

ГЕОЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРІЗИ СТЕБНИЦЬКОГО РОДОВИЩА ТА СТАТИСТИЧНІ КРИТЕРІЇ ВИДІЛЕННЯ КАРСТУ

Е.Д.Кузьменко, М.В.Штогрин, Л.В.Штогрин, В.А.Рудий
ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42098,
e-mail: kuzmenko@ivf.ukrpack.net

В.А.Бучинський

ДГХП "Мінерал", Львівська обл., Дрогобицький р-н, м. Стебник, тел. (03244) 40309

В статье представлены новые данные о развитии карста на Стебницком месторождении соли, по флангу которого проходит нефтепродуктопровод. Эти данные базируются на комплексной интерпретации результатов геофизических исследований, в частности на анализе геолого-электрических разрезов и статистических критериев, которые определяют механизм развития карста.

The article contains the new data, which deal with the karst development of the Stebnyk salt field, on the edge of which there is an oil-product pipeline. These data are based on the complex interpretation of results of geophysical exploration, including the analysis of geoelectrical sections and statistic criteria, which define the mechanism of karst development.

Вступ

Найбільш ефективним, з геологічної та економічної точки зору, засобом контролю розвитку карстових процесів є режимні геофізичні дослідження, тому що розвиток карсту однозначно відображається в геофізичних полях.

На Стебницькому родовищі калійної солі та його флангах, що прилягають до Трускавецької зони, ІФНТУНГ веде геофізичні дослідження з 1992 року по даний час. Мета досліджень – картування соляного карсту, прогноз аварійних ситуацій, пов'язаних з його розвитком. Карстова небезпека очікується внаслідок як об'єктивних причин (природний соляний карст), так і внаслідок втручання в природні процеси шляхом утворення штучних порожнин при видобутку солі, що веде до інтенсифікації карстових процесів (техногенний карст).

По північному флангу родовища проходить нафтопродуктопровід, пошкодження якого внаслідок екзогенних процесів може призвести до важких наслідків.

Широкомасштабні електрометричні роботи методом вертикальних електричних зондувань виконані в межах гірничого відводу родовища та на його флангах. В першу чергу роботи були виконані в районі залізниці Київ – Трускавець (ділянка "Залізниця"), оскільки за даними геологічної служби заводу на відстані 350 м від залізниці в серпні 1998 р. відбувся прорив пластових вод в гірничу виробку (камеру) з дебітом 800 м³ на добу. Другим об'єктом досліджень була ділянка автодороги Львів – Трускавець (ділянка "Автодорога"), а також регіональний профіль, що проходить через провал рудника №2 (ділянка "Провал") і до даної автодороги.

Загальний огляд розвитку природно-техногенного карсту на Стебницькому родовищі

Породи кори вивітрювання сформувались і формуються в даний час в результаті дії гіпергенних процесів на седиментаційні моласові відклади. Ступінь обводненості порід та інтенсивність їх гіпергенного перетворення визначається зазвичай, при інших рівних умовах, гранулометричним складом. Більш проникні породи кори вивітрювання формувались на моласових відкладах, представлених піщаним та субпіщаним теригенним матеріалом на соляному цементі. Слабопроникні та водоупорні породи утворились на соленосних глинах, аргілітах і брекчіях.

Найбільш проникні породи формуються над калійними покладами. Калійні пласти та лінзи мають полімінеральний склад. Представлені вони каїнітовими, каїніт-лангбейнітовими, лангбейнітовими породами, галітом, містять прошарки та включення полігаліту, ангідриту та інших мінералів. В результаті дії гіпергенних процесів проходить вибіркове вилуговування мінералів та формування карсту. У зв'язку з цим над калійними покладами формуються добре проникні зони в закарстованих породах. Дані породи перекриті слабопроникними і практично водоупорними глинистими породами.

Наступний етап карстоутворення – це розмив поверхні соляного дзеркала, який найбільш ймовірно розвивається по окремих магістральних каналах в першу чергу по контактах верхньоворотисненських і загорських порід, де проникність найбільша. Зрештою це призводить до утворення розсолонепровідних субвертикальних щілин і до прориву підземних вод у видобувні камери. Далі, у зв'язку з відкачкою розсолів, фільтрація стає значно інтенсивнішою, процес карстоутворення посилюється і супроводжується провалами гірських порід та утворенням воронок на денній поверхні. Корені цих воро-

нок лежать на рівні соляних пластів та соляного дзеркала.

Перший значний прорив розсолів зафіксовано на руднику №2 в 1978 р. Розсолопрояви в камері 115 пласта 10-ПдСх виявлено 23.10.78 р. Спочатку дебіт розсолів становив 2-3 м³/добу при мінералізації 410-420 г/л. Приток постійно зростає і через місяць досяг максимуму – 2000 м³/добу. Одночасно знижувалась мінералізація до 180 г/л. Після залпового викиду почалось зменшення притоку розсолів, і вже через місяць дебіт стабілізувався і становив 200-220 м³/добу при мінералізації 240-260 г/л. Проникнення надсолевих вод в камеру 115 відбулося на контакті рудного поклада нижньої лінзи пласта 10-ПдСх з вмішуваними породами в зоні інтенсивного розвитку карсту.

Подальшими дослідженнями було встановлено таке.

По-перше, висхідним районом акумуляції надсолевих вод, що поступали в рудник в аномальній кількості у відпрацьовані камери 115 і 116, є площа Трускавецького лісового масиву, яка безпосередньо прилягає з південного сходу до гірничого відводу рудника № 2. В межах цієї площі поповнення статичних ресурсів підземних вод, що дренуються в рудник, проходить за рахунок атмосферних опадів, які інфільтруються через четвертинні відклади в алювіальні утворення глинисто-гіпсової шляпи за рахунок підземних вод водоносних горизонтів.

По-друге, рух основного водного потоку, який йде з боку Трускавецького лісового масиву до місця проникнення його в соленосну товщу, проходить по (або поблизу) поверхні соляного дзеркала і здійснюється по осьових, магістральних розсолопровідних каналах в межах вузької локальної зони, яка просторово збігається з простяганням порід. На рух водного потоку з боку Трускавецького лісового масиву по виявлених магістральних каналах вказували дані геофізичних зондувань, дослідні роботи з закачування в спеціальні свердловини індикаторної речовини, спостереження за рівнем підземних вод і контур сформованої депресійної воронки, спостереження за просіданням земної поверхні.

В 1998 р. на рудниках Стебницького ДГХП “Полімінерал” гідрогеологічні обставини характеризувались як надзвичайно складні.

Геоелектрична характеристика розрізу

Основним результатом електророзвідувальних робіт є профільні геоелектричні розрізи, які узагальнюють результати інтерпретації поодиноких кривих вертикального електричного зондування (ВЕЗ) та інформацію, що дають розрізи позірних опорів. Саме геоелектричні розрізи слід детально аналізувати. На розрізах простежується зміна електричних опорів на глибину приблизно до 40 метрів.

Розрізи переважно стабільні за кількістю геоелектричних горизонтів та їх опорів. Межі між горизонтами субгоризонтальні і узгоджуються з границями, що відображаються на графі-

ках поздовжніх провідностей відповідних профілів. Наведемо характеристику кожного геоелектричного горизонту по основних ділянках досліджень. Фрагмент геоелектричних розрізів – на рисунку 1.

I електричний горизонт ділянки “Автодорога” має потужність від 0.6 до 2.2 м при середньому значенні 1.1 м; електричний опір досить високий – від 60 до 1000 Ом·м при середньому 293 Ом·м. На ділянці “Провал” на окремих пікетах спостерігається пониження електричного опору до 9 Ом·м. Це пояснюється тим, що пікети знаходяться безпосередньо над карстовим провалом, який зверху засипаний крихкими породами; на пікетах, які знаходяться за провалом, електричний опір становить 275 Ом·м. Верхній електричний горизонт на ділянці “Залізниця” простежується по двох профілях з однаковою потужністю – від 0.6 до 1.5 м при середньому опорі 215 Ом·м.

Виходячи з даної характеристики, приходимо до висновку, що це є один і той самий горизонт на всіх точках спостереження. Він пов'язаний з поверхневими четвертинними утвореннями, а подошвою його, найбільш ймовірно, є капілярний рівень підземних вод (вище н'езометричного рівня на приблизно 0.5-1.5 м). Тобто, літологічно це є пласт змішаних піщано-глинисто-галькових порід. Зсув опору в бік зменшення свідчить про більшу кількість глинистого матеріалу, а в бік збільшення – про більшу кількість піщано-галькових утворень.

II електричний горизонт. На ділянці “Автодорога” потужність горизонту коливається в межах від 5.5 до 12 м при середньому опорі 58 Ом·м, а на ділянці «Залізниця» потужність горизонту змінюється від 5.7 до 11.2 м при середньому опорі 42 Ом·м. На ділянці “Провал” середній опір над воронкою становить 4 Ом·м, а за межами воронки – 79 Ом·м. Середня потужність горизонту на цих профілях дорівнює відповідно 8.1 м і 7.8 м, тобто маємо приблизно однакову потужність на всіх ділянках.

За геологією, це верхньочетвертинний горизонт, точніше, його частина, яка залягає нижче рівня підземних вод. Літологічно це здебільшого піщано-галькові породи.

III електричний горизонт досить неоднорідний за своїми електричними характеристиками і простежується не на всіх точках спостереження. На ділянці “Автодорога” опір його коливається від 11 до 60 Ом·м при середньому значенні по профілю 26 Ом·м. Підвищення опору в окремих місцях носить статистичний (площинний) характер. Потужність горизонту змінюється від 18 до 26 м при середній 21 м. На ділянці “Провал” середній опір становить 53 Ом·м, за винятком пікетів, які розміщені безпосередньо над засипаним виробленими породами провалом. На ділянці “Залізниця” середній опір становить 46 Ом·м.

IV електричний горизонт – останній горизонт, відмічений електророзвідкою, тому потужність його не визначена. На ділянці “Автодорога” IV горизонт простежується однозначно:

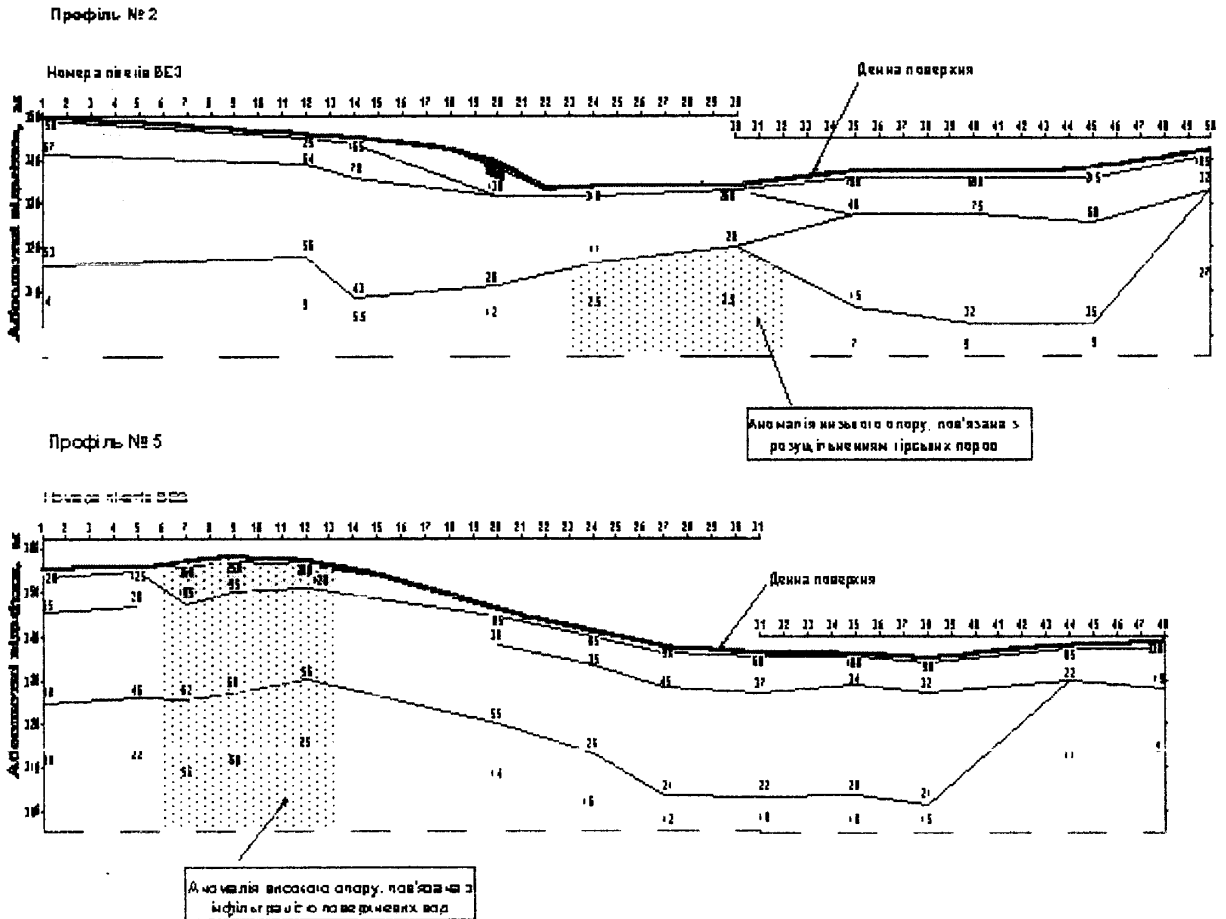


Рисунок 1 – Фрагмент геоелектричного розрізу (ділянка “Автодорога”)

межі коливання опору від 2.5 до 22 Ом·м при середньому значенні 16 Ом·м. На ділянці “Залізниця” межі коливання опору становлять від 4 до 60 Ом·м з середнім опором 24 Ом·м. Літологічно цей горизонт відноситься до соленосних брекчій та глин.

Є дві причини утворення приповерхневих аномалій високого опору: перша – це літологічні зміни порід; друга – інфільтрація поверхневих вод. Аномалії високих значень електричного опору, що розвиваються від поверхні на глибину від 17 до 22 м, спостерігаються на пікетах 7, 9, 12 профілю 5 ділянки “Автодорога”; на пікеті 26 профілю 2 та на пікетах 1, 5, 8 профілю 5 ділянки “Залізниця”. Ці аномалії розвиваються зверху вниз. Аномалії низьких значень електричного опору, які спостерігаються в четвертому горизонті на пікетах 24, 30 профілю 2 ділянки “Автодорога”, на пікеті 45.5 профілю 2 та на пікетах 19, 22 профілю 5 ділянки “Залізниця”, можуть бути пов'язані, на наш погляд, з розушільненням гірських порід, що розвивається внаслідок просідання нижчележачих товщ, а також розвитком карсту в соленосній брекчії. Ці аномалії розвиваються як зверху вниз, так і знизу вверх. Та сама причина на ділянці “Провал”. Узагальнена характеристика аномалій електричного опору представлена в таблиці 1.

Статистичні критерії виділення карсту

Величини фізичних властивостей, що визначаються за даними геофізичних методів, являють собою неперервні випадкові величини, що можуть приймати будь-яке задалегідь невідоме значення з певного інтервалу. Отже, отримані результати вимірів можуть бути статистично оброблені для визначення імовірнісних законів розподілу величин фізичних властивостей.

Функція розподілу однозначно визначає дану сукупність, вказує імовірність спостереження величини фізичної властивості в межах будь-якого заданого інтервалу значень, характеризує нерівномірність зміни властивостей порід. Вид функції розподілу може вказати на той чи інший комплекс умов в процесі формування порід, визначити первинний чи вторинний характер явища, виявити фактори, що найбільше впливають на фізичні властивості порід. Крім того, підпорядкування виборок однакового закону розподілу є основою для їх подальшого статистичного аналізу, наприклад, кореляційно-регресійного.

Статистична обробка даних геофізичних методів на Стебницькому родовищі мала на меті підтвердити чи заперечити твердження про наявність вторинних процесів в товщах, що є підозрілими на закарстованість. Зокрема, була проведена описова статистика та досліджена

Таблиця 1 – Узагальнена характеристика аномалій електричного опору.

№ аномалії	Планова прив'язка по профілю / пікет	Геологічна прив'язка	Розміри аномалій, м	Аномальний опір, Ом / фоновий опір, Ом	Пояснення аномалій
Ділянка «Автодорога»					
1.	2 / 24,30	Q ₁	160	2.5 / 8	розущільнення гірських порід
2.	5 / 7,9,12	Q ₂	180	107 / 34	інфільтрація поверхневих вод
Ділянка «Залізниця»					
3.	2 / 26,29	Q ₂	80	71 / 39	інфільтрація поверхневих вод
4.	2 / 45.5	Q ₁	60	5 / 28	розущільнення гірських порід
5.	5 / 1,5,8	Q ₂	180	53 / 17	інфільтрація поверхневих вод
6.	5 / 19,22	Q ₁	120	7 / 17	розущільнення гірських порід
Ділянка «Провал»					
7.	7 / 5,8.5	Q ₂	50	9 / 275	розрихлені породи

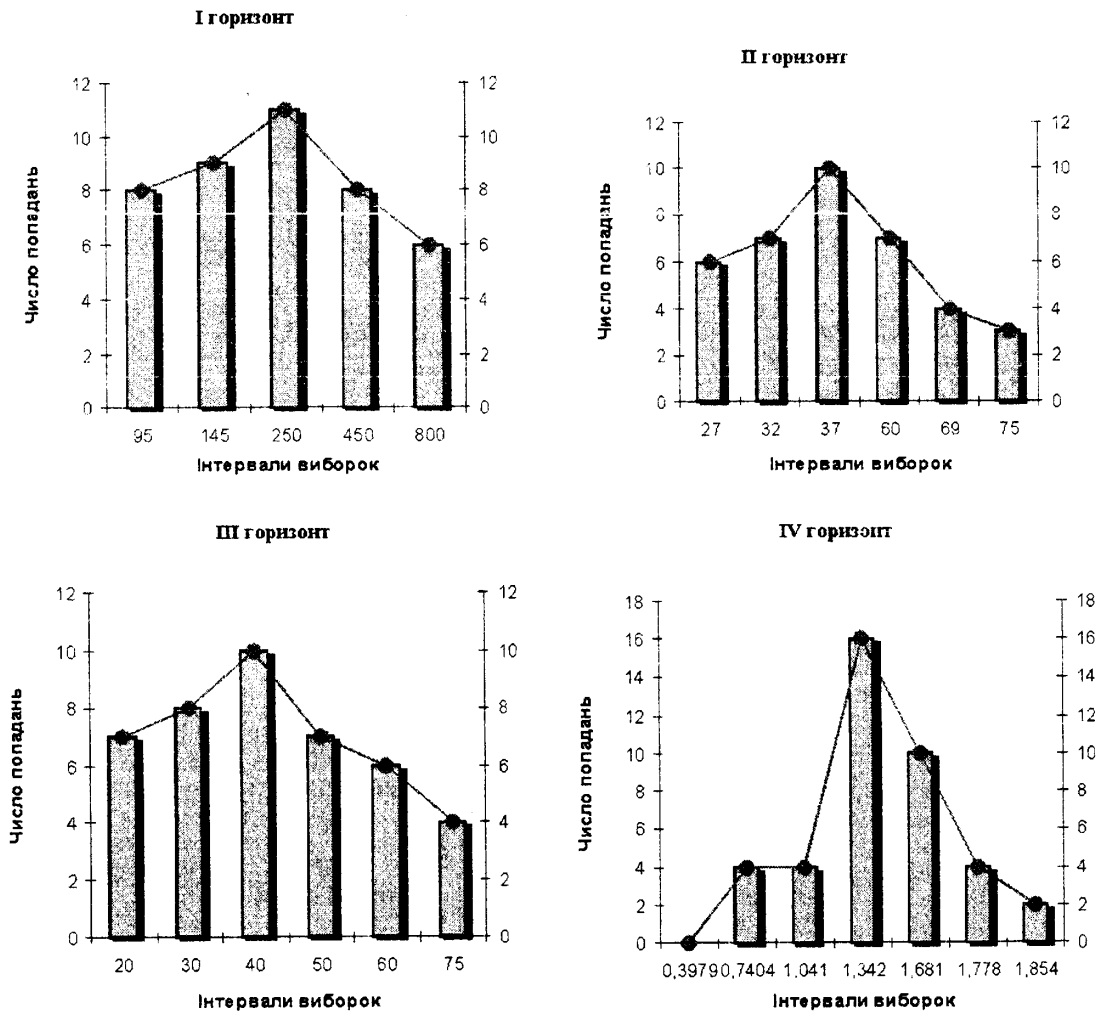


Рисунок 2 – Гістограми розподілу питомого опору по геоелектричних горизонтах

функція розподілу питомого опору за даними електророзвідувальних робіт методом ВЕЗ. Причому створювалися загальні вибірки окремо для кожного з чотирьох горизонтів. За цими вибірками побудовані гістограми, що зображені на рисунку 2.

В дослідження функції розподілу питомого опору входила оцінка закону розподілу за критерієм Пірсона. Методика оцінки описана в багатьох підручниках, наприклад [1]. В результаті

отримано таке: вибірки, що складені окремо з першого, другого та третього горизонтів, найкраще апроксимуються нормальним законом розподілу, четвертого – логнормальним.

Наявність логнормального закону свідчить про нерівномірний вплив зовнішніх факторів, що формують величини петрофізичних властивостей. Відповідність емпіричного розподілу тільки логнормальному закону дає змогу розглядати ці величини не як результат суми (як

при нормальному розподілі), а як добуток факторів, що впливають, оскільки нормальним апроксимується розподіл L_n [2]. Отже, стосовно нашого випадку це означає, що перший, другий і третій горизонти сформувались під впливом одного чинника (наприклад, седиментаційні процеси) або одного і декількох несуттєвих за впливом; а четвертий горизонт зазнав сильного впливу зовнішнього фактора, що проявився у вигляді розвитку карстових процесів та розущільнення гірських порід внаслідок карстування та просідання гірських порід.

Таким чином, за допомогою методу ВЕЗ отримано непрямі додаткові докази наявності процесу розвитку карсту, які в подальшому підтвердились комплексною інтерпретацією даних різних методів (гравірозда, електророзвідка методами ВЕЗ та природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ), газогеохімічна розвідка) [3]. Це, в свою чергу, дало можливість спрогнозувати розвиток карстоутворення та розробити комплекс заходів щодо запобігання провалів та просідань земної поверхні [4].

УДК 622.691.4.004.67

АНАЛІЗ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ФОРМУВАННЯ АВАРІЙНИХ ЗАПАСІВ ТРУБ ДЛЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

М.П.Лінчевський

ЗАТ "Газтранзит", 01001, Київ, вул. Кловський узвіз, 9/2, тел. (044) 2209177, 4612013,
e-mail: ponomarenko.utg@ugr.viaduk.net

В.Б.Михалків, Д.Ф.Тимків

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166,
e-mail: tzng@ifdtung.if.ua

На основі аналізу системного підходу створена система ієрархічного управління аварійними запасами для лінійної частини магістрального газопровода як сукупність підсистем, взаємозависимих матеріальними, енергетичними та інформаційними потоками. Сформовано комплекс входних і управляючих параметрів. Предложено комплексний підхід, який дозволяє здійснити пошук оптимальних варіантів організації системи формування аварійних запасів для лінійної частини магістрального газопровода як при удосконаленні існуючих і коректуванні діючих, так і при проектуванні нових створюваних систем.

Вирішення питань формування аварійних запасів запасних частин потребує вибору універсального інструменту дослідження. Оскільки найбільший інтерес і практичну цінність має комплексне розв'язання кола окремих питань, на роль такого інструменту найкраще підходить багаторівнева ієрархічна система керування.

Система керування аварійними запасами для лінійної частини магістрального газопроводу

Література

1. А.А.Никитин. Теоретические основы обработки геофизической информации. – М.: Недра, 1986. – 342 с.

2. Митрина Н.А., Элланский М.М. Повышение эффективности изучения красноцветных отложений Прибалханского района Туркмении по данным геофизических исследований скважин и материалов керна с помощью математических методов и ЭВМ. – Ашхабад: ТуркменНИИТИ, 1983. – 64 с.

3. Г.С.Вахромеев. Основы методологии комплексирования геофизических исследований при поисках рудных месторождений. – М.: Недра, 1978. – 152 с.

4. Еколого-геофізичні дослідження в Західному регіоні України з метою простеження розвитку природного і техногенного карсту та супутних процесів (проміжний) / Звіт про науково-дослідну роботу. – Івано-Франківськ, 1999. – 116 с.

On the basis of the analysis of the system approach the system of hierarchical management of emergency stocks for a linear part of a main gas pipeline is created, as set of subsystems, which are connected by material, power and information flows. The complex of entrance and managing parameters is generated. The complex approach is offered, which allows to carry out the search of optimum variants to organize the system of formation of emergency stocks for a linear part of a main gas pipeline, both at improvement and correcting of operating systems, and at designing of newly created systems.

(ЛЧ МГ) є складним технологічним комплексом із множиною внутрішніх зв'язків, що створюють оптимальне функціонування комплексу, та зовнішніх, що забезпечують взаємодію комплексу з іншими підрозділами. Для керування таким комплексом необхідне створення автоматизованої системи керування з застосуванням багаторівневої ієрархічної системи керування. У цій системі весь технологічний процес