

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОПОСТАВЛЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕИЗВЛЕЧЕНИЯ

Е.Д. Подымов

Институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть», Бугульма, Россия

Предложен методический подход к сопоставлению технологий увеличения нефтеизвлечения на основе обобщения данных их реализации. Результатом сопоставления является ранжирование технологий в порядке убывания показателей технологической и экономической привлекательности. Приведены рекомендации по их определению. Обсуждаются особенности определения показателей привлекательности в условиях ПАО «Татнефть». Показано, что лучшие по экономической привлекательности технологии вовсе не оказываются лучшими по технологической привлекательности. Даны рекомендации по подготовке данных для расчётов. Приведены результаты ранжирования для группы технологий, предназначенных для решения одной из распространённых задач разработки залежей нефти. Представляется целесообразным сопоставление технологий выполнять на основе более глубокой оценки результатов мероприятий, чем отражено в отчётности.

Ключевые слова: привлекательность технологий увеличения нефтеизвлечения, ранжирование технологий увеличения нефтеизвлечения.

DOI: 10.18599/grs.18.3.5

Для цитирования: Подымов Е.Д. Методический подход к сопоставлению технологий увеличения нефтеизвлечения *Георесурсы*. 2016. Т. 18. № 3. Ч. 1. С. 171-174. DOI: 10.18599/grs.18.3.5

ПАО «Татнефть» располагает широким спектром различных технологий увеличения нефтеизвлечения, осуществляемых через нагнетательные и добывающие скважины. Выбор технологий для использования во многом определяется информацией о предшествующем опыте их реализации, хранящейся в базе данных D11.dbf ООО «ТатАСУ» по каждому мероприятию. Целью настоящей работы является упорядочение методического подхода к сопоставлению технологий (характеризующихся средними результатами совокупности мероприятий) по этим данным. Подход также справедлив и в случае собственных оценок результатов мероприятий.

Для сопоставления характеристик эффективности и определения лучших технологий предлагается использовать показатели технологической привлекательности (более справедливый в аспекте обеспечения текущей дополнительной добычи нефти) и экономической привлекательности (более интересный в аспекте обеспечения заданной доходности инвестиций). Экономическая привлекательность является менее строгой, поскольку при её оценке используются дополнительные данные, имеющие собственную погрешность определения (затраты на мероприятие, дополнительная добыча нефти за срок проявления эффекта, зависящая от продолжительности эффекта, которая, в свою очередь, не свободна от обязательств по выполнению инвестиционной программы). Выбор вида привлекательности зависит от решаемой анализирующим задачи.

Показатель технологической привлекательности рассчитывается по формуле (1):

$$P_T = H \cdot K_{TV} \cdot \log M_T, \quad (1)$$

где P_T – показатель технологической привлекательности, ед.; H – относительное увеличение дебита нефти за счёт мероприятия, ед.; K_{TV} – коэффициент технологической успешности, ед.; $\log M_T$ – логарифм количества мероприятий, рассматривавшихся для определения технологической привлекательности, ед.

Коэффициент технологической успешности рассчитывается по формуле (2):

$$K_{TV} = \frac{M_D}{M_T}, \quad (2)$$

где K_{TV} – коэффициент технологической успешности, ед.; M_D – количество мероприятий с относительным приростом дебита нефти, превышающим пороговый, ед.; M_T – общее количество мероприятий, рассматривавшихся для определения технологической привлекательности, ед.

Показатель экономической привлекательности рассчитывается по формуле (3):

$$P_Э = P \cdot K_{ЭУ} \cdot \ln M_Э, \quad (3)$$

где $P_Э$ – показатель экономической привлекательности, ед.; P – рентабельность мероприятия, %; $K_{ЭУ}$ – коэффициент экономической успешности, ед.; $\ln M_Э$ – натуральный логарифм количества мероприятий, рассматривавшихся для определения экономической привлекательности.

Коэффициент экономической успешности рассчитывается по формуле (4):

$$K_{ЭУ} = \frac{M_P}{M_Э}, \quad (4)$$

где $K_{ЭУ}$ – коэффициент экономической успешности, ед.; M_P – количество мероприятий с рентабельностью, превышающей пороговую, ед.; $M_Э$ – общее количество мероприятий, рассматривавшихся для определения экономической привлекательности, ед.

Рентабельность, используемая в качестве основного показателя экономической эффективности, определяется по общеизвестному порядку.

Затраты на мероприятия прошлых лет реализации приводятся к номинации года анализа по формуле (5):

$$Z = Z_t \cdot I_{t_M+1} \cdot I_{t_M+2} \cdot \dots \cdot I_{t_A}, \quad (5)$$

где Z – затраты на мероприятие, приведенные к году анализа, р.; t_M – год мероприятия; t_A – год анализа; Z_t – затра-

ты на мероприятие в год его проведения, p ; I_t – среднегодовые индексы инфляции, ед.

Технологии ранжируются сообразно показателю привлекательности.

Процедура формирования обобщенных представлений об эффективности технологических процессов по данным отчетности заключается в следующем.

Вначале выполняются подготовка и дополнительная обработка информации базы данных. Из всего массива данных о мероприятиях по интересующим технологиям исключаются мероприятия с сомнительным составом реагентов, с физически некорректными данными о дебитах и обводненности продукции.

Для получения более адекватной характеристики технологии из рассмотрения исключаются объекты (участки, скважины) со слишком коротким сроком проявления эффекта (эффект ещё не вполне проявился) и со слишком длинным сроком проявления эффекта (точность определения момента окончания эффекта ухудшается со временем, прошедшим с даты мероприятия). Из опыта: 6-24 мес. – по мероприятиям через добывающие скважины, 12-48 мес. – по мероприятиям через нагнетательные скважины. По оставшимся мероприятиям проводится контрольное тестирование на предмет учёта изменения производительности насоса в момент мероприятия (сумма дебита нефти до воздействия и среднего за период проявления эффекта прироста дебита нефти не должна превышать дебит жидкости до воздействия). Кроме того, по воздействиям через нагнетательные скважины выводятся из рассмотрения мероприятия, характеризующиеся наибольшей дополнительной добычей нефти из следующих соображений. По мероприятиям через нагнетательные скважины результат воздействия рассчитывается ТатАСУ по накопленным показателям эксплуатации скважин участка с использованием двухпараметрических аппроксимирующих функций. При этом обычно выпуклая или вогнутая криволинейная «дорожка точек» в предыстории мероприятия (грубо – «дуга») заменяется прямой линией. Это предопределяет системно вносимую ошибку при прогнозировании, соответственно, в пользу или против эффекта воздействия. В последнем случае математически возможно получение и отрицательной величины расчётного эффекта, который, однако, в отчетности не указывается (выставляется ноль). Поэтому при формировании выборки мероприятий для определения средних по мероприятиям характеристик технологии с целью компенсации необходимо исключить примерно такое же количество мероприятий с наибольшей величиной эффекта.

Для характеристики технологического процесса используются средние величины по совокупности показателей проведения мероприятий. Это дебит жидкости до воздействия; дебит нефти до воздействия; обводненность продукции до воздействия; продолжительность проявления эффекта; дополнительно добытая нефть; затраты на осуществление воздействия (с учётом инфляции во времени); количество используемых агентов при воздействии (в случае сопоставления технологий, близких по составу используемых компонентов). Ключевыми характеристиками применения мероприятия являются относительное увеличение среднего дебита нефти (с учётом вышеуказанных уточнений) и рентабельность применения мероп-

риятия. Отметим, что первый из них является несколько более объективным, так как основная неопределённость в технологическую эффективность вносится величиной срока проявления эффекта. Тогда как объективность второго показателя ухудшается не только величиной срока проявления эффекта, но ещё и различием коэффициентов инфляции в разные годы осуществления мероприятий, входящих в выборку по технологии.

Расчёт выходных показателей сопоставления технологий выполняется в следующем порядке.

Определяется перечень сопоставляемых технологий. По каждой технологии определяются средние значения прироста дебита нефти, продолжительности эффекта, дополнительной добычи нефти, рентабельности; рассчитываются технологическая успешность, экономическая успешность. Сама по себе экономическая успешность не представляет серьёзного интереса, поэтому требование жёсткости соответствия экономических исходных данных действующим условиям хозяйствования компании на момент анализа могут не быть чрезмерно строгими. Важно взаимное соотношение показателей экономической успешности технологий для определения рейтинга конкретной технологии в общем списке близких технологий того или иного вида работ. На основании указанных показателей с учётом представительности технологий рассчитываются показатели привлекательности, и определяются их ранги в перечне рассматриваемых технологий.

Изложенный подход к сопоставлению технологий проиллюстрирован примерами сопоставления ряда технологий, предназначенных для решения одной и той же задачи разработки несколько отличающимися способами (главным образом, используемыми реагентами). В настоящей работе во избежание конфликта интересов авторов названия технологий закодированы, хотя показатели применения мероприятий реальны.

Источником информации является база данных статистической отчетности ООО «ТатАСУ» D11.dbf. Всего база данных по состоянию на 01.01.2016 г. содержит сведения о 8475 мероприятиях по 62 рассматриваемым технологиям.

Выполнено контрольное тестирование показателей отчетности о применении мероприятий:

- по составу используемых реагентов на предмет обнаружения и отбраковки мероприятий, резко отличающихся по назначению (нет оснований полагать, что решается основная функциональная задача группы технологий – 397 мероприятий);

- по условиям реализации воздействий на предмет обнаружения и отбраковки мероприятий, резко отличающихся по назначению – 164 мероприятия с обводненностью до 20 %, и для 68 мероприятий обводненность не указана;

- по методике оценки результатов воздействий на предмет обнаружения и отбраковки мероприятий, результаты которых искажены ошибками – по 2646 мероприятиям не учтено изменение производительности насоса; по 214 мероприятиям продолжительность эффекта более 60 мес.

Кроме того, по указанным выше причинам было отбраковано с продолжительностью эффекта менее 4 мес или с неуказанной продолжительностью эффекта 44 мероприятия; по прочим причинам – 18 мероприятий.

Таким образом, для дальнейшего рассмотрения было оставлено 5133 мероприятия.

Код технологии	Количество мероприятий	Ранг	Отношение обводнённости после и до воздействия, ед.	Относительное увеличение среднего дебита нефти скважины объекта, ед.	Технологическая успешность применения технологии, ед.	Технологическая привлекательность применения технологии, ед.
3122221524	131	1	0,87	8,4	0,9	16,3
3121114282	757	2	0,89	5,5	0,9	14,9
3122111752	332	3	0,91	5,1	0,9	11,0
3122212713	65	4	0,90	6,8	0,8	10,5
3122117592	341	5	0,93	3,6	0,9	8,2
3122229244	294	6	0,88	3,5	0,9	8,0
3122114862	516	7	0,93	3,2	0,8	7,3
3122228994	34	8	0,91	4,8	1,0	7,2
3122111792	17	9	0,85	5,9	0,9	6,5
3122119752	70	10	0,90	3,9	0,9	6,3
3122117392	77	11	0,96	4,0	0,8	6,0
3121118962	410	12	0,92	2,7	0,8	6,0
3122111572	22	13	0,90	4,6	1,0	6,0
3122118372	182	14	0,94	3,2	0,8	5,8
3122118632	79	15	0,91	3,3	0,9	5,5
3122118822	158	16	0,92	3,0	0,8	5,3
...

Табл. 1. Результаты ранжирования технологий по технологической привлекательности.

Код технологии	Количество мероприятий	Ранг	Отношение обводнённости после и до воздействия, ед.	Рентабельность воздействия на объекте, %	Экономическая успешность применения технологии, %	Экономическая привлекательность применения технологии, %
3121111992	48	1	0,93	39	0,88	1,34
3122229794	31	2	0,81	38	0,90	1,20
3122111572	22	3	0,90	29	0,86	0,79
3122117592	341	4	0,93	18	0,71	0,76
3121114282	757	5	0,89	16	0,69	0,73
3122229244	294	6	0,88	16	0,70	0,66
3122111752	332	7	0,91	13	0,67	0,50
3122221524	131	8	0,87	11	0,68	0,37
3122211953	44	9	0,92	12	0,68	0,30
3122111792	17	10	0,85	15	0,71	0,30
3122119302	31	11	0,90	12	0,68	0,28
3121111632	17	12	0,93	17	0,59	0,28
3122212713	65	13	0,90	8	0,71	0,25
3122111662	24	14	0,91	9	0,75	0,22
3122227124	138	15	0,86	5	0,59	0,16
3122228994	34	16	0,91	6	0,56	0,13
...

Табл. 2. Результаты ранжирования технологий по экономической привлекательности.

Результаты ранжирования технологий по технологической привлекательности приведены в табл. 1. Технологии с количеством мероприятий менее 20 считались недостаточно представительными и не рейтинговались.

Результаты ранжирования технологий по экономической привлекательности приведены в табл. 2.

Из таблиц видно, что лучшие по экономической привлекательности технологии вовсе не оказываются лучшими по технологической привлекательности. При решении вопросов выбора технологий это следует принимать во внимание. Из табл. 1 и 2 видно, что в верхней части рейтинга располагаются технологии с кодами 312221524, 3121114282, 3122111752, широко применяющиеся в настоящее время.

Необходимо осознавать, что изложенный подход к оценке эффективности мероприятий имеет свою область применимости и не свободен от принципиальных недостатков, связанных главным образом с методикой оценки результатов технологических мероприятий и с методикой расчёта экономических характеристик эффективности мероприятий.

Касательно использования материалов базы D11.dbf укажем следующие особенности.

В первую очередь, это отсутствие учета остающихся полностью вне поля зрения изменений в отборах воды, что принципиально важно для технологий водоограничения, а также весьма важно для технологий стимуляции отбора и увеличения охвата пласта вытеснением.

Кроме того, в некоторых случаях вызывают сомнения показатели продолжительности эффекта мероприятий – корректность прогноза «базы» на период, превышающий интервал аппроксимации (который обычно не бывает про-

должительным), существенно ухудшается.

На перспективу представляется целесообразным сопоставление технологий выполнять на основе более глубокой оценки результатов мероприятий.

Выводы

1. Для сопоставления технологий по данным их применения предлагается использовать показатели технологической привлекательности (более справедливый в аспекте обеспечения текущей дополнительной добычи нефти) и экономической привлекательности (более интересный в аспекте обеспечения заданной доходности инвестиций).

2. Показано, что лучшие по экономической привлекательности технологии вовсе не оказываются лучшими по технологической привлекательности.

3. Изложенный подход к оценке эффективности мероприятий не свободен от недостатков, связанных главным образом с методикой оценки результатов технологических мероприятий и с методикой расчёта экономических характеристик эффективности мероприятий.

4. Представляется целесообразным сопоставление технологий выполнять на основе более глубокой оценки результатов мероприятий, чем отражено в отчётности.

Сведения об авторе

Евгений Дмитриевич Подымов – заведующий лабораторией отдела увеличения нефтеотдачи пластов Институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть», кандидат тех. наук
Россия, 423200, Республика Татарстан, Бугульма, ул. М. Джалиля, д. 32
Тел: +7 85594 7-86-19

Статья поступила в редакцию 12.05.2016

Systematic Approach to Compare Technologies for the Enhanced Oil Recovery

E.D. Podymov

Tatar Oil Research and Design Institute (TatNIPIneft) PJSC Tatneft, Bugulma, Russia

Abstract. The article deals with methodical approach to compare technologies of enhanced oil recovery on the basis of summarizing data of their implementation. The result of comparison is a ranking of technologies in decreasing order of technological and economic attractiveness. The recommendations for their definition are given. We discuss the features of attractiveness indicators under the conditions of PJSC Tatneft. It is shown that the technologies that are best for economic attractiveness do not turn out the best for the technological appeal. Recommendations are given on the preparation of data for calculation. The results of the ranking are described for a group of technologies designed to address one of the most common problems for the oil deposit development. It seems appropriate to compare technologies on the basis of a deeper evaluation of activities than is reflected in the statements.

Keywords: technologies of enhanced oil recovery, technological and economic attractiveness, attractiveness indicators, ranking of technologies.

For citation: Podymov E.D. Systematic Approach to Compare Technologies for the Enhanced Oil Recovery. *Georesursy = Georesources*. 2016. V. 18. No. 3. Part 1. Pp. 171-174. DOI: 10.18599/grs.18.3.5

Information about author

Evgeniy D. Podymov – PhD, Head of the Laboratory
Tatar Oil Research and Design Institute (TatNIPIneft)
PJSC Tatneft
Russia, 423236, Tatarstan Republic, Bugulma, Musy Dzhaliya str., 32
Phone: +7 85594 7-86-19

Manuscript received May 12, 2016