

## Tutum-müqavimət modeli əsasında suvurma prosesinin monitorinqi və səmərəliyinin təyini

**Ə.A. Abbasov, t.e.n.**Azərbaycan Respublikasının  
Dövlət Neft Şirkəti**Açar sözlər:** suvurma, səmərəlik, monitorinq, analiz, tutum-müqavimət modeli.**e-mail:** asker.abbasov@socar.az

### Мониторинг и определение эффективности процесса заводнения на основе емкостно-резистивной модели

A.A. Abbasov, k.t.n.

Государственная нефтяная компания  
Азербайджанской Республики**Ключевые слова:** закачка, эффективность, мониторинг, анализ, емкостно-резистивная модель, CRM.

Предложена модифицированная CRM для оценки эффективности процесса заводнения нефтяного месторождения. Анализ динамики значений коэффициентов модели дает возможность проводить мониторинг эффективности заводнения нефтяного месторождения.

На основе предложенной методики исследована закачка воды в X горизонте площади глубоководное Гюнешли на приграничные скважины площади мелководное Гюнешли.

### Monitoring and efficiency estimation of waterflooding based on capacitance-resistance model

A.A. Abbasov, Cand. in Tech. Sc.

Azerbaijan State Oil and Industry University

**Keywords:** injection, efficiency, monitoring, analysis, capacitance-resistance model.

The paper suggests modified capacitance-resistance model (CRM) for efficiency estimation of oil field waterflooding process. Dynamics analysis of model's coefficient values allows conducting waterflooding monitoring of oil field.

Based on suggested method, water injection in X horizon in deep-water Guneshly and in adjacent wells in shallow-water Guneshly has been studied.

Hazırda dünyada neftçıxarma əmsalının artırılmasının ən səmərəli yollarından biri laylara suyun vurulması üsuludur. Suvurmada alınan səmərə lay təzyiqinin saxlanılması və neftin hasilat quyularına tərəf sıxışdırılması nəticəsində təmin olunur. Bu üsulun neftçıxarma sahəsində geniş tətbiqinə səbəb prosesin nisbətən sadə və ucuz olması, suyun yüksək sıxışdırma imkanları ilə bağlıdır [1, 2].

Neft və qaz yataqlarının işlənməsinin səmərəli aparılması üçün vurulan suyun hasilata təsirinin monitorinqi və onun operativ qiymətləndirilməsi təmin olunmalıdır. Suvurmanın nəzarətsiz aparılması hasilat quyularının tez sulaşmasına, hasilatın azalmasına və digər xoşagəlməz nəticələrə gətirib çıxarır.

Qeyd etmək lazımdır ki, dəniz şəraitində suvurmanın monitorinqinin aparılması üçün tələb olunan geofiziki və hidrodinamik tədqiqat məlumatlarının kifayət qədər olmaması, əsas süzülmə istiqamətlərin dəyişməsinin və suvurmanın səmərəliyinin düzgün qiymətləndirilməsinə imkan vermir. Bununla əlaqədar olaraq, əlavə mədən tədqiqatları aparmadan işlənmənin vəziyyətinin kifayət qədər etibarlı şəkildə qiymətləndirməsini təmin edən diaqnostik üsulların tətbiqi aktualıq kəsb edir.

Dünyada suvurma prosesinin izlənməsi üçün müxtəlif üsullar tətbiq olunur ki, onlardan da "Hall" diaqramı, su-neft asılılığını və s. qeyd etmək olar [3, 4]. Son illər suvurma prosesinin analizi üçün tətbiq olunan müasir üsullardan biri də tutum-müqavimət modelidir (CRM) [5, 6].

Bu modelin müxtəlif modifikasiyalarını suvurmanın monitorinqində həm ümumi yataq, həm də ayrı-ayrı quyular üzrə aparmaq mümkündür. CRM tipli modellər mayenin elastikliyiinin nəzərə alınmasına əsaslanır

$$\Delta V_m = (C_m m + C_1) V_1 \Delta p,$$

burada  $\Delta V_m$  – maye həcmi layda dəyişməsi;  $C_m, C_1$  – uyğun olaraq mayenin və layın sıxılma əmsalları;  $m$  – məsaməlik əmsalı;  $V_1$  – layın məsaməli həcmi;  $\Delta p = (p_0 - \bar{p})$  – ilkin və cari lay təzyiqlərinin orta qiymətləri arasındakı fərqdir.

Bu tənlük məsaməli mühidə mayenin və lay təzyiqinin dəyişmə əlaqəsini göstərir. Tənlüyün hər iki tərəfini diferensiallaşdırmaqla alınır

$$d(\Delta V_m) = (C_m m + C_1) d(V_1 \Delta p).$$

Nəzərə alsaq ki,  $\Delta t$  vaxt ərzində layda maye həcmi dəyişməsi laydan hasil olunmuş  $q$  və laya vurulmuş  $i$  maye həcmi arasında fərq bərabərdir və lay təzyiqinin düşməsi əsasən suvurma ilə kompensasiya olunur, onda sadə dəyişikliklərdən sonra aşağıdakı tənlüyü almaq mümkündür

$$i(t) - q(t) = C_T V_d \frac{d\bar{p}}{dt}, \quad (1)$$

burada  $C_T = C_m m + C_1$ .

Xətti məhsuldarlıq tənlüyündən istifadə etməklə

$$q(t) = K(\bar{p} - p_{q,d})$$

(1) tənlüyünü aşağıdakı kimi yazmaq olar

$$\frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} q(t) = \frac{1}{\tau} i(t) - K \frac{dp_{q,d}}{dt}, \quad (2)$$

burada  $p_{q,d}$  – quyudibi təzyiq;  $\tau = \frac{C_T V_d}{K}$  əmsalı hasilatla suvurma arasında gecikmə müddətini əks etdirir.

Suvurma həcmi və quyudibi təzyiqlərin diskret şəkildə verilməsini və ölçü müddətində təzyiqlərin az dəyişməsinə nəzərə alaraq (2) tənlüyünün həllini aşağıdakı diskret şəkildə yazmaq olar [7]

$$q_k^{neft} = q_{k-1}^{neft} e^{-\frac{\Delta t_k}{\tau}} + f_{su} i_k \left(1 - e^{-\frac{\Delta t_k}{\tau}}\right), \quad (3)$$

$$q_k^{su} = q_{k-1}^{su} e^{-\frac{\Delta t_k}{\tau}} + f_{su} i_k \left(1 - e^{-\frac{\Delta t_k}{\tau}}\right),$$

$f_{neft} + f_{su} \leq 1$ , burada  $f_{neft}, f_{su}$  – neft və su hasilatına təsir edən vurulan suyun hissəsidir,  $q_k^m = q_k^{neft} + q_k^{su} - t_k$  zamanında maye hasilatı,  $q_k^{neft}, q_k^{su}$  – uyğun olaraq neft və su hasilatları,  $i_k - t_k$  zamanında vurulan suyun həcmidir.

### Suvurma prosesinin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi üsulu

Nəzərə alsaq ki, neft yataqlarının işlənməsində suvurmanın səmərəliliyi birbaşa neft hasilatına müsbət təsiri ilə bağlıdır və bu hər bir  $[t_k, t_{k-1}]$  intervalında ayrıca qiymətləndirilə bilər. Bunun üçün (3) və (4) tənlükə daxil olan  $\tau$  və  $f_{neft}$  əmsallarının qiymətləri, istənilən vaxt intervalında mayenin ölçülmüş və hesablanmış qiymətləri arasındakı fərqin minimum şərtindən təyin edilir

$$(q_k^{olc} - q_k^m)^2 = \min. \quad (5)$$

(5)-dən təyin edilmiş  $f_{neft}$  əmsalı suvurma prosesinin effektivliyinin meyarı kimi qəbul edilir.

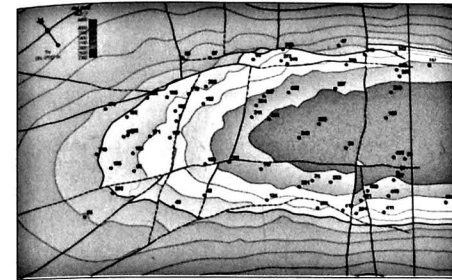
$f_{neft}$  əmsalının vahidə yaxın olması, suvurmanın neft hasilatına müsbət təsirini göstərir və bu əmsalın dinamikası suvurmanın səmərəliliyinin monitorinqini aparmağa imkan verir.

### Sahə tətbiqu

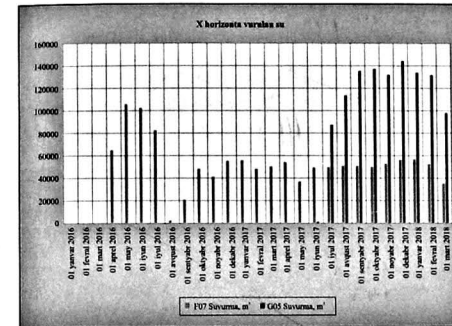
Təklif olunan monitorinq üsulu əsasında Dərinsulu Günəşli sahəsinin X horizontuna vurulan suyun Dayazsulu Günəşli yatağında sərhədə yaxın yerləşən quyuların neft hasilatına təsiri öyrənilmişdir. Şəkil 1-də Dayazsulu Günəşli sahəsinin X horizontundan işləyən quyular, şəkil 2-də isə Dərinsulu Günəşli tərəfdən həmin horizonta F07 və G05 suvurucu quyular göstərilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, Dərinsulu Günəşli sahəsinin X horizontdan işləyən hasilat quyusu olmayıb. Suvurmanın təsirinin öyrənilməsi üçün Dayazsulu Günəşli sahəsinin X horizontundan işləyən hasilat quyuları F07 və G05 vurucu quyuların yaxınlığına görə şərti olaraq iki qrupa ayrılmışdır (şəkil 3):

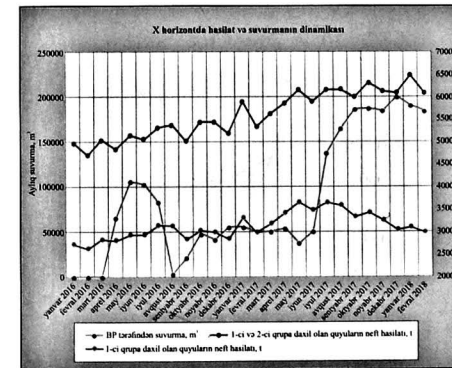
1-ci qrup: 299, 288, 238, 73, 165, 405, 410, 408, 411, 407;



Şəkil 1. Dayazsulu Günəşli sahəsinin X horizontu üzrə struktur xəritəsi



Şəkil 2. Dərinsulu Günəşli sahəsinin X horizontu üzrə vurulan suyun miqdarının dinamikası

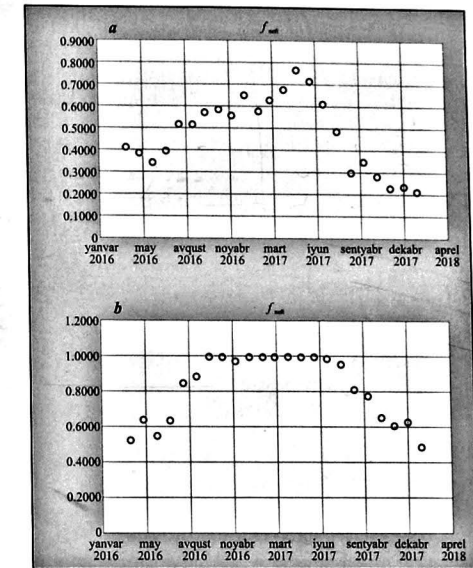


Şəkil 3. Dayazsulu Günəşli sahəsinin X horizontu üzrə hasilat göstəricilərinin dinamikası

2-ci qrup: 242, 47, 309, 287, 303, 248, 277, 283, 99, 294, 237, 343, 28.

Suvurmanın effektivliyinin təyini üçün təklif olunan  $f_{neft}$  meyarı əsasında suvurmanın təsiri öyrənilmiş və aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir:

– 1-ci qrup quyular kontrakt sahəsinə yaxın olduğuna görə bu quyulara suvurmanın müsbət



Şəkil 4. 1-ci qrup (a) və 2-ci qrup (b) quyular üzrə suvurmanın səmərəliliyinin  $f_{neft}$  kriteriyası əsasında monitorinqi

təsiri 2017-ci ilin may ayına kimi davam edir, sonra isə bu quyular üçün suvurmanın səmərəliliyi azalmağa başlayır (şəkil 4, a). Bunu 1-ci qrup quyularında neft hasilatının azalması da təsdiq edir.

– Tədqiqat sahəsinə daha geniş götürdükdə (əlavə 2-ci qrup quyuları nəzərə almaqla) tədqiqat müddəti ərzində neft hasilatının artmasını müşahidə etmək olar. Lakin  $f_{neft}$  əmsalının dəyişməsi göstərir ki, 2017-ci ilin iyun ayından vurulan su həcmi 2 dəfədən çox artması 1-ci və 2-ci qrup quyuların neft hasilatına müsbət təsir etmir (şəkil 4, b).

### Nəticə

1. Modifikasiya olunmuş CRM – real zaman rejimində suvurma prosesinin sadə və sürətli modelləşdirmə üsuludur. Model ancaq hasilat və suvurma məlumatları əsasında suvurmanın hasilat quyularına təsirinin monitorinqini mümkün edir,  $f_{neft}$  meyarı suvurma prosesinin cari səmərəliliyini qiymətləndirir və operativ qərarların qəbul edilməsinə şərait yaradır.

2.  $f_{neft}$  meyarının qiymətləri Microsoft Excel proqramına daxil olan "Solver" modulu əsasında asan təyin olunduğu üçün neft mühəndisləri tərəfindən geniş tətbiq oluna bilər.

1. *Mirzadjanzade A.X.* Фрагменты разработки морских нефтегазовых месторождений / *A.X. Mirzadjanzade, H.A. Aliyev, X.B. Yusifzade, T.Sh. Salavatov, A.Ch. Sheydaev.* – Баку: ЭЛМ, 1997, 408 с.
2. *Dake L.P.* The Practice of Reservoir Engineering. Elsevier. 2001.
3. *Lyons W.C., Plisga G.J.* Standard Handbook of Petroleum & Natural Gas Engineering. Gulf Professional Publishing, 2005.
4. *Yortsos Y.C., Choi Y., Yang Z., et al.* Analysis and Interpretation of Water/Oil Ratio in Waterfloods. SPE J 4 (4), 1999, pp. 413-424.
5. *Albertoni A. and Lake L.W.* Inferring Interwell Connectivity from Well-Rate Fluctuations in Waterfloods. Paper SPE 75225 presented at the SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, Tulsa, Oklahoma, 2002, 13-17 April.
6. *Yousef A.* Investigating Statistical Techniques to Infer Interwell Connectivity from Production and Injection Rate Fluctuations. PhD dissertation, U. of Texas, Austin, Texas, 2005.
7. *Suleymanov A.A., Abbasov A.A., Guseynova D.F., Babayev J.I.* Oil reservoir waterflooding efficiency evaluation method. Petroleum Science and Technology, 2016, v. 34, Issue 16, USA, pp. 1447-1451.