

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②

N° 80 24667

⑤④ Procédé de forage d'une couche productive notamment de pétrole, permettant en particulier de conserver les caractéristiques de la couche.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. ³). E 21 B 21/00; C 09 K 7/00; E 21 B 21/06, 37/06; G 01 N 27/52.

②② Date de dépôt..... 20 novembre 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 20 du 21-5-1982.

⑦① Déposant : SREDNEAZIATSKY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT PRIRODNOGO GAZA, résidant en URSS.

⑦② Invention de : Ulmas Dzhuraevich Mamadzhanov, Vitold Mikhailovich Bakhir, Stanislav Afanasievich Alekhin et Raisa Ivanovna Born.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention concerne les techniques de finition des puits et a notamment pour objet un procédé de forage d'une couche productive notamment de pétrole.

Le procédé revendiqué trouvera une large application pratique dans l'industrie du pétrole et dans la prospection géologique. La finition des puits englobe un large ensemble d'opérations technologiques comprenant le forage des couches productives, l'essai des couches dans le trou de sonde ouverte, le tubage des puits en y formant une colonne, et la cimentation de cette dernière, ainsi que le forage des couches par voie de perforation avec installation ultérieure, dans ces puits d'équipements souterrain et de surface, la mise en valeur des puits et leur mise en exploitation. Le rendement des puits et la durée de leur exploitation dépendent de la qualité de la réalisation de ces opérations technologiques.

A la finition d'un puit, l'objectif principal à atteindre est de conserver la caractéristique naturelle de filtration de la couche-réservoir. L'altération des propriétés de réservoir (collectrices) de la couche est dues à la pénétration du produit filtré et de la phase solide de la boue de lavage dans la zone voisine du fond du puits, ce qui conduit à une transformation irréversible dans la couche. Par ailleurs, il se produit un blocage de l'espace des pores par l'émulsion aqueuse de pétrole, un colmatage des pores par la phase solide de la boue de lavage, un colmatage de l'espace des pores par l'argile gonflée et par les produits d'interaction du filtrat de boue de lavage avec les fluides et la roche de couche, et une diminution des dimensions des pores due à la déformation de la roche au cours du forage.

A l'heure actuelle, la finition des puits comprend les travaux essentiels suivants :

- création de conditions favorables à la réalisation efficace des opérations lors du forage de la couche en vue de conserver ses propriétés collectrices ;
- intensification de l'afflux du fluide dans le puits

par des procédés chimiques, thermochimiques, hydrauliques, etc.

Les études effectuées ont montré qu'il y a à peu près 1180 orifices de sortie des canaux des pores par centimètre carré de carotte de grès ordinaire (Maly George P. Minimizing formation. Damage -I. Proper fluid selection helps avoid damage. Oil and gas J, 1976, 22/III, n° 74, n° 12, p.68-70 et 75-76). Ces orifices ont une configuration et des dimensions différentes et sont encrassés facilement par des substances organiques et inorganiques de même que par les polymères. Même si la plupart des orifices de ces canaux dans la zone de la couche voisine du fond du puits sont encrassés, le puits a encore une importance industrielle, mais son rendement devient très bas et son débit diminue rapidement.

Si la zone de la couche voisine du fond du puits est encrassée jusqu'à une profondeur considérable, il est impossible de rétablir la perméabilité initiale de la roche colmatée. Cependant, en cas d'encrassement d'une partie de la zone de la couche voisine du fond de puits (du filtre naturel), il est possible de rétablir la perméabilité de la roche en ayant recours à un traitement correspondant de la zone voisine du fond de puits.

On distingue quatre genres d'encrassement de la couche :

1. Le colmatage des canaux des pores dans la roche par les particules solides ayant pénétré dans la couche à partir du fluide de lavage au cours du forage, de la perforation et des travaux de réparation dans le puits.
2. L'encrassement de la couche, dû à la réaction des argiles se trouvant dans la couche avec de l'eau douce pénétrant dans la couche, ce qui conduit au gonflement des argiles ou à leur dispersion.
3. L'encrassement de la couche, dû à la saturation élevée de la roche en eau à proximité du trou de forage, ce qui est la conséquence de la filtration du liquide dans la couche au cours du forage.

4. La formation, dans la couche, de cavernes et l'entraînement de la roche meuble à partir du puits.

Il a été établi que l'une des causes de l'encrassement du collecteur est la formation dans ce dernier d'une zone de saturation élevée en eau, la pénétration dans l'espace des pores de la couche des particules d'argile provenant du fluide de lavage, le colmatage des canaux des pores par ces particules, l'hydratation des argiles qui provoque le gonflement ou la dispersion des particules dans les canaux des pores, l'injection d'eau polluée dans le puits et l'entraînement du sable au cours de la destruction des roches faiblement cimentées. ("Etude du caractère de l'encrassement de la couche à l'aide de carottes et d'analyses de carottes", Expressin formatsiia, série "Industries du pétrole et du gaz", n° 41, M., VINITI, 1977).

Pour prévenir la formation, dans la partie de la couche voisine du fond de puits, d'une zone de saturation élevée en eau, ou pour réduire ses dimensions, on utilise au cours du forage de la couche des fluides de lavage invertis, des solutions à base de pétrole, du gaz comprimé, de l'eau. Cependant, le remplacement du fluide de lavage par exemple par l'eau au cours de la complétion d'un puits ne sert à rien, étant donné que la couche est déjà colmatée et aucun des effets hydrodynamiques ou thermochimiques ne rétablissent sa productivité initiale, car les collecteurs productifs sont formés essentiellement par des matériaux hydrophiles qui, lors de l'interaction avec les particules argileuses activées par les agents actifs chimiques d'adsorption, sont solidement assimilés dans les pores.

On connaît aussi des procédés de forage de couches productives, comprenant le forage de son toit avec utilisation d'un fluide de lavage et son remplacement ultérieur par un fluide de lavage ayant des propriétés physico-chimiques modifiées (Guetlin K. "Forage et finition des puits", M., Gostoptekhizdat, 1963, pp.362-363).

Dans ces procédés, en fonction des roches à forer, on

change les propriétés du fluide de lavage, on diminue le rendement en eau, on remplace la boue argileuse par l'eau, le pétrole ou par une autre solution compatible avec les roches considérées. Cependant, aucun de ces procédés ne peut prévenir le déroulement des réactions d'oxydo-réduction entre le fluide de lavage et la roche de la couche, ce qui conduit à son tour au colmatage de la couche. En outre, le remplacement du fluide essentiel de lavage, qui est utilisé lors du forage des couches ordinaires par un fluide de lavage spécial dont les caractéristiques physico-chimiques sont modifiées, exige des dépenses supplémentaires pour la préparation de ce fluide, ainsi que pour la réalisation des opérations technologiques visant à remplacer le fluide de lavage.

Le but de la présente invention est donc d'élaborer un procédé de forage de la couche productive par voie de remplacement du fluide de lavage par un fluide ayant des propriétés physico-chimiques modifiées, qui permettrait, grâce à la modification des propriétés du fluide de lavage, de réduire considérablement le colmatage de la couche productive, de conserver sa perméabilité naturelle et, par conséquent, d'élever la productivité de la couche en réduisant en même temps les dépenses matérielles et de main d'oeuvre.

Ce problème est résolu grâce à un procédé de forage d'une couche productive, comprenant le forage de son toit avec utilisation d'un fluide de lavage initial et son remplacement ultérieur par un fluide de lavage dont les propriétés physico-chimiques sont modifiées, dans lequel, selon l'invention, au moment du forage du toit de la couche on détermine la valeur du potentiel redox de cette couche de roche, et en tant que fluide de lavage dont les propriétés physico-chimiques sont modifiées, on utilise un fluide dont la valeur et le signe du potentiel redox sont égaux à la valeur et au signe du potentiel redox de la roche de la couche productive.

Le forage de la couche avec utilisation d'un fluide

ayant des propriétés physico-chimiques proches de celles des roches formant la couche productive, c'est-à-dire des propriétés qui excluent l'agression réciproque des roches et du fluide de lavage, en particulier l'égalité des potentiels redox, exclut la marche des processus d'échange d'ions entre les minéraux constituant la roche et le fluide de lavage, de sorte que la pénétration du filtrat du fluide de lavage dans la couche diminue fortement, le pouvoir colmatant du fluide de lavage baisse et la perméabilité naturelle de la couche productive est conservée.

Il est rationnel de déterminer la valeur et le signe du potentiel redox de la roche de la couche productive au moment de son forage d'après leur écart par rapport à la valeur et au signe du potentiel redox du fluide de lavage initial.

Ceci permet d'améliorer l'information sur la couche productive, d'accélérer le processus de détermination du potentiel redox de la roche de la couche productive, et de réduire les dépenses grâce à l'exclusion des opérations supplémentaires visant à l'analyse de la boue des roches forées.

Il est préférable de réaliser le changement de valeur et de signe du potentiel redox du fluide de lavage par voie de traitement dans l'une des zones d'électrodes d'un électrolyseur à diaphragme. Ceci donne la possibilité de changer, dans de larges limites, les propriétés physico-chimiques du fluide de lavage tout en conservant ses paramètres d'utilisation principaux et sa qualité avec réduction simultanée de la consommation des agents chimique grâce à l'exclusion totale de l'utilisation de ces derniers

Il est souhaitable de réaliser le changement de valeur et de signe du potentiel redox du fluide de lavage dans les limites $-1,6 + 1,8$ V en fonction de la composition minéralogique des roches de la couche productive. Ceci permet d'effectuer le processus de forage de la couche productive constituée par des roches d'une composition minéralogique différente, tout en excluant leur colmatage.

Le procédé conforme à l'invention consiste essentiellement en ce qui suit.

On sait que tous les collecteurs formant les couches productives sont caractérisés par une activité de diffusion et d'absorption. Il s'agit du fait que lors de la séparation par une paroi poreuse, d'une boue de concentration différente il se produit une diffusion des ions à partir de la boue de concentration plus élevée vers la boue de concentration plus faible.

Le phénomène de diffusion est dû aux réactions d'oxydo-réduction ayant lieu dans les systèmes hétérogènes complexes que sont tant les couches productives saturées en fluides que le fluide de lavage entrant en contact avec la couche et ses fluides au cours du forage des couches.

Au cours du forage de la couche productive, le fluide de lavage, dont la pression dépasse celle de la couche, pénètre dans les pores de la roche dans la zone voisine du fond de puits en y laissant les particules argileuses. Dans la zone de contact du fluide de lavage avec les roches à forer, il se produit des processus d'échange d'ions provoquant des réactions d'oxydo-réduction. Le moyen de mesurer l'intensité des processus d'oxydo-réduction est le potentiel d'oxydo-réduction (appelé ci-après potentiel redox). La valeur du potentiel redox dépend du rapport des concentrations des formes et de réduction des ions formant le système considéré.

Dans des conditions fixes (c'est-à-dire dans des conditions qui changent très lentement dans le temps) de l'échange d'énergie avec le milieu ambiant neutre, le potentiel redox du fluide de lavage acquiert habituellement une valeur d'équilibre correspondant au rapport entre l'activité de l'oxydant et celle de l'agent réducteur, qui est égal à 0,5. Le pH, qui est un indice très important de l'activité chimique du système, acquiert lui aussi, dans ces conditions, une valeur neutre égale à 7.

Un changement quelconque de ces deux caractéristiques par rapport à l'état d'équilibre signifie que le système

n'est pas stable du point de vue énergétique et que dans ce système peuvent avoir lieu des réactions d'oxydo-réduction lors du contact aussi bien avec le milieu ambiant (la roche des parois du puits, les fluides arrivant dans la boue au cours du forage) qu'entre les particules et les phases du système lui-même.

Grâce à la différence des valeurs du potentiel d'oxydo-réduction du fluide de lavage et de la roche, le filtrat du fluide de lavage pénètre dans la couche, bouche l'espace des pores du collecteur (de la roche) et renforce les réactions d'oxydo-réduction entre le filtrat du fluide de lavage et le système de la couche saturée en filtrat.

En vue de prévenir les phénomènes décrits ci-dessus, en particulier de neutraliser les réactions d'oxydo-réduction entre le fluide de lavage et la roche de la couche productive, on propose d'utiliser le procédé de la présente invention. Au moment du forage de la couche productive, on mesure la valeur et le signe du potentiel redox des roches formant cette couche productive.

A cet effet, on mesure le potentiel redox du fluide de lavage arrivant dans le puits et le potentiel redox du fluide de lavage sortant du puits, qui seront différents à cause des réactions chimiques ayant lieu dans la zone de contact du fluide de lavage avec la roche de la couche productive. Ensuite on détermine, par exemple d'après la différence des valeurs du potentiel redox des fluides de lavage arrivant dans le puits et sortant du puits, la valeur du potentiel redox de la roche de la couche productive. La différence des valeurs du potentiel redox des fluides de lavage arrivant et sortant du puits donne l'information sur la composition lithologique de la roche forée. D'après des nomogrammes spéciaux, on établit la concordance de la différence obtenue avec telle ou telle composition de la roche. En partant de la constitution de la roche, on établit d'après des tables le potentiel redox normal propre à la roche forée.

La mesure du potentiel redox est effectuée par des

moyens connus, par exemple par une électrode au calomel de Krukov (voir A.I. Boldirev. "Chimie physique et colloïdale". Edition "Vischaia chkola". M., 1974, p.319).

Après cela, le fluide de lavage initial circulant
5 dans le puits est remplacé par un fluide de lavage dont les propriétés physico-chimiques sont différentes de celles du fluide initial, mais possèdent des propriétés qui sont proches des propriétés physico-chimiques de la roche de la couche productive, et dans le puits est injecté
10 un fluide ayant un potentiel redox dont la valeur et le signe sont égaux à la valeur et au signe du potentiel redox de la roche de la couche productive. Les valeurs égales des potentiels redox et leurs signes (positif ou négatif) font obstacle à la naissance de réactions d'oxydo-réduction
15 entre la roche de la couche et le fluide de lavage, ce qui réduit, à son tour, l'intensité du transfert de diffusion et d'adsorption du filtrat de fluide de lavage dans la couche et du transfert des fluides de la couche dans le fluide de lavage.

20 En tant que fluide de lavage ayant un potentiel redox égal à celui de la roche, on utilise le même fluide de lavage que celui utilisé durant tout le processus de forage du puits, mais avant le forage de la couche productive on le traite préalablement dans la zone de l'une des électrodes
25 d'un électrolyseur à diaphragme jusqu'à obtention d'un potentiel redox dont la valeur et le signe sont égaux au potentiel redox de la roche de la couche productive.

Il est possible de changer le potentiel redox du fluide de lavage en y ajoutant divers agents chimiques,
30 mais cela conduit à renchérissement du processus de forage.

Le traitement du fluide de forage dans l'électrolyseur à diaphragme est réalisé jusqu'à obtention d'une valeur de potentiel redox de -1,6 à +1,8 V. Cette gamme de valeurs de potentiel redox caractérise toute la gamme des roches
35 constituant les couches productives.

L'invention sera mieux comprise et d'autres buts,

détails et avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la lumière de la description explicative qui va suivre de différents modes de réalisation. donnés uniquement à titre d'exemple non limitatifs, avec références au dessin unique
5 annexé illustrant schématiquement le forage d'une couche productive.

Au moment du forage de la couche productive A-B, c'est-à-dire du forage de son toit au point B, on mesure les potentiels redox des fluides de lavage arrivant et
10 sortant du puits 1. En fonction de la constitution de la roche formant la couche productive, le potentiel redox du fluide de lavage varie, c'est-à-dire qu'il augmente ou diminue. La mesure du potentiel redox est effectuée par le capteur 2 avec l'enregistreur 3. En tant que capteur 2
15 est utilisée une électrode au calome . On détermine la différence entre les valeurs du potentiel redox des fluides de lavage arrivant dans le puits et en sortant. D'après des nomogrammes obtenus au préalable, on détermine la constitution lithologique de la roche à laquelle correspond
20 la différence obtenue des potentiels redox. Ensuite, on trouve dans les tables le potentiel redox normal, qui correspond à la constitution considérée de la roche. Ainsi, on trouve la valeur et le signe du potentiel redox de la roche formant la couche productive. Après cela, le
25 fluide de lavage sortant du puits est amené dans l'électrolyseur à diaphragme 4 muni d'une source 5 de courant continu, où il est soumis au traitement électrique.

Lorsque le potentiel redox de la roche de la couche productive forée est positif, le fluide de lavage est traité
30 dans la zone 6 de l'électrode positive 7. Mais si le potentiel redox de la roche est négatif, le fluide de lavage est traité dans la zone 8 de l'électrode négative 9. L'action électrique est exercée sur le fluide de lavage jusqu'à ce que son potentiel redox atteigne la valeur et
35 prenne le signe potentiel redox de la roche de la couche productive.

La variation de la valeur du potentiel redox suivant la puissance de la couche productive est choisie comme proche de la valeur moyenne pour le type de roches considéré et se trouve dans les limites de $-1,6$ à $+1,8$ V. Par exemple, les variations du potentiel d'oxydo-réduction dues à la différence des propriétés et de la composition chimique des roches d'un même type et saturées en fluide d'un même type peuvent aller (d'après la puissance) de quelques unités (souvent) à une dizaine (rarement) de millivolts. Par contre, les variations du potentiel d'oxydo-réduction dues au transfert des roches d'un type aux roches d'un autre type et ayant une composition chimique différente, peuvent aller de quelques dizaines à quelques centaines de millivolts, et ceci en fonction du degré de différence. En outre, ces valeurs sont les limites des réactions électrochimiques réversibles. Un écart dans un sens ou dans l'autre, du potentiel redox d'une valeur de $0,2$ à $0,5$ V peut conduire, à l'intérieur du fluide de lavage lui-même, à des réactions qui provoquent sa dégradation. C'est pourquoi il est nécessaire d'effectuer le traitement du fluide de lavage dans l'électrolyseur dans les limites indiquées de la valeur du potentiel redox.

On pompe dans le puits 1 le fluide de lavage ainsi traité et on continue le forage de la couche productive A-B avec emploi d'un outil de forage 10. Etant donné que le fluide de lavage est chimiquement passif par rapport à la roche de la couche, en un transfert de diffusion et d'adsorption n'a lieu entre eux, la couche reste non colmatée et ses roches conservent leur perméabilité naturelle.

L'invention proposée permet d'élever le rendement de la couche de 40 à 50 % au moins, grâce à la réduction de son colmatage et à la conservation de sa perméabilité naturelle, et de réduire les dépenses matérielles grâce à la possibilité d'utiliser le même fluide de lavage avec un potentiel redox modifiée, ainsi qu'à l'exclusion de la consommation d'agents chimiques coûteux pour le traitement du fluide de lavage.

Dans ce qui va suivre, on donne un exemple concret mais non limitatif de mise en oeuvre du procédé proposé.

Exemple

Au cours du forage d'un puits, il a été foré 3735 m.

5 Avant le forage du toit de la couche productive se trouvant au point de repère de 3740 m (la profondeur de la position du toit de la couche productive a été déterminée d'après la coupe géologique établie sur la base des données de

10 valeur du potentiel redox du fluide de lavage initial arrivant dans le puits et sortant du puits. Jusqu'à la profondeur de 3500 m, le puits est renforcé par des tubes de cuvelage, et plus bas que la colonne de tubage ont été forcées des roches constituées de grès quartzeux. La valeur

15 du potentiel redox du fluide de lavage arrivant dans le puits constituait -400 mV, et la valeur du potentiel redox du fluide de lavage sortant du puits constituant -380 mV. Au moment du forage du toit de la couche productive, la

20 puits a diminué brusquement jusqu'à -300 mV. La circulation a été arrêtée pendant 15 min, après quoi elle a recommencé. A la sortie du puits, la valeur du potentiel redox du paquet de fluide de lavage qui se trouvait en contact avec

25 la couche productive forée durant 15 min, a constitué 200 mV. Conformément aux données des expériences effectuées au préalable, un tel écart de la valeur du potentiel redox crée une couche collectrice de sable saturée en pétrole très visqueux avec une grande teneur en substances rési-

30 neuses. Conformément à l'échelle des valeurs des potentiels redox normaux propres aux roches (cf. A.I. Boldirev. "Chimie physique et colloïdale", Edition "Vyschaia chkola", M., 1974) la valeur du potentiel redox de la couche sableuse saturée en pétrole consitute +200 mV.

Après cela, le fluide de lavage initial a été introduit

35 dans la zone de l'électrode positive d'un électrolyseur à diaphragme, dans lequel, par traitement inipolaire dudit

fluide, la valeur de son potentiel redox a été augmentée jusqu'à +200 mV, en modifiant ainsi ses propriétés physico-chimiques. La circulation ultérieure du fluide de lavage au fur et à mesure du forage de l'horizon productif a été

5 réalisée avec emploi d'un fluide de lavage ayant une valeur de potentiel redox égale à +200 mV. Après le forage complet de la couche productive, on a réalisé le lavage du puits par ce fluide. Vu que le lavage a été réalisé avec une certaine contre pression sur la couche, une partie

10 de ce fluide a pénétré dans la zone de la couche qui était voisine du fond du puits, mais les réactions physico-chimiques d'échange d'ions entre le fluide de lavage, la roche de la couche et les fluides n'ont pas eu lieu, étant donné qu'ils étaient chimiquement neutre l'un par rapport

15 à l'autre. Après cette opération, on a effectué la cimentation de la colonne de production. Au cours du pompage du ciment dans l'espace entre le tubage et les parois, la solution de bourrage n'a pas colmaté la zone de la couche productive voisine du fond du puits, car dans cette zone

20 se trouvait le fluide de lavage ayant des paramètres physico-chimiques modifiés et qui empêchait la solution de bourrage de pénétrer dans la couche.

La perméabilité naturelle du grès pétrolifère a été déterminée d'après l'échantillon de la carotte et a constitué

25 tué 240 md. Après pompage, dans le puits, du fluide de lavage à potentiel redox modifié conformément à l'invention, la perméabilité de la roche a constitué 230 md. Lors du forage des couches productives par les procédés connus, la perméabilité diminuait jusqu'à 160 md à cause du colmatage

30 de la zone voisine du fond de puits. Après la réalisation de la colonne de tubage dans la zone de la couche productive et l'appel d'un afflux de pétrole par création d'une dépression sur la couche, le débit du puits correspondait aux données calculées sur la base de la perméabilité

35 naturelle et constituait $450 \text{ m}^3/\text{jour}$, tandis que le débit d'un puits analogue foré par les procédés connus constituait

270 m³/jour. Ainsi, le procédé proposé assure une augmentation de 40 % du débit de puits par rapport aux procédés connus.

5 Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. En particulier, elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits, ainsi que leurs combinaisons, si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises en oeuvre dans le cadre de la protection comme revendiquée.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé de forage d'une couche productive notamment pétrolifère, du type consistant à forer son toit en utilisant pour cela un fluide de lavage initial et en le remplaçant ensuite par un fluide de lavage ayant des propriétés physico-chimiques modifiées, caractérisé en ce qu'au moment du forage du toit de la couche on détermine la valeur du potentiel redox de la roche constituant ladite couche, et qu'en tant que fluide de lavage à propriétés physico-chimiques modifiées on utilise un fluide dont la valeur et le signe du potentiel redox sont identiques à la valeur et au signe du potentiel redox de la roche de la couche productive.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la valeur et le signe du potentiel redox de la roche de la couche productive au moment de son forage sont déterminés d'après leur écart en valeur et en signe par rapport au potentiel redox du fluide de lavage initial.

3. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que pour obtenir une valeur et un signe donnés du potentiel redox du fluide de lavage, ce dernier est traité dans l'une des zones des électrodes d'un électrolyseur à diaphragme.

4. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé en ce que la valeur et le signe du potentiel redox du fluide de lavage sont modifiés dans les limites de $-1,6$ V et $+1,8$ V en fonction de la constitution lithologique de la couche productive.

