

## Оценка текущих добычных возможностей при эксплуатации в условиях высокой обводненности

М.Н. Шихиев, к.т.н.<sup>1</sup>, И.З. Ахмедов, к.т.н.<sup>2</sup>,

С.Э. Тагиева, к.т.н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Журнал "Азербайджанское нефтяное хозяйство",

<sup>2</sup>НИПИнефтегаз

e-mail: Medet.Shixiyev@socar.az

**Ключевые слова:** добычные возможности, скважинные штанговые насосы, дебит нефти и воды, обводненность продукции.

DOI.10.37474/0365-8554/2021-10-17-20

Yüksək sulaşma şəraitində quyuların cari hasilat imkanlarının qiymətləndirilməsi

M.N. Şixiyev, t.e.n.<sup>1</sup>, İ.Z. Əhmədov, t.e.n.<sup>2</sup>, S.E. Tağıyeva, t.e.n.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>"Azərbaycan neft təsərrüfatı" jurnalı,

<sup>2</sup>Neftqəzəlməhdəqiqatlayihə İnstitutu

**Açar sözlər:** hasilat imkanları, ştanqlı quyuy nasosları, neft və su debiti, məhsulun sulaşması.

Məqələdə məhsulun yüksək sulaşması şəraitində ştanqlı quyuy nasosları ilə istismar olunan quyuların sulaşmadan asılı olaraq hasilat imkanlarının qiymətləndirilməsi məsələsi tədqiq edilmişdir. Uzun müddət işlənmədə olan yataqlarda neft hasilatı göstəricisi onun artırılması və ümumiyyətlə quyuy fondunun daha səmərəli istismar olunmasında böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bununla əlaqədar olaraq, faktiki mədan məlumatı əsasında eyni yataqda istismar olunan quyuların maye, neft və su debitləri təhlil edilmiş və faktiki sulaşma diapazonu üzrə paylanmaların qurulmuşdur. Eyni zamanda sulaşma intervalları üzrə ayrı-ayrı quyular qruplarının ümumi neft və su hasilatları da hesablanmış və onların dəyişmə qanunauyğunluqları da təhlil edilmişdir. Alınan əsilliqlərin riyazi modellərinin köməyi ilə hasilatın sulaşmadan asılı dəyişmə tempi qiymətləndirilmişdir. Aparılan tədqiqatların nəticələri sulaşmanın hədd qiymətinin müəyyən edilməsi və debitlər qiymətlərinin etibarlı proqnozunun verilməsinə imkan yaradır.

Estimation of existing production capacity during operation in conditions of high watercut

M.N. Shikhiyev, Cand. in Tech. Sc.<sup>1</sup>, I.Z. Ahmedov, Cand. in Tech. Sc.<sup>2</sup>, S.E. Tagiyeva, Cand. in Tech. Sc.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>"Azerbaijan Oil Industry" journal,

<sup>2</sup>Oil-Gas Scientific Research Project Institute

**Keywords:** production capacity, oil well pump, oil and water rates, watercut.

The paper studies the estimation of existing production capacity of the wells operated via oil well pumps in conditions of high watercut. Production parameters are of great importance during the increase of production and efficiency of using well stock, particularly, in the last stages of field development. In this view, based on the actual field data, the values of oil and water rates of the wells operated from one object have been analyzed, as well as the distribution of rates by actual watercut diapason developed. The change rate of oil and water output depending on the watercut have been calculated based on mathematical models. The research results allow specifying the limit values of watercut, as well as contribute to trustworthy prediction of oil flow rate of the wells and development by the groups and whole well stock of producing wells.

Поздняя стадия разработки месторождений, характеризуется высокой обводненностью добываемой продукции, приводящей к значительному снижению добычи нефти и связанном с этим последствиям. Независимо от причин притока воды к забоям скважин, обводнение уменьшает конечную нефтеотдачу, ведет к большому непроизводственным затратам на добычу, транспорт и подготовку воды, на мероприятия против коррозии оборудования и отложения солей. При этом также неэкономично расходуется и пластовая энергия, снижая в целом эффективность разработки залежи.

Предупреждение или ограничение обводнения скважин является актуальной проблемой эксплуатации, в особенности на поздних стадиях разработки месторождений [1–3]. К таким относятся и большинство месторождений Производственного объединения "Азнефть". В настоящее время средняя обводненность продукции, добываемой на суше, выше 90 %, а на морских месторождениях – сравнительно ниже. Поэтому рациональная разработка и эксплуатация таких месторождений, а также эффективное использование фонда добывающих скважин имеет большое теоретическое и практическое значение. Для решения этой задачи необходим регулярный системный анализ, который позволит оценить текущее состояние эксплуатации всего фонда скважин и получить надежные прогнозы добычных возможностей [4–6].

В связи с вышесказанным, на основе анализа фактической промышленной информации, оценены основные добычные показатели фонда скважин месторождения Балаханы-Сабун-

чу-Рамана [7]. Это месторождение, находящееся на поздней стадии разработки, эксплуатируется скважинными штанговыми насосами (СШН), характеризуется низкими значениями дебитов нефти и очень высокой обводненностью добываемой продукции. Так, обзор промысловых данных показывает, что дебит нефти по всем рассматриваемым скважинам меняется в пределах 0.1–4 т/с при среднем его значении 0.8 т/с, дебит воды составляет 0.2–50 м<sup>3</sup>/с со средним значением 8 м<sup>3</sup>/с. При этом обводненность по некоторым скважинам достигает почти 99 %, со средним значением 81 %. Для большей наглядности были построены графики статистического распределения значений обводненности по скважинам. Гистограмма фактического распределения значений обводненности продукции показана на рис. 1. Как видно из графика, полученное распределение носит резко асимметричный характер, т.е. очень малое количество скважин эксплуатируется с низкой обводненностью, а наибольшее количество – с очень высокой.

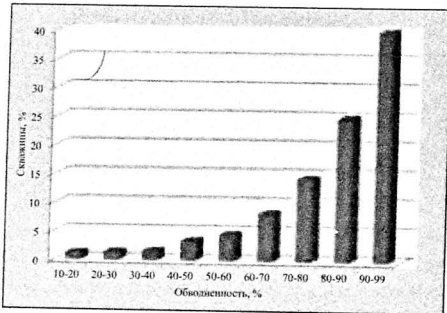


Рис. 1. Распределение значений обводненности по скважинам

Функция этого распределения с очень высокой точностью может быть описана нижеследующим уравнением:

$$n(s) = 0.9901s^2 - 5.6322s + 7.9193,$$

где  $n$  – количество скважин, %,  $s$  – обводненность, %.

Анализ распределения показывает, что более 92 % скважин попадают в интервал обводненности более 50 %, и почти 65 % скважин – в интервал более 80 %. Это еще раз подтверждает очень высокий уровень обводненности всего добывающего фонда скважин.

Далее, с учетом фактически полученного распределения обводненности по скважинам, с целью определения дебитов нефти и воды по данному диапазону значений обводненности, были проанализированы изменения величины дебитов нефти и воды по выбранным интервалам обводненности. При этом были рассчитаны средние значения дебитов нефти и воды по группам скважин с обводненностью продукции в диапазоне 10–100 %.

На основе полученных результатов были построены графики распределения дебитов нефти и воды по интервалам обводненности (рис. 2).

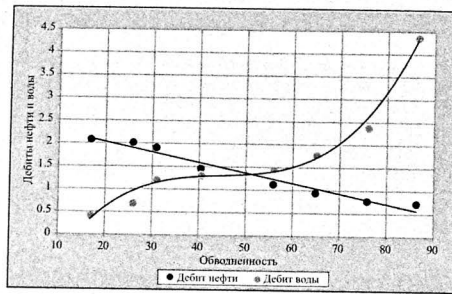


Рис. 2. Распределение дебитов нефти и воды по интервалам обводненности

Как видно из графиков, с ростом обводненности в рассматриваемом диапазоне дебит нефти уменьшается примерно с 2 т/с до 0.7 т/с, а значения дебита воды, наоборот, увеличиваются от 0.4 м<sup>3</sup>/с до 4.4 м<sup>3</sup>/с, а в интервале значений обводненности выше 90 % дебит воды достигает около 16 м<sup>3</sup>/с (на графике данная точка не показана). При этом в скважинах с обводненностью до 75 % происходит плавный рост дебитов воды от 0.4 м<sup>3</sup>/с до 2.4 м<sup>3</sup>/с, а затем резкий рост дебита воды наблюдается в скважинах с обводненностью более 80 %, где её дебит скачкообразно увеличивается в несколько раз.

На основе численных данных получены математические модели, с достаточно высокой точностью описывающие эти зависимости. Так для функции распределения дебитов нефти  $q_n$  получено линейное уравнение вида:

$$q_n = 2.448 - 0.022s.$$

Для распределения дебитов воды  $q_v$  в диапазоне обводненности до 90 % почти со 100 %-й точностью получено кубическое урав-

нение вида:

$$q_v = 4 \cdot 10^{-5}s^3 - 0.0053s^2 + 0.2425s - 2.4744.$$

Сравнительный анализ этих зависимостей и соответствующих уравнений показывает, что на каждые 10 % роста обводненности темп уменьшения дебита нефти составляет в среднем около 0.22 т/с, а темп роста дебита воды – 2.6 м<sup>3</sup>/с. Это означает, что опережающий рост дебитов воды относительно дебитов нефти на каждые 10 % увеличения обводненности равен 10, т.е. видно 10-кратное превышение темпа дебитов воды над дебитами нефти. С использованием этих уравнений в практических условиях с достаточно высокой точностью можно спрогнозировать дебиты нефти и воды по всему диапазону обводненности.

Далее, с целью прогноза и оценки добычи нефти и воды всех скважин по диапазону обводненности, проанализирована также и суточная добыча по группам скважин, попадающих в выбранные интервалы обводненности. По результатам проведенных расчетов построены графики распределения фактических значений добычи нефти и воды к общей добыче по всем выбранным интервалам обводненности (рис. 3). Здесь точки по добыче воды, соответствующие высоким интервалам 80–99 % не показаны.

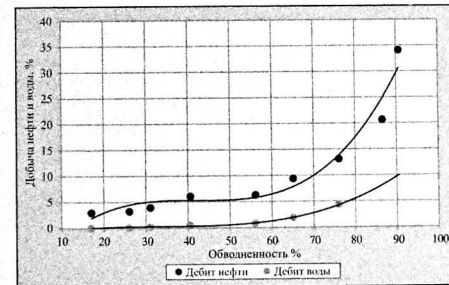


Рис. 3. Распределение добычи нефти и воды по интервалам обводненности

Как видно из распределений, в соответствии с текущими условиями эксплуатации, группы скважин с высокими значениями обводненности добывают большее количество нефти и воды. Анализ промысловых данных показывает, что, несмотря на маленькие значения дебитов нефти, попадающие в интервалы с высокой обводненностью, их большое количество

обуславливает соответственно и большую точную добычу нефти. Так, например, только 22 % всей добычи добывается 7.7 % скважинами с обводненностью продукции до 50 %, а большая часть (78 %) всей добычи приходится на остальные 92.3 % скважин с обводненностью от 50 до 99 %.

Как видно из графика распределения, максимальная добыча нефти – более 34 % приходится на группу скважин с максимальным интервалом значений обводненности. Согласно рис. 1, количество скважин, эксплуатирующихся в этом интервале, также максимально и составляет 40 % всего фонда скважин. Аналогичным образом можно судить и о распределении добычи воды по скважинам, входящим в группы с различными интервалами обводненности продукции. Здесь также наблюдается рост добычи воды по интервалам обводненности. Так, например, в отличие от распределения добычи нефти, в интервалах обводненности 10–90 % наблюдается очень плавный рост добычи воды в пределах 0.34–14.4 %, а затем происходит резкий ее рост – больше 74 % от общей добычи воды по всему фонду скважин. Такой характер распределения добычи воды объясняется многократным превышением дебитов воды относительно дебитов нефти в группах скважин, эксплуатируемых в интервалах обводненности выше 70 %.

Для рассматриваемых условий эксплуатации и в данных диапазонах изменения анализируемых показателей, получены следующие математические модели для добычи нефти  $Q_n$  и воды  $Q_v$  по интервалам обводненности:

$$Q_n = 0.0002s^3 - 0.0288s^2 + 1.2055s - 11.329,$$

$$Q_v = 5 \cdot 10^{-5}s^3 - 0.0057s^2 + 0.1978s - 2.0027.$$

С помощью этих формул, в практических условиях, с достаточно высокой точностью можно дать прогнозные оценки добычи нефти и воды по группам скважин, в соответствии с интервалами всего диапазона обводненности. Таким образом, наличие информации о фактическом вкладе в общую добычу различных по обводненности групп скважин позволяет, во-первых, оценить добычные возможности всего фонда, во-вторых, выработать общую стратегию эксплуатации в целом, а также по отдельным группам скважин.

В соответствии с результатами проведенных

исследований, с учетом условий эксплуатации данного месторождения, следует указать на необходимость осуществления мероприятий по ограничению обводнения пластов и скважин, увеличению дебитов нефти, а также повышению эффективности использования всего фонда скважин в целом. Наряду с этим целесообразно проведение наиболее эффективных технических и геолого-технических мероприятий отдельно для одной скважины или группы скважин, с целью установления более равномерного распределения добычи нефти по всем скважинам, ограничению добычи больших объемов воды и как следствие – возможного уменьшения больших материальных, трудовых и временных затрат.

В заключение следует отметить, что все вышеописанные исследования были проведены на основе фактических диапазонов изменения значений промысловых данных рассматриваемого месторождения и поэтому полученные результаты также могут быть применимы к условиям технологического режима эксплуатации данного месторождения и могут отличаться в зависимости о конкретных технологических условий эксплуатации скважин. Простота и отсутствие необходимости проведения дополнительных промысловых мероприятий обуславливают возможность применения вышеописанного подхода для решения задач по

оценке добычных возможностей и выявления закономерностей распределения добычи по фонду скважин в условиях высокой обводненности на длительно разрабатываемых месторождениях.

### Выводы

1. Установлено резко асимметричное распределение обводненности по скважинам, т.е. подавляющее количество скважин работают в максимальных интервалах обводненности.
2. Темп роста дебитов воды по диапазону обводненности в 10 раз превышает темп изменения дебитов нефти.
3. Установлено неравномерное распределение добычи нефти по группам скважин с различной обводненностью. Так, 78 % общей добычи приходится на скважины, работающие в диапазоне обводненности 60–99 %.
4. Получены математические модели изменений дебитов нефти и воды, а также добычи нефти и воды, позволяющие прогнозирование их значений по всему диапазону обводненности.
5. Необходимо проведение мероприятий по ограничению обводнения залежи в целом, а также мероприятий по увеличению добычи индивидуально по группам и отдельным скважинам.

### Список литературы

1. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. – М.: Изд. "Нефть и газ", РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2003, с. 816.
2. Лысенко В.Д., Грайфер В.И. Рациональная разработка нефтяных месторождений. – М.: Недра, 2005, 602 с.
3. Галиямов М.И., Рахимкулов Р.Ш. Повышение эффективности месторождений. – М.: Недра, 1978, 207 с.
4. Гусейнов Г.Г., Ахмедов И.З., Тагиева С.Э. Учет обводненности при увеличении коэффициента продуктивности пласта // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2017, № 3, с. 30-34.
5. T.V. Mustafayev, I.Z. Əhmədov, F.Q. Seyfiyev. Madən məlumatı əsasında quyu ştanqlı nasosların istismarının səmərəliliyinin artırılması imkanlarının tədqiqi // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2014, № 12, s. 30-31.
6. Ахмедов И.З., Тагиева С.Э. Рациональное регулирование отбора жидкости при эксплуатации высокообводненных скважин // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2016, № 2, с. 25-30.
7. www.socar.az

### References

1. Mishchenko I.T. Skvazhinnaya dobycha nefli. – M.: Izd. "Nef' i gaz", RGU nefli i gaza im. I.M. Gubkina, 2003, s. 816.
2. Lysenko V.D., Graifer V.I. Ratsional'naya razrabotka neflyanykh mestorozhdeniy. – M.: Nedra, 2005, 602 s.
3. Galyamov M.I., Rakhimkulov R.Sh. Povysheniye effektivnosti ekspluatatsii neflyanykh skvazhin na pozdneye stadii razrabotki mestorozhdeniy. – M.: Nedra, 1978, 207 s.
4. Guseynov G.G., Akhmedov I.Z., Tagiyeva S.E. Uchyot obvodnyonosti pri uvelichenii koeffitsienta produktivnosti plasta // Azerbaidzhanskoe neflyanoe khozaistvo, 2017, No 3, s. 30-34.
5. T.V. Mustafayev, I.Z. Ahmədov, F.Q. Seyfiyev. Meden məlumatları əsasında quyu shtanqlı nasoslarnı istismarının səmərəliliyinin artırılması imkanlarının tədqiqi // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2014, No 12, s. 30-31.
6. Akhmedov I.Z., Tagiyeva S.E. Ratsional'noe regulirovanie otbora zhidkosti pri ekspluatatsii vysokoobvodnyonnykh skvazhin // Azerbaidzhanskoe neflyanoe khozaistvo, 2016, No 2, s. 25-30.
7. www.socar.az