літологічні параметри пласта; властивості флюїду; дані про експлуатацію свердловини та пласта; дані про дослідження по фондах свердловин.

За результатами аналізу була визначена оптимальна сукупність параметрів, які підлягають контролю у процесі геомоніторингу стану надр.

Крім того, на технологічних об'єктах забезпечується контроль: витрат газу на власні технологічні потреби; балансу газу в ПСГ; товарної якості газу.

Отримання необхідних даних про стан надр ПСГ зумовлює необхідність використання різних методів дослідження об'єктів геомоніторингу та визначення комплексу заходів для кожного з методів. На підставі аналізу існуючих методів дослідження об'єктів ПСГ, очікуваних результатів дослідження та їх ефективності були обрані необхідні методи геомоніторингу стану надр ПСГ.

Разом з тим, ведення єдиного банку даних за результатами досліджень і контролю у складі ГІС-ПСГ надає можливість вирішення задач аналізу даних про стан надр ПСГ та керування об'єктами геомоніторингу.

На підставі сучасних інформаційних та комп'ютерних технологій розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє: провести обробку результатів досліджень свердловин, що зберігаються у банку даних; забезпечити аналіз і діагностування стану свердловин та горизонту ПСГ.

На рис. 5 зображено структурну схему взаємозв'язку функцій та задач, які вирішуються в системі ГІС-ПСГ, у процесі геомоніторингу ПСГ.

Таким чином, геомоніторинг стану надр підземного сховища газу з використанням комп'ютерних технологій дозволяє забезпечити:

- збирання, систематизацію та оброблення даних моніторингу;
- оцінку стану надр і прогнозування його змінювання;
- аналіз ефективності заходів для безпечного надровикористання;

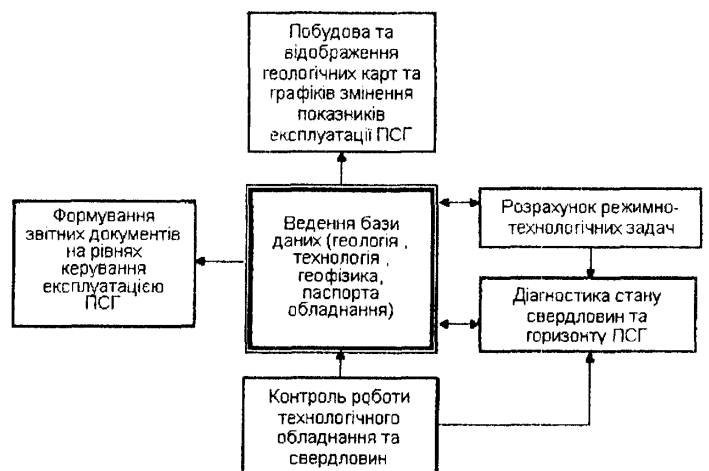


Рисунок 5 – Структурна схема взаємозв'язку функцій та задач, які вирішуються в системі ГІС-ПСГ, у процесі геомоніторингу ПСГ

- опис різних природних і техногенних об'єктів та явищ;
- відображення на картографічному фоні об'єктів;
- уніфіковану побудову геологічних карт;
- прогнозування розвитку екологічної ситуації на підставі зібраної інформації і комп'ютерних екологічних карт;
- керування екологічною ситуацією в зоні впливу ПСГ.

При цьому проведення комплексного геомоніторингу стану надр ПСГ дозволить вирішити питання про необхідність модернізації або реконструкції об'єкта з використанням прогресивних технологій і нової техніки та зменшити несприятливі екологічні ситуації.

### Література

1. Патент на винахід 16234 Україна В65G5/00. Спосіб утворення та експлуатації газосховища в малоамплітудних структурах водоносного пласта / Г.Д. Лебедев, Б.П. Савків, А.М. Федутенко, В.П. Стеренчук, М.А. Григиль. – Опубліковано 29.08.97, Бюл. № 4 .
2. Шимко Р.Я., Вечерік Р.Л., Хасцький Ю.Б., Федутенко А.М., Шваченко І.І. Забезпечення надійного функціонування ПСГ ДК "Укртрансгаз" // Нефть и газ. – 2002. – №4. – с.40-43.
3. Вечерік Р., Шваченко І., Толстова Н. Геомоніторинг стану надр підземного сховища газу з використанням комп'ютерних технологій // Матеріали 3-ої міжнародної конференції "Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти", Київ, 24-26 березня 2004 р., НАНУ.

УДК 681.518

## СТВОРЕННЯ ТА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИМ АРХІВОМ ДОКУМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ПСГ ДК „УКРТРАНСГАЗ”

© Р.Л. Вечерік<sup>1</sup>, Ю.Б. Хасцький<sup>1</sup>, І.І. Шваченко<sup>2</sup>, В.П. Сілічев<sup>2</sup>, Н.Л. Толстова<sup>2</sup>, І.З. Грудська<sup>2</sup>, Т.І. Дячук<sup>2</sup>, О.М. Лук'яненко<sup>2</sup>

1) ДК „Укртрансгаз”; 9/1, Кловський узвіз, м. Київ, 01021. E-mail: rvecheric.utg@naftogaz.net

2) НДПІАСУтрансгаз; 16, вул. М. Конєва, м. Харків, 61004. E-mail: iishv.nipi@naftogaz.net

Приводятся результаты исследования, разработки и создания электронных архивов больших объемов информации, предназначенной для управления технологическими объектами в процессе эксплуатации ПХГ. Рассматриваются проблемы управления архивами, связанные в значительной степени с геологической составляющей этих объектов. Одним из основных источников информации в описываемой системе являются скважины и технологические объекты, по которым, в процессе проведения промыслово-геофизических измерений и исследований накапливаются данные, используемые для решения разнообразных задач по анализу технологических и экологических ситуаций в хранилище.

This article presents the results of research, development and creation of electronic archives of large information contents intended for the management of technological objects in the process of exploitation of underground gas storage facility. The problems of archives management are examined in connection, a great extent, with the geological constituent of these objects. One of the fundamental information sources in the described system are wells and technological objects on which, in the process of the commercial-geophysical measuring and exploration, the data used for the various task solutions on the analysis of technological and ecological situations in the storage facility are accumulated.

Збільшення обсягів інформації для керування технологічними об'єктами в процесі експлуатації підземних сховищ газу (ПСГ), та її накопичення, цілком пов'язане з характером цих об'єктів та їх геологічною складовою, робить ефективне керування технологічними процесами експлуатацією ПСГ можливим тільки на базі новітніх комп'ютерних та інформаційних технологій. Світовий досвід показує, що такий підхід дає значний економічний ефект і дозволяє з мінімальними витратами оперативно доставити інформацію кожному користувачеві для прийняття обґрунтованих рішень з керування експлуатацією ПСГ. Накопичення інформації має ще один аспект – це страховий інформаційний фонд. При цьому однією з актуальних проблем є створення електронного архіву (ЕА) документів з метою [1, 2]: