

Qazma zamanı gilli süxurlarda membran effektivliyinin tədqiqi

T.E. Quluzadə

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Açar sözlər: membran effektivliyi, reaktiv gillər, diffuziv ikiqat təbəqə, kation mübadilə tutumu, ion seçiciliyi.

e-mail: tural.quluzadeh@gmail.com

DOI.10.37474/0365-8554/2022-1-16-20

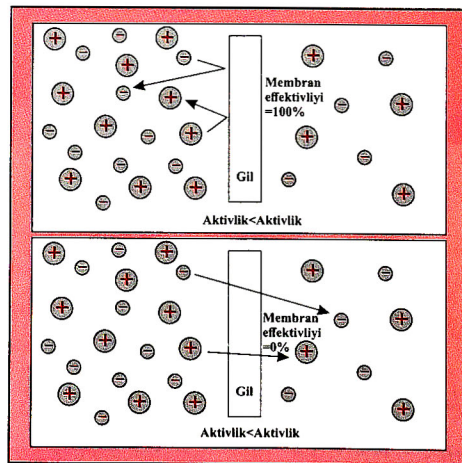
Исследование мембранной эффективности при бурении глинистых пород

T.Э. Гулузadə
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: мембранная эффективность, реактивные глины, диффузионный двойной слой, катионообменная емкость, ионная селективность.

Исследования показали, что при бурении нефтяных и газовых скважин в 75 % случаев нарушение устойчивости ствола скважины происходит при бурении глинистых пород. Одна из причин этого заключается в том, что во время физико-химического контакта между буровым раствором и глиной, последняя ведет себя как полупроводниковая мембрана. Для определения этого свойства глины используется понятие мембранной эффективности. В связи с этим изучение мембранной эффективности играет важную роль в изучении взаимодействия между буровым раствором и глинистыми породами при разрушении ствола скважины.

Membran effektivliyi gilin qazma məhlulu ilə qarşılıqlı əlaqədə olan zaman ionların hərəkətini məhdudlaşdırmaq xüsusiyyətini göstərir. Əgər gil ion axımının qarşısını tamamilə kəsib, onda gil membran effektivliyi 100%-ə bərabər olan əla ion-seçici membran kimi qəbul edilir. Əgər gil kimyəvi qradiyentdən asılı olaraq ionlara gilin daxilinə və ondan xaricə sərbəst hərəkətə imkan verirsə, onda gil membran effektivliyi 0% ilə qeyri-seçici membrandır (şəkil 1). Əgər membran effektivliyi aşağı olarsa, ionlar yüksəkqatılıqlı mühitdən aşağı qatılıqlı mühit istiqamətinə yönəlir. Bu zaman gilli süxurlar olan lay özünü sızma olan yarımqeçirici kationik membran kimi göstərir. Deməli, membran kationları seçici olsa da, bu, mükəmməl dərəcədə deyil. Başqa sözlə, gil kationları və bəzi anionları buraxmağa imkan verir.



Şəkil 1. Gil membranının qaytarma qabiliyyətinin təsviri

Membran effektivliyi aşağıdakı düsturla təyin olunur [1]

$$\alpha_m = 1 - \frac{\mu_i}{\mu_s}, \quad (1)$$

burada α_m – membran effektivliyi; μ_i , μ_s – uyğun olaraq həll olunan maddənin (ya da ionların) və suyun hərəkətliyi, $m^2/V \cdot s$. Membran effektivliyi vahidsiz kəmiyyətdir. Hərəkətlik həll olunan maddənin elektrik sahəsinin təsiri altında bərk səthdə keçmə qabiliyyətini göstərir və aşağıdakı düsturla təyin olunur

$$\mu = \frac{v_{or}}{E}, \quad (2)$$

burada v_{or} – həll olunan maddə (ya da ionların) orta sürəti, m/s ; E – elektrik sahəsinin intensivliyidir, V/m .

(1) düsturuna əsasən gilin membran effektivliyinin üç halını göstərmək olar:

– əgər $\mu_i = 0$ və $\mu_s \neq 0$ olarsa, onda qazma məhlulu və gilin qarşılıqlı əlaqəsi zamanı ionların hərəkətinin qarşısı tamamilə alınacaq və yalnız su molekulları hərəkət edəcək. Bu zaman gil əla ion-seçici membran kimi özünü göstərəcək ($\alpha_m = 1$);

– $\mu_i = \mu_s$ olduqda ionlar və su molekulları bərabər hərəkət edəcək və bu zaman gil özünü qeyri-seçici membran kimi göstərəcək ($\alpha_m = 0$).

– $\mu_i < \mu_s$ olarsa, ionların hərəkətinin qarşısı tam alınmır və gil özünü sızan, yaxud yarımqeçirici membran kimi göstərəcək ($0 < \alpha_m < 1$).

Van Oort və Heil müəyyən etmişlər ki, membran effektivliyi həm gilin, həm də qazma məhlulunun xüsusiyyətlərindən asılıdır [2]. Aparılan sınaqlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, membran effektivliyinə həll olunan maddənin ölçüsü, məsələ boğazının radiusu, kation mübadilə tutumu və xüsusi səth sahəsi vasitəsilə təsir oluna bilər.

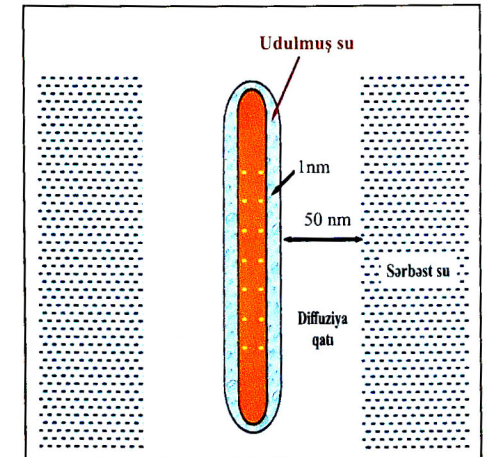
Gilin xüsusi səth sahəsi və həll olunan maddənin ölçüsü artdıqda, membran effektivliyi də artır.

Gilin məsələ boğazının diametri və keçiriciliyi azaldıqda da, membran effektivliyi artır.

Gil layı su əsaslı qazma məhlulu ilə qarşılıqlı əlaqədə olan zaman süxur özünü nano-Darsi dərəcəsində (dar məsələ boğazının diametri 100 nm-dən 3 nm-ə kimi olan) aşağı keçiricilikli qeyri-mükəmməl yarımqeçirici kationik membran kimi göstərir və mənfii yüklənmiş səth hidrat anionlarının keçməsinə mane olur. Neft əsaslı qazma məhlulu süxurla qarşılıqlı əlaqədə olan zaman emulsiyalı su ilə əhatə olunmuş neft layı özünü mükəmməl yarımqeçirici membran kimi göstərir. Süxurun sinergetik xüsusiyyətlərinin təsirindən

neft layı və qazma məhlulunun yüksək kapilyar təzyiqli ion axımının qarşısını tamamilə alan membran yaradır. Lakin neft əsaslı qazma məhlulunun gillərlə qarşılıqlı əlaqəsi zamanı ölçülmüş membran effektivliyi 100%-dən aşağıdır.

Gillərin özünü yarımqeçirici membran kimi göstərməsi qabiliyyəti onda reaktiv gil minerallarının mövcudluğuna görə səthində mənfii yüklərin iştirak etməsi və dar məsələ boğazlarının ölçüsündən asılıdır. Gilin mənfii yüklənməsinin səbəbi izomorfik əvəzətməyə görə metal ionları üçün mövqelərin natamam yerləşməsi və hidrroksidlərdən protonların azad olmasıdır. Gilin səthinin mənfii yüklənməsi nəticəsində bu səthlə əvəz edilə bilən kationlar arasında elektrostatik qüvvələr mövcuddur. Gilin səthi mənfii yüklü olduğu üçün müsbət yüklü ionları özünə cəzb edir. Gilin mənfii yüklü səthi və məhlulda cəzb olunmuş müsbət yüklü ionlar olan zona diffuziv ikiqat təbəqə adlanır. Gilin yarımqeçirici membran kimi özünü göstərməsi səthində diffuziv ikiqat təbəqənin iştirak etməsindən qaynaqlanır (şəkil 2) [3]. Bu təbəqənin təbiəti və xüsusiyyətləri minerallar və məsələ suyunun kimyəvi xüsusiyyətlərindən, qatılıqlı isə məhlulda olan ionların tipi və qatılıqlından asılıdır. İkiqat təbəqədə adsorbsiya olunan suyun miqdarı mineral tipinə müvafiq olaraq ümumi məsələ həcmindən, ionlar və gil arasında olan əlaqənin möhkəmliyi məhlulda olan kationların tipindən asılıdır. Kalium ionunun bir müsbət yükü olduğu üçün gillə birləşmək qabiliyyəti zəif, kalsium ionunun isə iki müsbət yükü olduğu üçün bu qabiliyyət daha yaxşıdır. Maqnezium ionunda iki müsbət yükün iştirak etməsinə baxmayaraq



Şəkil 2. Gil hissəçiyinin double layeri

hidratlaşması kalsium ionuna nisbətən çox olduğu üçün gillə birləşmək qabiliyyəti ortadır.

Kation mübadilə tutumu gil təbəqəsinin saxlaya biləcəyi kationların miqdarını xarakterizə edir. Kation əvəzetmə (mübadilə) prosesinin sürəti gilin tipindən, məhlulun qatılığından və s. asılıdır. Kation mübadilə tutumu gilin membran effektivliyi və ion seçiciliyinə təsir edir. Bu kəmiyyət analitik və ya laboratoriyada rəngləmə adsorbsiya metodları ilə qiymətləndirilə bilər [4].

Gillərin ideal olmayan membran effektivliyi xüsusiyyətini aydınlaşdırmaq üçün Ballard və başqaları tərəfindən Cl, Na və Ca kimyəvi elementlərin radioaktiv izlərindən istifadə etməklə onların gillərə nüfuz etməsi prosesi izlənilib. Müəyyən olunub ki, gillər sızıcı membran kimi özlərini göstərir və müəyyən miqdarda ion onlardan nüfuz edə bilər. Van Oort və başqaları gillərin membran effektivliyini ölçmək üçün təzyiqli keçirmə sınaqları apararaq, müəyyən etmişlər ki, gillər üçün bu göstərici aşağı olub 1–10 % arasında dəyişir [5].

Neft əsaslı qazma məhlullarının gil nümunələrilə təması zamanı membran effektivliyinin qiyməti 51 %, 48 % və 17 % müəyyən olunmuşdur. Yüksək membran effektivliyi xüsusiyyəti müəyyən qədər bu məhlulların su aktivlikləri gildən az olanda, onların reaktiv gilləri stabilizasiya etmək qabiliyyəti ilə izah olunur. Əgər tərkibində CaCl₂ olan emulsiya stabildirsə, onda EZ-MUL emulqatorundan istifadə etdikdə neft əsaslı məhlul yüksək yarımkeçirici membran xüsusiyyəti göstərəcək. Quyu lüləsini stabilizasiya etmək üçün neft əsaslı qazma məhlulu hazırlanırdıqda onun tərkibindəki emulsiya stabil, hissəciklər isə olduqca kiçik və bir-birinə çox yaxın olmalıdır. Məhlulda olan emulsiyanın standartlara uyğun stabil olduğuna əmin olduqdan sonra neft əsaslı və duzlu məhlul 90 °C temperaturda qarışdırılır və iki həftə saxlanılır. Bir çox hallarda məhlula qarışdırılmış EZ-MUL emulqatorunun bir hissəsinin dibə çökdüyü müşahidə edilir. Stabil emulsiya suyun effektiv osmotik axını təmin etmək üçün tələb olunur [6].

Gilin mənfəi yüklü səthi müsbət yüklü ionların hərəkətini asanlaşdırır, mənfəi yüklü ionların isə hərəkətinin qarşısını alır. Buna görə də, iki müxtəlif qatılıqlı məhlul bir-birindən gil vasitəsilə ayrıldıqda elektrik potensialı fərqi yaranacaq. Lomba və başqa alimlər təbii gilin membran effektivliyini qiymətləndirmək üçün gil nümunələri arasındakı elektrokimyəvi potensialı ölçmüşlər. Sınaq zamanı gil nümunələri iki müxtəlif qatılıqlı məhlul arasında yerləşdirilir. Elektrik potensialı fərqi ölçülür

və bu membran effektivliyinə çevrilir.

İon seçiciliyi gillərin anionların hərəkətinin qarşısını almaq, kationların keçidinə isə icazə vermək qabiliyyətidir. İon seçiciliyi sınağı zamanı gil nümunələri müxtəlif qatılıqlı məhlullarla təmasda olan zaman gərginlik düşküsi ölçülür. Buna əsasən gil nümunəsinin ion seçiciliyi hesablanır

$$I = \frac{V_{ölç} - V_{maye}}{V_{mem} - V_{maye}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

burada $V_{ölç}$ – faktiki ölçülmüş gərginlik düşküsi, V ; V_{maye} – maye birləşməsinin yaratdığı gərginlik düşküsi; V_{mem} – iki həlledicini ayıran əla ion seçici membranın yaratdığı gərginlik düşküsidür.

Gillərdə olan məsələlərin ölçüsü kiçildikcə həlledici məsələ divarlarına daha çox təsir edir və bu da membranın keçiriciliyini azaldır. Nəticədə gilin əksolunma (qaytarma) əmsali artır. Na-nin hidratlaşmış diametri K-dan çox olduğuna görə ion diffuziyasının miqdarı az olur.

Çenevert və Strasner qeyd etmişlər ki, qazma məhlulu və gil arasındakı su aktivliyi kimyəvi potensial qradientini dəyişdirir, bu da öz növbəsində gilin daha çox və ya az suyu adsorbsiya etməsinə səbəb olur [7]. Temperaturun dəyişməsi kimyəvi potensial və gillərin adsorbsiyasına təsir edir. Bu isə gilin mexaniki və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri və membran effektivliyinə təsir edir. Temperaturun membran effektivliyinə təsirini müəyyən etmək üçün müxtəlif temperaturlarda hidravlik və osmotik qradientlərin təsiri nəticəsində təzyiqli düşküsi ölçülmüşdür. Sonra təzyiqli düşküsi membran effektivliyinə çevrilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, temperatur artıqca membran effektivliyi və su aktivliyi (kimyəvi potensial) artır. Temperaturun artması diffuziv ikiqat təbəqədə gil hissəcikləri arasında kationların kinetik enerjisini artırır. Bu artım isə gil hissəcikləri arasındakı cazibə qüvvələrini üstələyir və mənfəi yüklərin gil səthindən diffuziyasına şərait yaradır. İkiqat təbəqənin bu cür genişlənməsi gillərin eyni yüklü ionları xaric etmək qabiliyyətini artırır və bununla da membran effektivliyini gücləndirir. Temperatur artıqca gilin tərkibindəki bərk hissəciklər müxtəlif cür genişlənir və gilin məsələ boğazının ölçüsü azalır. Bu isə membran effektivliyini artırır.

Quyu lüləsinin möhkəmliyi membran effektivliyini dəyişməklə idarə oluna bilər. Məsələn, gilin su aktivliyi qazma məhlulunun su aktivliyindən böyük olarsa, yüksək membran effektivliyi, qazma məhlulunun su aktivliyi böyük olan halda isə aşağı membran effektivliyi daha faydalıdır.

ABŞ-da Qalf sahili ərazisində dayanıqsız

süxurlar olan sahələrə qazılan quyularda membran effektivliyi tədqiq olunmuşdur. Bu məqsədlə su əsaslı məhlul neft əsaslı məhlulla əvəz olunmuş və membran effektivliyinin qiyməti 0.1 olan gillərin membran effektivliyi 0.3-ə qədər artmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, 24 saatdan sonra süxurun dağılma gərginliyi (sıxılmadan) 5.8 MPa-dan 19.8 MPa-ya qədər artmışdır.

Azərbaycanda quyu lüləsinin davamsızlığı problemləri müşahidə olunan Günəşli və Pirallahı yataqlarında tədqiqat işləri aparılmışdır. Günəşli

duqdan sonra quyu lüləsinin davamsızlığı problemi qismən aradan qaldırılmışdır. Qazılan digər quyuda qazma məhluluna “Abşeron-2T” reagenti əlavə olunmuş və effektiv nəticələr əldə edilmişdir. Süxurların tökülməsi baş verən başqa quyuda “Glydrill” su əsaslı məhluluna keçid olunmuşdur. Bu məhlul problemlili gillərin məsələlərini tıxaclamaqla gilli süxurlara məhlul nüfuz etməsinin qarşısını alır. Sonrakı qazma əməliyyatlarında quyu lüləsinin tökülməsi cüzi olmuş və quyu lüləsinin davamlığı təmin olunmuşdur (cədvəl).

Tədqiqat aparılan yataqlar	Lay dəstələri	İstifadə olunmuş məhlul və reagentlər	Dəyişdirilən parametrlər və necə dəyişdirilməsi	Quyu lüləsinin davamsızlığının qarşısının alınması effektivliyi, %		
Günəşli	Abşeron	İnhibitorlu, gipsli, əhəngli məhlullar	Kation mübadilə tutumunun artırılması	30-40		
	Ağcağıl					
	Suraxanı					
	Sabunçu					
Pirallahı	Balaxanı	İnhibitorlu, polimerli KCl məhlullar	Kation mübadilə tutumunun artırılması	35-40		
	Üstdə yatan çöküntülər				Məsələ boğazının radiusunun azaldılması	45-55
	Qırməkiüstü gilli				“Abşeron-2T” reagenti	Kation mübadilə tutumunun artırılması

Nəticə

yatağında Abşeron, Ağcağıl, Suraxanı, Sabunçu və Balaxanı lay dəstələrində həm yuxarı, həm də aşağı intervallarda (500–2500 m) baş verən tökülmə və uçulların qarşısını almaq üçün inhibitorlu, əhəngli və gipsli məhlullardan istifadə olunması qərara alınmışdır. Bunun üçün qazma məhluluna qatılığı 1100 mq/l olan Ca²⁺ ionları əlavə edilmişdir. Qazma zamanı quyudan çıxan qazma məhlulunun müşahidəsi zamanı müəyyən olunmuşdur ki, quyu lüləsindən süxurların tökülməsi intensivliyi azalıb. Pirallahı yatağında üstə yatan çöküntülər, Qırməkiüstü gilli, Qırməki lay dəstələrinin qazılması zamanı müxtəlif reagent və məhlullardan istifadə etməklə onların təsiri tədqiq olunmuşdur. Öncə inhibitorlu, polimerli KCl qazma məhlulu istifadə olunmuşdur. Polimer kimi poliqlikol əlavə olunmuş KCl məhlulu istifadə olun-

1. Gilli süxurlar qazma məhlulu ilə təmasda olduqda özünü yarımkeçirici membran kimi göstərir və membran effektivliyi süxur və qazma məhlulunun xüsusiyyətindən asılıdır.

2. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, gillərin membran effektivliyinin qiyməti 1–10 % arasında dəyişir. Neft əsaslı qazma məhlulları istifadə olunduqda isə bu qiymət 51 %-ə qədər yüksəlir.

3. Məhlulda həll olunan maddənin ölçüsü, məsələ boğazının radiusu, kation mübadilə tutumu, gilin xüsusi səth sahəsi, keçiriciliyi və s. parametrləri dəyişməklə membran effektivliyinin qiyməti dəyişdirilə bilər. Qazma məhlulunun və gilin su aktivliyinin müqayisəsinə uyğun olaraq membran effektivliyinin qiymətini dəyişməklə (artırmaq və ya azaltmaqla) quyu lüləsinin davamlığını idarə etmək olar.

Ədəbiyyat siyahısı

1. *Zhang J.* The impact of shale properties on wellbore stability, dissertation, The University of Texas at Austin, 2005, pp. 4-10, 56-60.
2. *Van Oort, E., et al.* Transport in shales and the design of improved water-based shale drilling fluids. SPE drilling & completion, 1996, 11(03): pp. 140-141. SPE-28309-PA.
3. *Y. Mengjiao.* Chemical and thermal effects on wellbore stability of shale formations, dissertation, The University of Texas at Austin, 2002, pp. 23-25.
4. *T.M. Al-Bazali.* Experimental study of the membrane behavior of shale during interaction with water-based and oil-based muds, dissertation, The University of Texas at Austin, 2005, pp. 46-47.
5. *Al-Bazali, T.M., et al.* A Rapid, Rigsite Deployable, Electrochemical Test for Evaluating the Membrane Potential of Shales. in SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 2005, Society of Petroleum Engineers, p. 3.
6. *C. Xinming, L. Jianjun.* Review of borehole stability with different influence factors// Physical and Numerical Simulation of Geotechnical Engineering iss. 23, 2016, p. 4.
7. *S. Gomez, A. Patel.* Shale Inhibition: What works? SPE International Symposium on Oilfield Chemistry held in The Woodlands, Texas, USA, 8-10 April 2013, p. 2.

References

1. *Zhang J.* The impact of shale properties on wellbore stability, dissertation, The University of Texas at Austin, 2005, pp. 4-10, 56-60.
2. *Van Oort, E., et al.* Transport in shales and the design of improved water-based shale drilling fluids. SPE drilling & completion, 1996, SPE-28309-PA, 11(03), pp. 140-141.
3. *Y.Mengjiao.* Chemical and thermal effects on wellbore stability of shale formations, dissertation, The University of Texas at Austin, 2002, pp. 23-25.
4. *T.M. Al-Bazali.* Experimental study of the membrane behavior of shale during interaction with water-based and oil-based muds, dissertation, The University of Texas at Austin, 2005, pp. 46-47.
5. *Al-Bazali, T.M., et al.* A rapid, rigsite deployable, electrochemical test for evaluating the membrane potential of shales. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 2005, Society of Petroleum Engineers, p. 3.
6. *C. Xinming, L. Jianjun.* Review of borehole stability with different influence factors // Physical and Numerical Simulation of Geotechnical Engineering, iss. 23, 2016, p. 4.
7. *S. Gomez, A. Patel.* Shale Inhibition: What works, SPE International Symposium on Oilfield Chemistry held in The Woodlands, Texas, USA, 8-10 April, 2013, p. 2.