

Məhsuldar layların qazma məhlulu ilə çirkənməsinin modelləşdirilməsinə dair

E.A. Kazimov, t.e.d.,
M.A. Camalbəyov, t.e.n.,
E.T. Mirmehdiyeva, t.e.n.,
N.Ə. Süleymanova
"Neftqazəlmətdəqiqatlayihə" İnstitutu

Açar sözlər: qazma məhlulu, məhsuldar lay, keçiricilik, sıxılma əmsali, laya nüfuz radiusu.

e-mail: Elchin.Kazimov@socar.az

К моделированию загрязнения продуктивных пластов буровым раствором

Э.А. Казимов, д.т.н., М.А. Джамалбеков, к.т.н.,
Э.Т. Мирмехдиева, к.т.н., Н.Э. Сулейманова
НИПИнефтегаз

Ключевые слова: буровой раствор, продуктивный пласт, проницаемость, коэффициент сжимаемости, радиус проникновения в пласт.

Типы и свойства буровых растворов имеют большое значение при бурении скважин, наряду с этим оказывают существенное влияние на процесс загрязнения продуктивных пластов. Несмотря на то, что в классических источниках даны рекомендации, направленные на решение данной проблемы, актуальность её сохраняется по сегодняшний день. Несмотря на то, что соответствие химического состава фильтрата бурового раствора с минералогическим составом пластовых вод является преобладающим фактором, во избежание загрязнения пор коллекторов продуктивных пластов практическое значение имеет разработка путей решения проблемы с учетом технологических и геологических аспектов. В статье моделирован процесс загрязнения продуктивных пластов буровым раствором с учетом радиуса и динамики изменения расхода мгновенного проникновения фильтрата в пласт.

Приведены сравнительные оценки радиуса проникновения в продуктивный пласт современных типов буровых растворов.

On the modelling of productive reservoir pollution with drilling mud

E.A. Kazimov, Dr. in Tech. Sc., M.A. Jamalbekov, Cand. in Tech. Sc.,
E.T. Mirmehdiyeva, Cand. in Tech. Sc., N.E. Suleymanova
"Oil Gas Scientific Research Project" Institute

Keywords: drilling mud, productive reservoir, permeability, compressibility factor, invasion range.

The types and properties of drilling mud have a great significance in the well drilling, as well as in pollution process of productive reservoir. Regardless the fact that the classical sources give recommendations on solution of the issue, its topicality still remains. Despite of the fact that the compliance of the chemical composition of drilling mud filtrate with the mineralogical content of produced water is a predominant factor to avoid the pore pollution of active reservoirs, the development of methods for problem solution considering technological and geological aspects have a practical importance as well. The paper deals with the modelling of pollution process of productive reservoir with the drilling mud considering the range and changing dynamics of charge of instantaneous filtrate invasion.

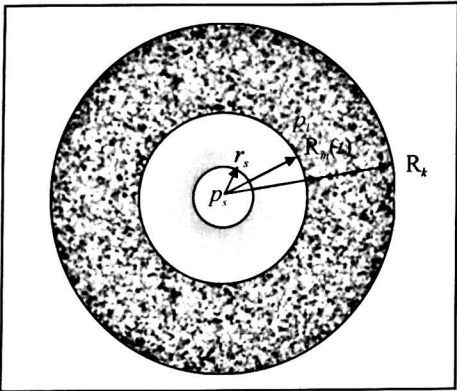
Comparative range evaluations of invasion into productive reservoir of up-to-date drilling mud types are provided.

Məhsuldar layların qazma prosesində ilkin açılması quyu tikintisinin böyük risklərlə səciyələndən mərhələlərindən olduğundan istifadə olunan qazma məhlullarına xüsusi önəm verilir. Suverməsi minimum, yaratdığı gil qabığı nazik və sərt karkaslı, reoloji xassələri isə tənzimlənən hədd qiymətlərində olan qazma məhlulları müasir qazmanın tələblərinə cavab verən mütərəqqi texnologiyanın əsasını təşkil edir. Məhsuldar layın təbii məsamə və keçiriciliklərinin qorunulmasında yuxarıda qeyd olunan amillərin, həmçinin məhlul filtratının kimyəvi tərkibinin lay sularının mineraloji tərkibinə uyğun gəlməsi də olduqca vacibdir [1–4].

Məhsuldar layların məsamə və keçiriciliyi, təzyiqi, qalınlığı və qazma məhlulunun reoloji xassələrinin sıxılma əmsalının nəzərə alınması ilə məhlulun məhsuldar laya daxil olmasının proqnozlaşdırılması nəzəri-praktik mahiyyət kəsb edir. Qeyd olunanlar, bir tərəfdən, qazma məhlulunun həcmnin azalması ilə diqqəti cəlb edir, digər tərəfdən, məhsuldar layın çirkənməsinə və bununla da lay məhsulunun quyudibi zonaya hərəkəti zamanı mürəkkəbləşmələrin baş verməsinə gətirib çıxarır. Buna görə də prosesin riyazi modelləşdirilməsi və dinamikasının öyrənilməsi praktik əhəmiyyət kəsb edir.

Məhsuldar laya qazma məhlulunun daxil olması prosesini sxematik olaraq şəkil 1-dəki kimi təsvir etmək olar. Şəkildə r_q radiuslu quyudan qazma məhlulunun fərz olunan kontur radiusuna R_k malik laya daxil olması təsvir edilmişdir. $R_m(t)$ radiuslu zona isə məhlulun nüfuz etdiyi zonadır. Burada olan neft qazma məhlulu tərəfindən kənara sıxışdırılır. Sıxışdırma porşenvari təbiətə malik olmadığından məsamələrin qalığı

neftlə doyması və beləliklə bu zonada qazma məhlulu ilə neftin laya sıxışdırılmasının natamam olması nəzərə alınır.



Şəkil 1. Qazma məhlulunun laya daxil olması prosesi-nin sxematik təsviri

Quyuda qazma məhlulu sütununun hündürlüyünü h_m nəzərə alsaq quyudibinə ρ_m sıxlıqlı qazma məhlulu sütununun yaratdığı təzyiqlik aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$p_q = \rho_m g h_m \quad (1)$$

Laya daxil olan məhlulun sərfi:

$$q_m = \frac{dV}{dt} \quad (2)$$

burada V – laya daxil olan qazma məhlulunun həcmidir.

Digər tərəfdən,

$$q_m = \frac{k}{\mu} \frac{dp}{dr}$$

Darsi qanununu nəzərə almaqla məhlulun laya daxil olması zamanı "qazma məhlulu – neft" kontaktının hərəkəti ilə məsamədaxili təzyiqlin bu zonada paylanması arasında əlaqəni ifadə edən tənliyi yazmaq olar

$$\frac{\mu_m 2\pi h m(p)}{k_m} \frac{1}{r} \frac{dr}{dt} = \frac{dp}{dr}$$

burada μ_m – qazma məhlulunun dinamik özlülüyü; $m(p)$ – layın məsaməliyi; k_m – qazma məhluluna görə keçiricilikdir.

Məqsəd zamanın istənilən anında məhlulun

neftlə kontakt vəziyyətinin, yəni $R_m(t)$ funksiyasının təyin edilməsindən ibarətdir. Bunun üçün məhlulun məsaməli mühtdə $r_q \leq r \leq R_m(t)$ sərhədləri ilə məhdudlaşmış zonada kəsilməzlik tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\frac{1}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} (r \rho_m v) \right] = \frac{\partial}{\partial t} (\rho_m m) \quad (3)$$

burada r_q – quyu radiusu; $R_m(t)$ – yürüş radiusunun zamandan asılılıq funksiyası; v – qazma məhlulun hərəkət sürətidir.

Qazma məhlulun (3) hərəkət tənliyinin həlli məlum olan klassik istilikkeçirmə tənliyinə gətirilməsi üçün

$$P = \int k(p) \gamma_m(p) dp + \text{const} \quad (4)$$

funksiyasını qəbul edək. (4)-ü nəzərə almaqla (3) tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar [5]:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{1}{a} \frac{\partial P}{\partial t} \quad (5)$$

burada $a = \frac{k_0}{(\beta_k + \beta_m) \mu_m m_0 B^*}$; k_0 – süxurun ilkin keçiriciliyi; β_k – süxurun mütləq keçiriciliyinin dəyişmə əmsalı; β_m – qazma məhlulun sıxılma əmsalı; m_0 – məsaməliyin ilkin qiyməti; $B^* = m(P)$ əyrisini aproksimasiya edən düz xəttin baxılan zaman kəsiyində bucaq əmsalıdır.

(5) tənliyini $P(r, t) = P_q(t)$, $P(R_m) = P_1$ və $P(r, 0) = P_1$ başlanğıc və sərhəd şərtləri daxilində qərarlaşmış halların əvəzlənməsi üsulunun tətbiqi ilə həll etmək olar. Onda laya daxil olan məhlulun sərfi üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$q_m = \frac{2\pi r_q h F_m(\rho) k_0}{(\beta_k + \beta_m) \mu_m e^{\beta_m(\rho_1 - \rho_q)}} \frac{\bar{P}_q - \bar{P}_1}{\ln \frac{r_q}{R_1}} \quad (6)$$

burada F_m – qazma məhluluna görə nisbi keçiricilik əmsalıdır.

P funksiyasından həqiqi təzyiqlik p -yə keçid aşağıdakı ifadə ilə həyata keçirilir:

$$p = p_0 + \frac{\ln P}{\beta_k + \beta_m} \quad (7)$$

Qazma məhlulu ilə neftin laya sıxışdırılmasının natamam olmasını nəzərə alsaq laya daxil olan məhlulun həcmi V_m ilə məhlulun daxil ol-

duğu quyuya zonanın məsamə həcmi V arasında münasibət aşağıdakı kimi olacaqdır

$$V = \frac{V_m}{1 - \rho_q} \quad (8)$$

burada ρ_q – süxurun neftlə qalıq doyma əmsalıdır.

Laya daxil olan məhlulun ani sərfinin (6)-ya görə hesablanmış qiymətini bilərək, məhlulun daxil olduğu quyuya zonanın həcmi və radiusunu təyin etmək üçün aşağıdakı ifadələri yazmaq olar:

$$V = \int_0^T q_m dt \approx \sum_{i=1}^n q_{mi}(t) \Delta t \quad (9)$$

$$\pi R_m^2 h_m(p) \approx \sum_{i=1}^n q_{mi}(t) \Delta t \quad (10)$$

(10)-dan laya nüfuz etmiş məhlul zonasının radiusunu təyin edə bilərik:

$$R_m \approx \sqrt{\frac{V_m}{\pi h_m(p)(1 - \rho_q)}}$$

$$V_m = \sum_{i=1}^n q_{mi}(t) \Delta t$$

(1)-i nəzərə almaqla (6)-(11) ifadələri məhlulun laya daxil olması prosesini proqnozlaşdırmağa imkan verir. Bu zaman aşağıdakı alqoritmdən istifadə oluna bilər.

1. Kiçik zaman kəsiyində Δt quyudibi təzyiqlin cari qiyməti p_{qi} üçün (6) ilə laya daxil olan məhlulun ani sərfi hesablanır.

2. Δt zaman kəsiyində laya daxil olan məhlulun həcmi $V_i = q_{mi}(t) \Delta t$ və t anına laya daxil

olmuş məhlulun ümumi həcmi $V_m = \sum_{i=1}^n q_{mi}(t) \Delta t$ hesablanır.

3. Quyuda məhlulun cari səviyyəsi

$h_i = h_{i-1} - \frac{V_i}{\pi r_q^2}$ və (1) düsturu ilə quyudibi təzyiqlin cari qiyməti p_{qi} hesablanır.

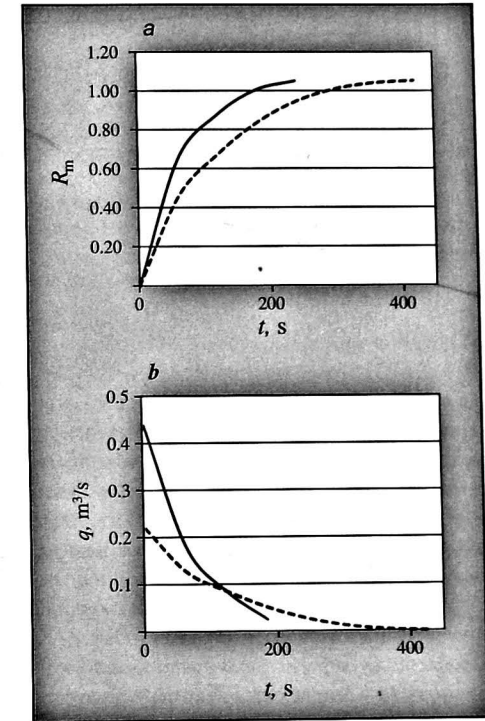
4. (11) ifadəsi ilə laya nüfuz etmiş qazma məhlulu zonasının radiusunun cari qiyməti hesablanır.

Verilən alqoritm əsasında hesablamalar aparılmışdır. Onlar aşağıdakı ilkin verilənlər əsasında dinamik özlülükləri, müvafiq olaraq 35 mPa·s və 70 mPa·s olan neft və polimer əsaslı

qazma məhlulları üçün yerinə yetirilmişdir.

| | |
|---|-------|
| Quyunun dərinliyi, m..... | 4500 |
| Quyunun radiusu, m..... | 0.1 |
| Layın qalınlığı, m..... | 50 |
| Layın məsaməliyi..... | 0.4 |
| Layın mütləq keçiriciliyi, mkm ² | 0.05 |
| Lay təzyiqli, MPa..... | 50 |
| Qazma məhlulun sıxlığı, kq/m ³ | 1750. |

Nəticələr şəkil 2, a və b-də göstərilmişdir. Qeyd edək ki, hesablamalar hər iki variant üçün quyuda maye sütunu lay təzyiqli ilə tarazlaşana qədər davam etdirilmişdir.



Şəkil 2. Neft (bütöv xətt) və polimer (qırıq xətt) əsaslı məhlulun laya nüfuz radiusu (a) və lay axınının ani sərfinin (b) dəyişmə dinamikası

Şəkil 2, a və b baxılan hallarda qazma məhlulun laya nüfuz radiusunun dəyişmə dinamikasını əks etdirir. Şəkildən görüldüyü kimi, məhlulun dinamik özlülüyünün iki dəfə artması onun laya nüfuz etmə dinamikasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir etmişdir. Belə ki, baxılan iki variantın müqayisəsindən görünür ki, neft əsaslı qazma məhlulun laya daxil olması polimer əsaslı məhlulə (qırıq xətlə çəkilmiş əyri) nisbətən daha yüksək sürətlərdə baş verir. Bu, şəkil 2,

b-dən laya daxil olan məhlulun sərfinin zamana görə dəyişmə əyrilərindən daha aydın görünür. Neft əsaslı məhlulun (bütöv xətlə çəkilməmiş əyri) özlülüyünün iki dəfə az olması prosesin əvvəlində digər variantdan iki dəfə yüksək sərfə laya daxil olmasını və quyuda maye sütununun lay təzyiqi ilə tarazlaşması prosesinin daha qısa zamanda başa çatmasını təmin edir. Beləliklə, əgər neft əsaslı məhlul 240 s ərzində laya 1.05 m nüfuz edirsə, özlülüyü iki dəfə çox olan poli-

mer əsaslı məhlulun bu qədər nüfuz etməsi üçün 420 s vaxt tələb olunur.

Nəticələrdən görüldüyü kimi, konkret halda qazma məhlulunun laya nüfuz radiusunun maksimal qiyməti təkəcə lay təzyiqindən asılıdır, məhlulun özlülüyünün dəyişməsi isə maksimal nüfuz zonasının yaranma zamanına təsir edir. Beləliklə, qazma zamanı quyuaətrafi zonanın çirklənməsini azaltmaq üçün qazma məhlulunun özlülüyünün artırılması məqsədəuyğundur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Булатов А.И. Решение практических задач при бурении и освоении скважин: справочное пособие. – Краснодар: изд-во "Советская Кубань", 2006, 324 с.
2. Леонов Е.Г. Осложнения и аварии при бурении нефтяных и газовых скважин: учеб. для вузов, ч. 1. Гидроаэростатика в бурении. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2006, 245 с.
3. Петров Н.А. Совершенствование технологий вскрытия полимиктовых коллекторов, освоения и ремонта нефтяных скважин: монография УГНТУ, 2014, 185 с.
4. Yusifzadeh Kh.B., Shahbazov E.G., Kazimov E.A. Nanotechnologies in oil and gas well drilling. – Baku: Centralized topography of SOCAR, 2014, 176 p.
5. Джамалбеков М.А. Вытеснение газоконденсатной смеси водой в круговом трещиноватом пласте // Известия ВУЗов. "Нефть и газ", 1986, № 11, с. 51-55.
6. Səfərov F.İ., İsmayilov Ş.İ. Mürəkkəb şəraitdə neft və qaz quyularının qazma texnologiyasının təkmilləşdirilməsi. – Bakı: SƏDA, 2001, 182 s.