

CONTRIBUȚII LA REABILITAREA ZĂCĂMINTELOR DE GAZE NATURALE MATURE

Cuvinte cheie: reabilitare, zăcământ de gaze matur, capacitate energetică, declin, factor de recuperare, presiune de zăcământ, istoric de exploatare, parametri dinamici, impurități lichide, evacuarea lichidelor din sonde, tehnologii de extracție, fisurare hidraulică, analiză de senzitivitate, prevederi de producție, comprimare.

Rezumat

În trecut, în industria gazelor naturale, interesul și investițiile majore erau concentrate preponderent pe viața timpurie a zăcământului, respectiv perioada de dezvoltare și perioada de menținere constantă a producției. Dar timpurile se schimbă și în prezent, zăcămintele de gaze naturale mature, definite ca zăcăminte într-o stare avansată a declinului energetic și de producție, trebuie considerate potențiale surse de energie suplimentară.

În principiu, pot fi considerate nenumărate opțiuni posibile pentru maximizarea exploatării zăcămintelor de gaze naturale mature, deși, atât fezabilitatea tehnică cât și costul fiecărei alternative trebuie evaluate atent, înainte de luarea unei decizii. Expertiza în diferite discipline, dar și cunoștințele deținute de companiile de producție și servicii trebuie bine integrate, pentru a proiecta intervenții de succes, în contextul riscului mare asociat fiecărei intervenții în zăcăminte unde resursele sunt deja depletate.

Reabilitarea zăcămintelor mature trebuie să înceapă cu identificarea principalelor probleme de producție, care odată recunoscute pot fi abordate prin acțiuni de remediere. Asemenea măsuri de corectare sunt de obicei utilizate cu scopul măririi productivității sondelor și eliminării restricțiilor de pe traseul zăcământ – sondă – facilități de suprafață. În principal, un număr de posibile intervenții, cum ar fi tratamentele de stimulare, managementul apei și al nisipului, scăderea presiunii la capul de erupție, reconfigurarea sistemului de suprafață, pot fi luate în considerare pentru reabilitarea zăcămintelor mature.

Bazându-se pe considerentele relatate anterior, teza abordează tema reabilitării zăcămintelor de gaze naturale mature localizate în Bazinul Transilvaniei, unitate stratigrafică de interes major în ceea ce privește acumulările de hidrocarburi. Lucrarea, structurată pe 6 capitole, reprezintă de fapt o intruziune din punct de vedere teoretic și practic în secvențele: zăcământ, sondă, facilități de

suprafață, având ca finalitate, propunerea unor soluții concrete de reabilitare, din perspectiva unei experiențe a autorului de peste 20 ani în domeniul exploatării zăcămintelor de gaze naturale.

Tema selectată pentru cercetare își are esența în constatările prezentate în capitolul 1, referitoare la stadiul actual de exploatare a principalelor zăcăminte de gaze naturale din Bazinul Transilvaniei. Plecând de la premisa că orice zăcământ de gaze naturale este un acumulator de energie, care supus exploatării se depletează, în acest capitol sunt prezentate câteva aprecieri despre energia zăcămintelor de gaze naturale, etapele productive ale acestora, precum și o analiză pertinentă asupra istoricului și fazei actuale a exploatării. În acest sens, sunt supuse analizei, pe vârste geologice, principalele zăcăminte de gaze naturale, din punct de vedere a nivelului energetic actual, cu referire la factorii actuali și finali de recuperare, precum și la presiunile inițiale și actuale de zăcământ.

Capitolul 2 relatează despre reabilitarea zăcămintelor de gaze naturale la nivel conceptual, cu referire la criteriile de selecție a zăcămintelor candidate, dar și cu prezentarea unor strategii și scheme de reabilitare, inițial la modul general, iar ulterior decelate și personalizate pe cele trei secvențe: zăcământ, sondă, facilități de suprafață.

Reabilitarea în zona efectivă a zăcământului este abordată în capitolul 3, din perspectiva stimulării acestuia prin fisurare hidrolică. Prima parte conține considerații substanțiale despre teoria fisurării hidrolice, pentru ca în continuare să fie prezentată o evaluare a eficienței operațiilor de fisurare hidrolică efectuate în zăcăminte din Bazinul Transilvaniei, cu accent pe identificarea aspectelor negative și a propunerilor de remediere a acestora. Finalul capitolului conține o prezentare succintă a câtorva zăcăminte, identificate ca atractive din punct de vedere a unor potențiale operații de stimulare prin fisurare hidrolică.

Capitolul 4 se referă la reabilitarea sondelor, în condițiile formării și acumulării impurităților lichide. După ce sunt relatate câteva considerații teoretice generale, dar și despre tehnologiile utilizate pentru evacuarea lichidelor din sonde, sunt prezentate aspecte referitoare la evaluarea comportării în exploatare a sistemului strat productiv-sondă, prin intermediul unor studii de caz. În acest sens, pentru început a fost construită o diagramă de variație a densității specifice amestecurilor de gaze din zăcămintele localizate în Bazinul Transilvaniei, cu temperatura, la diverse valori de presiune, bazată pe determinări directe în laborator. În continuare a fost elaborat un program de calcul tabelar Microsoft Excel pentru calculul vitezei critice și debitului critic, cu exemplificare pentru 11 sonde. De asemenea au fost efectuate analize de senzitivitate pentru diverse diametre de tubing, precum și un program informatic de modelare dinamică a funcționării pistonului liber.

Reabilitarea facilităților de suprafață este relevantă în capitolul 5, cu referire la acea strategie care are implicații directe asupra creșterii factorului de recuperare, și anume, comprimarea locală a

gazelor. După prezentarea câtorva aspecte teoretice despre comprimarea gazelor naturale este descris un studiu de caz, bazat pe testarea reacției zăcământului respectiv la scăderea presiunii de colectare până la o anumită valoare, prin montarea efectivă a unui compresor. Rezultatele testului au constituit punctul de plecare pentru efectuarea unor analize de sensibilitate prin care a fost simulată comportarea în exploatare a fiecărei sonde în condițiile scăderii treptate a presiunii de colectare. În continuare a fost simulată dinamica producției în cele două scenarii, în absența și prezența comprimării.

În ultimul capitol sunt sintetizate concluziile și contribuțiile personale prezentate pe parcursul întregii lucrări.

CONTRIBUTIONS ON MATURE GAS FIELDS REHABILITATION

Key words: rehabilitation, matur gas reservoir, energetical capacity, decline, recovery factor, reservoir pressure, production history, dynamic parameters, liquid impurities, wells liquid removal, extraction technologies, hydraulic fracturing, sensitivity analysis, production forecast, compression.

Abstract

In the past the gas industry focused its interest and major investments mainly on the early life of the reservoir and on the development and constant maintenance of production. But times change and currently mature gas reservoirs defined as reservoirs in an advanced stage of decline of reservoir energy and production should be considered as potential additional energy sources.

In principle there could be countless options to maximize production of mature gas reservoirs, although both technical feasibility and cost of each alternative should be analyzed carefully before making a decision. Expertise in various domains and knowledge accumulated by production and service companies should be well integrated in order to design a successful operations considering the high risk associated to every intervention in the reservoirs where reserves are already depleted.

Mature fields rehabilitation should start by identifying the main production issues, which once acknowledged could be corrected (remedied). Such correction measures are usually applied in order to increase well productivity and to eliminate restrictions in the surface facilities. There is a number of possible interventions that could be considered for rehabilitation of mature reservoirs

such as stimulation treatments, water management and sand control, pressure reduction at the christmas tree, reconfiguration of the surface facilities.

Based on the above mentioned considerations this dissertation approaches rehabilitation of natural gas mature fields in the Transylvanian Basin, a stratigraphic unit of major interest for hydrocarbon accumulations. The dissertation structured in 6 chapters, is in fact a theoretical and practical intrusion in the sequences: reservoir, well, surface facilities, with the final purpose of finding and proposing practical rehabilitation solutions, based on the 20 years of experience of the author in the domain of natural gas reservoirs exploitation.

The subject of the research takes its substance from the findings presented in chapter 1, referring to the current phase of exploitation of the main gas reservoirs in the Transylvanian Basin. Starting from the assumption that any gas reservoir is an energy accumulator which is subject to depletion during exploitation, this chapter presents a few considerations on the natural gas reservoir energy, production phases, as well as a competent analysis of the current exploitation phase and history. The main gas reservoirs, classified by geological age, are analyzed from the point of view of the current energy level, as well as of the current and final recovery factors and of the initial and current reservoir pressure.

Chapter 2 presents the concept of natural gas reservoir rehabilitation, referring to selection criteria of candidate reservoirs as well as strategies and rehabilitation schemes, first at general level and then defined and personalized on the three sequences: reservoir, well, surface facilities.

Rehabilitation of the reservoir itself is presented in chapter 3, and refers to stimulation by hydraulic fracturing. The first part includes substantial considerations on the theory of hydraulic fracturing and continues with an assessment of efficiency of hydraulic fracturing performed in the reservoirs in the Transylvanian Basin, focusing on identification of negative aspects and on proposed solutions for remediation. The end of chapter is a brief presentation of a few reservoirs identified as attractive for stimulation by hydraulic fracturing.

Chapter 4 refers to well rehabilitation when liquid impurities form and accumulate downhole. After a few general theoretical considerations and considerations on water removal technologies, follows the evaluation of production layer – well system behavior during exploitation in a number of case studies. At first a diagram of variation of gas mixtures density versus temperature for reservoirs located in the Transylvanian Basin was plotted, for various pressures, based on laboratory direct determination. Then a Microsoft Excel spreadsheet program was designed for calculation of critical velocity and critical flowrate, with illustration for 11 wells. At the same time sensitivity analyses were performed for various tubing lengths and dynamic modeling software was designed for free plunger lift operations.

Surface facilities upgrade is presented in Chapter 5, and it refers to a particular strategy with direct impact on recovery factor increase, namely well head gas compression. After a few theoretical considerations on natural gas compression a case study which tests the reaction of the reservoir to reduction of collecting pressure by installing a well head compressor is described. The results of the test represented a starting point for sensitivity analyses where well behavior under gradual collecting pressure reduction was simulated in every well. The chapter continues with production dynamics simulated based on two scenarios, with and without compression.

The last chapter summarizes the conclusions and personal contributions to the dissertation.

CONTRIBUTIONS À LA RÉHABILITATION DES GISEMENTS DES GAZ NATURELS MATURES

Mots clé: réhabilitation, gisement des gaz naturels matures, capacité énergétique, déclin, facteur de récupération, pression de gisement, historique de production, paramètres dynamiques, impuretés liquides, l'évacuation des liquides de puits, technologies d'extraction, fissuration hydraulique, analyse de sensibilité, prévision de production, compression.

Résumé

Autrefois, dans l'industrie des gaz naturels, l'intérêt et les investissements majeures étaient concentré prépondérant sur la vie prémature du gisement, respectivement la période de développement et la période de maintien constant de la production. Mais, les temps changent et à présent, les gisements de gaz naturels matures, définis comme gisements dans un état avancée du déclin énergétique et de production, doivent être considérés comme sources d'énergie supplémentaires.

En principe, on peut prendre en considération les innombrables options possibles pour la maximisation de l'exploitation des gisements de gaz naturels matures, quoique, aussi la faisabilité technique que le coût de chaque alternative doit être évalués attentivement, avant la prise d'une décision. L'expertise dans les différentes disciplines, mais aussi les connaissances détenues par les compagnies de production et services doivent être bien intégrés, pour projeter des interventions de succès, dans le contexte du grand risque associé à chaque intervention dans le gisement, où les ressources sont déjà épuisées.

La réhabilitation des gisements matures doit commencer avec l'identification des principaux problèmes de production, qui, une fois identifiés, ils peuvent être abordés par des mesures correctives. Telles mesures correctives sont d'habitude utilisées pour l'augmentation de la productivité des puits et l'élimination des restrictions sur le tracé gisement – puits – facilités de surface. Principalement, on peut prendre en considération pour la réhabilitation des gisements matures un nombre de possibles interventions, comme par exemple : les traitements de stimulation, le management de l'eau et du sable, la diminution de la tête d'éruption, reconfiguration du système de surface.

Sur la base des considérants ci-dessus, l'œuvre traite le thème de la réhabilitation des gisements de gaz naturels matures situés dans le bassin de Transylvanie, unité stratigraphiques d'intérêt majeur en ce qui concerne les accumulations d'hydrocarbures. L'œuvre, partagé en 6 chapitre, représente une analyse du point de vue théorique et pratique dans les domaines : gisement, puits, facilités de surface, ayant comme finalité, la proposition des solutions concrètes de réhabilitation, suite à une expérience de l'auteur de plus de 20 années dans le domaine de l'exploitation des gisements de gaz naturels.

Le thème choisi en vue de recherche a comme point de départ les constatations présentées au chapitre 1, relativement à l'étape actuelle d'exploitation de principaux gisements de gaz naturels du bassin de Transylvanie. En partant de la prémisse que, quoique ce soit le gisement de gaz naturels, il est un accumulateur d'énergie, qui soumise à l'exploitation s'épuise ; dans ce chapitre sont présentés quelques appréciations concernant l'énergie des gisements de gaz naturels, les étapes productives de ceux-ci, et une analyse pertinente sur l'historique et la phase actuelle de l'exploitation. Dans ce sens, on soumise à l'analyse, en fonction d'âges géologiques, les principaux gisements de gaz naturels, en fonction de niveau énergétique actuel, avec référence aux facteurs actuels et finaux de récupération, la pression initiale et actuelle de gisement.

Le chapitre 2 présente la réhabilitation des gisements de gaz naturels au niveau conceptuel, les critères de sélection des gisements candidats et la présentation des stratégies et schémas de réhabilitation, initialement d'une manière générale, et puis décelés et personnalisés en trois séquences: gisements, puits, facilités de surface.

La réhabilitation dans la zone effective du gisement est abordée dans le chapitre 3, de la perspective de la stimulation de ceci par fissuration hydraulique. La première partie contient des considérations importantes concernant la théorie de la fissuration hydraulique, en continuant avec la présentation de l'évolution de l'efficacité des opérations de fissuration hydraulique réalisées dans les gisements du bassin de Transylvanie, en mettant accent sur l'identification des aspects négatifs et propositions de porter remède à ceux-ci. Le final du chapitre contient une courte présentation de

quelques gisements, identifiés comme attrayants du point de vue des opérations potentiels de stimulation par fissuration hydraulique.

Le chapitre 4 se rapporte au réhabilitation des puits, dans les conditions de formation et d'accumulation des impuretés liquides. Après la présentation de quelques considérations théoriques générales et les technologies utilisées pour l'évacuation des liquides de puits, on présente les aspects concernant l'évaluation du comportement en exploitation du système couche productive-puits, par l'intermédiaire des études de cas. Dans ce sens, au commencement on a réalisé un diagramme de variation de la densité spécifique des mélanges de gaz de gisements situés dans le bassin de Transylvanie, en indiquant la température, aux diverses valeurs de pression, basée sur les déterminations directes en laboratoire. En continuation on a élaboré un programme de calcul tabellaire Microsoft Excel, pour calculer la vitesse critique et le débit critique, en exemplifiant pour 11 puits. On a effectué aussi des analyses de sensibilité pour divers diamètres de tubing, et pour un programme informatique de modélisation dynamique du fonctionnement du piston libre.

La réhabilitation des facilités de surface est présentée dans le chapitre 5, se référant à la stratégie qui a des implications directes sur l'augmentation du facteur de récupération, notamment la compression locale des gaz. Après la présentation de quelques aspects théoriques concernant les gaz naturels, on a décrit une étude de cas, basé sur l'essai de la réaction du respectif gisement à la baisse de pression de collection jusqu'à une certaine valeur, suite à une mise en oeuvre d'un compresseur. Les résultats du test ont constitué le point de départ pour la réalisation d'une analyse de sensibilité par laquelle on a stimulé le comportement en exploitation du chaque puits dans les conditions de la diminution de la pression de collection. En continuation, on a simulé la dynamique de la production en deux scénarios, en absence et en présence de la compression.

Dans le dernier chapitre, on a synthétisé les conclusions et les contributions personnelles présentées dans tout l'œuvre.