

УДК 622.276, 519.816

DOI: [10.26102/2310-6018/2022.37.2.018](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2022.37.2.018)

## Оценка эффективности разработки нефтегазовых месторождений с помощью экспертных методов

А.У. Хафизова✉, В.А. Латыпова

*Уфимский государственный авиационный технический университет,  
Уфа, Российская Федерация  
[insp8@mail.ru](mailto:insp8@mail.ru)*

**Резюме.** В настоящий момент большую значимость приобретают проблемы оценки разработки нефтегазовых месторождений. При мониторинге реализации стратегии развития нефтяной промышленности используются несколько показателей по направлениям развития отрасли. Так как различные показатели объектов относятся к различным проблемам нефтяной промышленности, подытожить эти данные без специального инструментария становится невозможным. В разработке нефтегазовых месторождений для принятия решений индивидуальные оценки экспертов эффективности не помогут. Это связано с тем, что у специалистов, которые оценивают показатели, разные ожидания. Из чего можно заключить, что данная ситуация является причиной столкновения интересов при рассмотрении разработки месторождений. В этой ситуации возникает потребность получения интегральной оценки. В статье описана предлагаемая модель оценки эффективности разработки месторождения на основе расчета интегрального показателя с использованием экспертных методов. Разработанная модель позволяет повысить эффективность принятия решения при управлении нефтегазовыми месторождениями. Она информирует специалистов нефтегазового дела, имеет ли смысл дальнейшая разработка нефтегазового месторождения. Модель апробирована на примере Северо-Ингольского, Зимнего, Орехово-Ермаковского, им. Александра Жагрина месторождений в ПАО «Газпром нефть», предполагается дальнейшая реализация в виде модуля в системе «Интеграционная система долгосрочного развития».

**Ключевые слова:** разработка месторождения, оценка эффективности, интегральный показатель эффективности, экспертный метод, нефтегазовое месторождение.

**Для цитирования:** Хафизова А.У., Латыпова В.А. Оценка эффективности разработки нефтегазовых месторождений с помощью экспертных методов. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2022;10(2). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1183>  
DOI: 10.26102/2310-6018/2022.37.2.018

## Evaluation of the efficiency of oil and gas field development using expert methods

A.U. Khafizova✉, V.A. Latypova

*Ufa State Aviation Technical University,  
Ufa, Russian Federation  
[insp8@mail.ru](mailto:insp8@mail.ru)*

**Abstract.** Nowadays, the problems of assessing the development of oil and gas fields are becoming increasingly important. When monitoring the implementation of the strategy for the development of the oil industry, several indicators are used in the areas of development of the industry. Since different indicators of objects relate to different problems of the oil industry, it appears to be impossible to summarize these data without special tools. In the development of oil and gas fields for decision-making, individual assessments of efficiency experts will not help due to the fact that specialists who evaluate performance have different expectations. Therefore, it can be concluded that such situation is the cause

of a conflict of interest when considering the development of deposits. In this situation, there is a need to obtain an integral estimate. The article describes the proposed model for evaluating the efficiency of field development based on the calculation of an integral indicator by means of expert methods. The developed model enables the increase of decision-making efficiency in the management of oil and gas fields. The model was tested on the example of Severo-Ingolsky, Zimny, Orekhovo-Ermakovskoye, Alexander Zhagrin fields in Gazprom Neft, further implementation is expected as a module in the Integration system for long-term development system.

**Keywords:** field development, efficiency assessment, integrated performance indicator, expert method, oil and gas field.

**For citation:** Khafizova A.U., Latypova V.A. Evaluation of the efficiency of oil and gas field development using expert methods. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2022;10(2). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1183> DOI: 10.26102/2310-6018/2022.37.2.018 (In Russ.).

## Введение

Проблемы технической оценки разработки нефтегазовых объектов, например, таких как разведанные месторождения / активы либо перспективные участки, приобретает в наши дни все большую значимость. Активы – одно или несколько месторождений и / или лицензионных участков, с существующими на них объектами инфраструктуры, сгруппированные по определенному принципу. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений представлены в работе [1].

Для контроля разработкой месторождений нефти и газа большое значение имеют производственные показатели объектов разработки. Основными производственными показателями разработки являются: добыча углеводородов, добыча жидкости, обводненность и т. д. Так как различные показатели объектов относятся к различным проблемам нефтяной промышленности, подытожить эти данные без специального инструментария становится невозможным.

Притом иногда эксперты в нефтегазовой промышленности имеют цели достичь максимальные значения сразу в нескольких показателях. С помощью этих показателей можно посмотреть на эффективность разработки нефтегазового месторождения с различных сторон, а также показатели могут конфликтовать друг с другом.

Изначально при оценке проектов (совокупности всех показателей для кустов, т. е. групп скважин) специалистами задаются различные цели, результаты которых после их достижения не всегда имеют очевидный характер.

Частные оценки эффективности не помогут в принятии решений в разработке нефтегазового месторождения. Это связано с тем, что специалисты, оценивающие показатели, имеют разные намерения и интересы. Таким образом, данная ситуация является причиной конфликтов при рассмотрении разработки месторождений. В этой ситуации возникает необходимость получения интегральной оценки.

Цель исследования – повысить эффективность принятия решений при управлении разработкой нефтегазовых месторождений.

Задачи исследования:

- проанализировать существующие модели оценки эффективности разработки нефтегазовых месторождений;
- разработать модель оценки эффективности разработки месторождения на основе расчета интегрального показателя с использованием экспертных методов;
- провести апробацию модели в нефтегазовой компании ПАО «Газпром нефть».

## Материалы и методы исследования

### Существующие модели оценки эффективности разработки месторождения

В работе [2] анализируется экономическая эффективность разработки месторождения, следовательно были рассмотрены такие показатели, как чистый доход, внутренняя норма рентабельности, срок окупаемости инвестиций, индекс доходности дисконтированных инвестиций, индекс доходности дисконтированных затрат. Целью экономической оценки Тихомировского месторождения является определение суммы прибыли от реализации углеводородов после проведения рекомендуемых мероприятий, предназначенных для наиболее полного извлечения имеющихся запасов нефти и газа при высоких экономических результатах.

В работе же [3] варианты разработки можно охарактеризовать тремя основными показателями: уровнем добычи нефти, экономическими показателями разработки месторождения углеводородного сырья и коэффициентом извлечения нефти.

В работе [4] определяется эффективность применения гидравлического разрыва пласта на объекте разработки, а в работах [5] и [6] анализируется эффективность геолого-технических мероприятий.

В статье [7] для повышения эффективности разработки используются цифровые информационные системы: для расчета эффективности разработан модуль, позволяющий оценить влияние первичного и повторного многостадийного гидравлического разрыва пласта.

В [8] работе рассматривается модель исследования нефтяных скважин с использованием нейронных сетей и прогнозирования в среде Matlab. В качестве методов обучения рассматриваются алгоритм Левенберга-Марквардта и метод градиентного спуска.

Несмотря на обширные исследования, проблема субъективного подхода в оценке эффективности разработки месторождения остается.

### Модель оценки эффективности разработки месторождения на основе расчета интегрального показателя с использованием экспертных методов

Для оценки эффективности разработки месторождения строится математическая модель, которая разрабатывается по данному алгоритму [9]:

1. определить показатели эффективности;
2. определить вид свертки показателей в интегральный;
3. определить вес показателей;
4. определить итоговую формулу расчета интегрального показателя эффективности;
5. определить способ нормирования абсолютных фактических значений показателей.

В настоящее время разработку месторождений можно охарактеризовать рядом показателей, которые рассчитываются по данным, полученным и накопленным в процессе работы этих месторождений.

Рассмотрим показатели подробнее:

- 1) добыча углеводородов – показатель является суммой добычи нефти, добычи газоконденсата, добычи природного газа и добычи попутного нефтяного газа, тыс. т. ( $P_1$ );
- 2) добыча жидкости – добыча водонефтяной смеси за определенный период времени, тыс. т. ( $P_2$ );
- 3) обводненность – объемная доля воды в жидкости, добываемой из скважины, % ( $P_3$ );

4) закачка воды – закачка воды в пласт для поддержания пластового давления, отражает величину объема воды, закаченной в пласт, тыс. т. (P<sub>4</sub>);

5) среднедействующий фонд скважин (всего) – отражает среднее количество скважин в действующем фонде, является суммой среднедействующего фонда нагнетательных скважин, среднедействующего фонда нефтяных скважин и среднедействующего фонда газовых скважин (P<sub>5</sub>);

6) итого сдача скважин – отражает количество скважин, введенных из эксплуатационного бурения за определенный период времени (P<sub>6</sub>);

7) ГРП (гидравлический разрыв пласта) на скважинах из бурения, на пробуренных скважинах, которые еще не работали (P<sub>7</sub>);

8) количество операций ГТМ (геолого-технические мероприятия) – количество таких операций как реззки, углубления, а также количество неуспешных мероприятий и т. д. (P<sub>8</sub>);

9) количество операций базовых КРС (капитальный ремонт скважин) – показатель отражает количество нефтяных газовых и нагнетательных скважин с капитальным ремонтом (P<sub>9</sub>);

10) количество операций ПРС (подземный ремонт скважин) – показатель отражает сумму количества не инвестиционных операций (на поддержание скважины) и инвестиционных операций (на развитие скважины) (P<sub>10</sub>).

В математическую модель, предложенную в работе [9], внесены корректировки:

1. Для оценки эффективности вместо мультипликативной сверстки выбрана аддитивная, где взвешенные показатели будут складываться, а не перемножаться.

2. Чтобы использовать для расчетов не абсолютные значения критериев, а относительные, нужно пронормировать критерии. Для нормирования значений показателей будем пользоваться формулой:

$$t_i = \frac{\Gamma_{\text{факт}i}}{\Gamma_{\text{max}i}}, \quad (1)$$

где  $t_i$  – нормированное значение  $i$ -го показателя,  $\Gamma_{\text{факт}i}$  – фактическое значение  $i$ -го показателя,  $\Gamma_{\text{max}i}$  – максимальное значение  $i$ -го показателя.

Для получения данных, применяемых при построении модели, используется заочное анкетирование с обратной связью. Экспертами выступали тестировщик, программист и технический лидер команды разработки системы «Интеграционная система долгосрочного развития» (ИСДР), где формируются варианты развития месторождений / активов.

В Таблице 1 представлены максимальные значения, полученные от экспертов.

Таблица 1 – Значения, полученные от экспертов

Table 1 – Values received from experts

Эксперт, №	Показатель									
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>	
1	5200	6700	6000	3900	830	28	429	880	1120	
2	5000	6300	6090	3870	790	32	480	875	980	
3	4850	7100	5980	2927	795	23	420	910	1050	

Веса показателей определяются на основе их ранжирования экспертами. Формула расчета интегрального показателя эффективности разработки месторождения имеет следующий вид:

$$T = 0,17t_1 + 0,16t_2 + 0,15t_3 + 0,096t_4 + 0,057t_5 + 0,09t_6 + 0,13t_7 + 0,07t_8 + 0,04t_9 + 0,03t_{10} \quad (2)$$

### Описание эксперимента и используемое программное обеспечение

Предлагаемая модель оценки эффективности разработки месторождения прошла апробацию в ПАО «Газпром нефть». ПАО «Газпром нефть» – это вертикально интегрированная нефтяная компания, которая входит в тройку крупнейших нефтедобывающих предприятий России.

Фактические значения показателей эффективности разработки месторождений получены с помощью системы ИСДР. Система ИСДР будет введена в промышленную эксплуатацию в десяти дочерних обществах «Газпром нефти».

Организационный объем проекта:

- ПАО «Газпром Нефть» – КЦ,
- АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз»,
- ООО «Газпром нефть-Ямал»,
- АО «Мессояханефтегаз»,
- ООО «Газпромнефть-Хантос»,
- ООО «Газпромнефть-Восток»,
- ООО «Газпромнефть-Оренбург»,
- ПАО «Славнефть-Мегионнефтегаз»,
- ООО «Газпромнефть-Заполярье»,
- ООО «Меретояханефтегаз».

У системы несколько целей и задач:

- возможность автоматического / автоматизированного сбора всех необходимых данных;
- автоматизированное формирование отчетов и графиков в требуемых шаблонах и форматах;
- обеспечение унификации подходов к расчетам и формированию прогнозов технико-экономических показателей;
- обеспечение возможности получения необходимых данных внешними системами / потребителями информации.

Система позволяет получить показатели, представленные на Рисунке 1 (данные скрыты в связи с конфиденциальностью информации).

Данные для расчета интегрального показателя были взяты по таким месторождениям, как Северо-Ингольское, Зимнее, Орехово-Ермаковское, им. Александра Жагрина.

В будущем планируется реализовать предлагаемую модель оценки в виде модуля в систему ИСДР. На Рисунке 1 представлена экранная форма прототипа модернизированной системы после реализации данного модуля.

### Результаты и обсуждения

Полученные в результате апробации модели интегральные показатели для месторождений представлены в Таблице 2.

#	Показатели	Ед.изм	Итого, 2020—2080	2020
1	Добыча нефти			
1	Добыча нефти	тыс. т		
1.1	Базовая добыча нефти	тыс. т		
1.2	Дополнительная добыча нефти	тыс. т		
2	Выработанность запасов	%		
3	Реализация нефти	тыс. т		
4	Добыча попутного газа	млн м <sup>3</sup>		
4.1	Использование ПНГ	тыс. т		
4.1	Процент использования ПНГ	тыс. т		
4.1	Реализация ПНГ	тыс. т		
4.1	Использование ПНГ на собственные нужды	тыс. т		
4	Добыча попутного газа	млн м <sup>3</sup>		
4	Добыча попутного газа	млн м <sup>3</sup>		
<b>Интегральный показатель</b>				

Рисунок 1 – Прототип  
Figure 1 – Prototype

Таблица 2 – Интегральные показатели для месторождений  
Table 2 – Integral indicators for fields

Месторождение	Интегральный показатель
Северо-Ингольское	0,31
Зимнее	0,62
Орехово-Ермаковское	0,49
Им. Александра Жагрина	0,36

Интегральная оценка рассчитана на примере одного из учетных периодов.

В Таблице 2 выделены месторождения с низкой интегральной оценкой, соответствующей оценке «плохо» по шкале Харрингтона, представленной в работе [10]. Таким образом, подсчет интегрального показателя позволил оценить месторождения и выявить неэффективность их разработки.

### Заключение

В результате выполнения исследования получены следующие результаты:

– проанализированы существующие модели оценки эффективности разработки нефтегазовых месторождений;

– создана модель оценки эффективности разработки нефтегазовых месторождений на основе расчета интегрального показателя с помощью экспертных методов;

– проведена апробация в ПАО «Газпром нефть».

Разработанная модель позволяет повысить эффективность принятия решения при управлении месторождениями. Модель апробирована на примере Северо-Ингольского,



Зимнего, Орехово-Ермаковского, им. Александра Жагина месторождений в ПАО «Газпром нефть», предполагается дальнейшая реализация в виде модуля в системе ИСДР. Для оценки эффективности разработки месторождения рассчитывается интегральный показатель эффективности, который информирует специалистов нефтегазового дела, имеет ли смысл дальнейшая разработка месторождения.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ладенко А.А., Савенок О.В. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений. *Инфра-Инженерия*. 2020:244.
2. Шиян С.И., Медведева Е.В., Кусов Г.В. Анализ показателей экономической эффективности разработки Тихомирского месторождения. *Севергеоэкотех*. 2021. Доступно по: [www.ugtu.net/science/collection](http://www.ugtu.net/science/collection).
3. Терегулов Р.А. Обоснование выбора оптимального варианта разработки нефтяного горизонта с применением интегрального показателя. *Современные технологии в нефтегазовом деле*. 2020:178–181.
4. Фазульянов Ф.Я. Анализ эффективности применения гидравлического разрыва пласта на объекте разработки Ю1 Урненского месторождения. *Студенческий вестник: электрон. научн. журн.* 2021;20(165). Доступно по: <https://studvestnik.ru/journal/stud/herald/165>.
5. Мухтаруллин И.Ф., Ябирова Р.З., Владимиров В.В. Прогноз уровней добычи и оценка эффективности геолого-технических мероприятий на основе аналитических методов. *Георесурсы*. 2010;1(33):42–43.
6. Толстоногов А.А. Оценка эффективности геолого-технических мероприятий в области нефтедобычи. *Фундаментальные исследования*. 2014;11:150–154.
7. Studinsky R., Zulkarniev R., Asmandiyarov R., Vorobyov D. The use of digital information systems to improve the efficiency of field development using horizontal wells. *Horizontal Wells*. 2019. DOI 10.3997/2214-4609.201901859.
8. Mokshin V., Kurbanov B., Tukhbatullin T., Khanova Z. Research of methods for predicting performance indicators on the example of an oil field. *Proceedings of ITNT*. 2021;7. DOI 10.1109/ITNT52450.2021.9649222.
9. Латыпова В.А. Оценка эффективности процесса обучения при наличии сложных открытых задач с помощью экспертных методов. *Инженерный вестник Дона*. 2016;1. Доступно по: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3540](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3540).
10. Постников В.М., Спиридонов С.Б. Подход к расчёту весовых коэффициентов ранговых оценок экспертов при выборе варианта развития информационной системы. *Наука и образование: электронное научно-техническое издание*. 2013;8:395–412.

### REFERENCES

1. Ladenko A.A., Savenok O.V. Theoretical foundations for the development of oil and gas fields. *Infra-Inzheneriya = Infra Engineering*. 2020:244. (In Russ.)
2. Shiyan S.I., Medvedeva E.V., Kusov G.V. Analysis of indicators of economic efficiency of the development of the Tikhomirskoye field. *Severgeoekotekh = Severgeoekotekh*. 2021. Available from: [www.ugtu.net/science/collection](http://www.ugtu.net/science/collection) (In Russ.)
3. Teregulov R.A. Substantiation of the choice of various options for the development of the oil horizon with a combination of indicators. *Sovremennyye tekhnologii v neftegazovom dele = Modern technologies in the oil and gas business*. 2020: 178–181. (In Russ.)
4. Fazulyanov F.Ya. Analysis of the effectiveness of the use of hydraulic fracturing at the development site Yu1 of the Urnenskiy field. *Studencheskiy vestnik: elektron. nauchn.*

- zhurn = Student Bulletin: electron. scientific journal.* 2021;20(165). Available at: <https://studvestnik.ru/journal/stud/herald/165>. (In Russ.)
5. Mukhtarullin I.F., Yabirov R.Z., Vladimirov V.V. Forecast of production levels and evaluation of the effectiveness of geological and technical measures based on analytical methods. *Georesursy = Georesources.* 2010;1(33):42–43. (In Russ.)
  6. Tolstonogov A.A. Evaluation of the effectiveness of geological and technical measures in the field of oil production. *Fundamental'nyye issledovaniya = Basic research.* 2014;11:150–154. (In Russ.)
  7. Studinsky R., Zulkarniev R., Asmandiyarov R., Vorobyov D. The use of digital information systems to improve the efficiency of field development using horizontal wells. *Horizontal wells.* 2019. DOI 10.3997/2214-4609.201901859.
  8. Mokshin V., Kurbanov B., Tukhbatullin T., Khanova Z. Research of methods for predicting performance indicators on the example of an oil field. *Proceedings of ITNT.* 2021;7. DOI 10.1109/ITNT52450.2021.9649222.
  9. Latypova V.A. A learning efficiency assessment in case of complex open ended assignments using expert methods. *Inzhenernyy vestnik Dona = Don Engineering Gazette.* 2016; 1. Available from: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2016/3540](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2016/3540). (In Russ.)
  10. Postnikov V.M., Spiridonov S.B. An Approach to Calculating Weight Coefficients of Experts' Rank Estimates When Choosing an Information System Development Option. *Nauka i obrazovaniye: elektronnoye nauchno-tekhnicheskoye izdaniye = Science and education: electronic scientific and technical edition.* 2013;8:395–412. (In Russ.)

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Латыпова Виктория Александровна**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем управления, Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.  
*e-mail:* [yikvaphoto@yandex.ru](mailto:yikvaphoto@yandex.ru)  
ORCID: [0000-0003-3063-105X](https://orcid.org/0000-0003-3063-105X)

**Viktoriya A. Latypova**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Automated Management Systems, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.

**Хафизова Аида Ураловна**, Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.  
*e-mail:* [insp8@mail.ru](mailto:insp8@mail.ru)

**Aida U. Khafizova**, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 06.05.2022; одобрена после рецензирования 22.06.2022; принята к публикации 27.06.2022.*

*The article was submitted 06.05.2022; approved after reviewing 22.06.2022; accepted for publication 27.06.2022.*