

# Обустройство нескольких морских месторождений углеводородов с использованием одного перемещаемого добычного устройства

ARRANGEMENT OF SEVERAL OFFSHORE HYDROCARBON FIELDS USING ONE MOVABLE MINING DEVICE

V. BESKHIZHKO, A. MATSKEVICH, A. ZOLOTUKHIN, Y. BESKHIZHKO, K. MATSKEVICH, «Morneftegazproekt» OJSC, Gubkin Russian State University of Oil and Gas

**В настоящее время освоение значительной части морских месторождений углеводородов является нерентабельным из-за больших затрат, необходимых для их освоения. В работе предлагается процедура, позволяющая в дополнение к другим прорабатываемым в мире способам и решениям расширить вовлечение в разработку части нерентабельных морских месторождений углеводородов.**

At present, the development of a significant part of offshore hydrocarbon fields is unprofitable because of the high costs required for their development. The article proposes a procedure that allows, in addition to other methods and solutions in the world, to expand the involvement of some unprofitable offshore hydrocarbon fields in development.

## ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время российскими компаниями получено значительное количество лицензий на освоение морских участков, содержащих потенциальные месторождения углеводородов. По состоянию на 31.12.2014 г. общее количество таких лицензий составило 137, и работа по их получению продолжается [1].

Значительная часть этих участков находится в крайне сложных природно-климатических условиях, что порождает целый комплекс проблем при их освоении, в результате чего оно, освоение ряда потенциальных месторождений, становится невыгодным [2].

В настоящей работе предпринята попытка найти решение, позволяющее расширить вовлечение в разработку небольших морских месторождений углеводородов (двух и более).

## ВАЖНОСТЬ

Очевидно, что с учетом объемов работ по освоению таких месторождений, подлежащих выполнению, и их сроков (>130 лицензий), обоснованные решения, направленные на расширение вовлечения в разработку небольших морских месторождений, при их реализации, несомненно дадут значительный эффект.

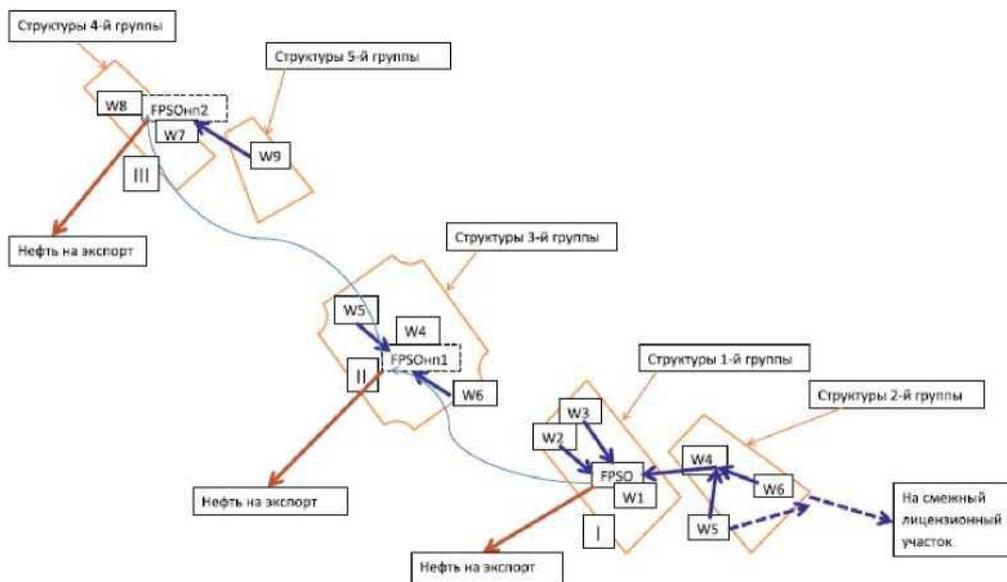


Рис. 1. Схема обустройства условного лицензионного участка



**БЕСХИЖКО В.В.**

к.т.н., доцент, руководитель проекта



**МАТКЕВИЧ А.В.**

генеральный директор

ЗАО «Морнефтегазпроект», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина



**ЗОЛОТУХИН А.Б.**

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Бурение скважин, разработки нефтяных и газовых месторождений» САФУ имени М.В. Ломоносова

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина г. Москва

## АЛГОРИТМ ПРОЦЕССА

Как показывает существующий опыт, работы по оценке лицензионных участков выполняются следующим образом. Геологи, основываясь на результатах 2D (реже - 3D) -сейсмоки, предполагаемых свойствах пород и т.д., подсчитывают запасы или извлекаемые ресурсы по отдельным структурам с разной степенью вероятности, где принимаются конкретные значения, используемые в дальнейших расчетах.

Далее, разработчики оценивают добычные возможности объектов в условиях предполагаемой информации об объемах и свойствах добываемого флюида и др.

Основываясь на полученных на этом этапе данных (зачастую весьма неполных) и с учетом условий окружающей среды, происходит обустройство потенциальных месторождений лицензионного участка, определяются весовые и стоимостные характеристики объектов этого обустройства.

После этого экономисты производят оценку эффективности освоения отдельных потенциальных месторождений углеводородов (УВ) для принятия последующих решений [3].

## СУТЬ ПРЕДЛАГАЕМОГО

Пусть имеется  $n$  потенциальных месторождений  $+$ (структур), таких что  $Z_i < Z_r$  ( $i=1, \dots, n$ ). При этом что  $2Z_i > Z_r$ , где  $Z_r$  - минимально рентабельные запасы углеводородов для рассматриваемых условий [4].



**БЕСХИЖКО Ю.В.**

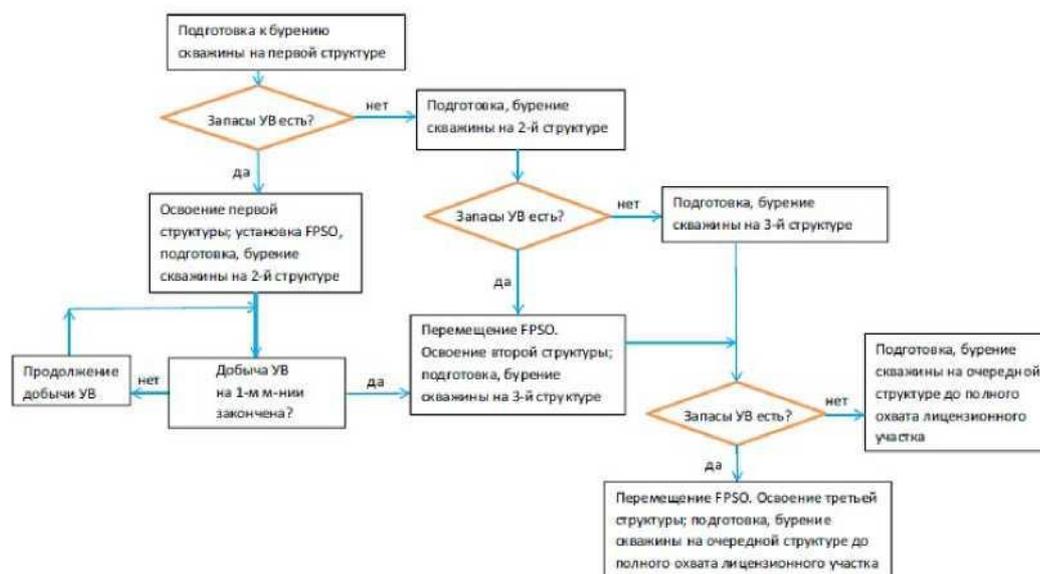
главный специалист



**МАЦЕВИЧ К.А.**

интерфейс-менеджер проекта

ЗАО «Морнефтегазпроект», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина



**Рис. 2. Блок-схема выполнения работ по освоению условного лицензионного участка**

Предлагается несколько иной - «волновой» - подход к освоению таких лицензионных участков, т.е. имеющих в своем составе несколько структур, потенциально содержащих месторождения углеводородов, но не являющихся по отдельности рентабельными, либо участков, расположенных близко друг к другу.

Первоначально на одной из структур, исходя из известных геологических характеристик, природноклиматических условий, предварительной оценки запасов УВ, технических возможностей объекта обустройства по добыче углеводородов, размещается перемещаемая платформа или FPSO (плавучая установка для добычи, хранения и отгрузки нефти).

Производится уточнение параметров объектов обустройства, и в первую очередь, используемых для добычи с учетом ее перспектив на других структурах, начинаются работы по освоению структуры.

Добыча ведется до полного планового извлечения углеводородов на 1-м месторождении (структуре). Вместе с тем продолжается разведка на 2-й структуре, и после утверждения ее запасов и завершения добычи на 1-м месторождении (структуре), добычное устройство перемещается на вторую структуру. Ее продолжают обустраивать с частичным использованием (при возможности) производственных мощностей структуры предыдущей.

Добыча ведется до полного планового извлечения углеводородов, и после завершения добычи на 2-м месторождении (структуре) добычное устройство перемещается на третье, где работы продолжают аналогично.

Инфраструктура, созданная ранее, продолжает использоваться в полном объеме, что является особенно важным для освоения месторождений в арктических условиях. По завершении разработки второй структуры процесс продолжается аналогично до полного освоения лицензионного участка.

Недостаток или избыток добычных мощностей может быть в достаточно широком диапазоне компенсирован за счет срока нахождения добычного объекта на очередном месторождении, что необходимо учесть уже на этапе проектирования разработки месторождения.

Таким образом, суть предлагаемой процедуры состоит в распределении затрат определяющих компонентов обустройства между рассматриваемыми потенциальными месторождениями.

### ПРИМЕР УСЛОВНОГО ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА

Представим, что рассматриваемый условный лицензионный участок характеризуется следующими основными факторами:

- он находится в акватории одного из арктических морей;
- включает 5 групп структур (потенциальных месторождений);
- срок лицензии - 30 лет;
- безледовый период: от 7 до 9 месяцев;
- толщина льда: 90 - 95 см;
- глубина моря: 80 - 200 м;
- на лицензионном участке выполнена только 2D-сейсмика;
- перспективные ресурсы (категория D1 по российской классификации запасов) оцениваются более чем в 240 млн т нефти и газового конденсата, а также около 90 млрд м<sup>3</sup> газа.

### ЗАПАСЫ УГЛЕВОДОРОДОВ

Для сопоставления уже освоенных месторождений углеводородов с рассматриваемым лицензионным участком можно воспользоваться методикой перевода запасов полезных ископаемых из низших в более высокие категории [5].

Можно принять для лицензионного участка в целом (категория C1 усл.):

- запасы нефти и газового конденсата »24 млн т;
- газа »9 млрд м<sup>3</sup>.

Таким образом, потенциальные месторождения рассматриваемого лицензионного участка (он включает в себя 5 групп структур) следует отнести к нерентабельным, и применение в этом случае обычных методов не позволит его осваивать эффективно.

### СХЕМА ОСВОЕНИЯ УСЛОВНОГО ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА

Учитывая арктические условия, глубины, вид добываемого продукта (нефть, газ, конденсат) и основываясь на международном опыте, мы рассматриваем только применение FPSO совместно с ПДК (подводным добычным комплексом). После предварительных оценочных расчетов предлагаем схему освоения условного

**Ключевые слова:** нерентабельны морские месторождения, углеводороды, перемещаемое добычное устройство

**Keywords:** unprofitable offshore fields, hydrocarbons, transportable mining device

лицензионного участка (с учетом влияния факторов обустройства) с использованием FPSO и ПДК в 3 этапа (рис. 1). I этап. При подтверждении предполагаемых запасов добыча на 1-й группе структур ведется с использованием отсоединяемого FPSO ледового класса и ПДК. Здесь и далее добыча ведется в межледовый период. К ПДК структур 1-й группы подсоединяется ПДК на основе скважин структур 2-й группы. Общий срок работ по первому этапу »3 лет, в т.ч. подготовка, бурение разведочной скважины, утверждение запасов »3 года.

II этап. К окончанию добычи на 1-й группе структур подготавливают документацию и обустривают 3-ю группу структур.

Для этого, FPSO перемещают с 1-й группы структур на 3-ю и добыча ведется с использованием ПДК (количество скважин и срок добычи на 3-й группе структур уточняется при разработке документации). Часть оборудования ПДК 1-й и 2-й групп структур используется повторно. Общий срок работ по второму этапу »6 лет.

III этап. К окончанию добычи на 3-й группе структур FPSO перемещают с 3-й группы структур на 4-ю группу, и добыча ведется с использованием ПДК. Так же к ПДК 4-й группы подсоединяются ПДК на основе скважин 5й группы (количество скважин и срок добычи на 4-й и 5-й группах структур уточняются при разработке документации). По окончании работ FPSO может быть использовано на других лицензионных участках.

Часть оборудования ПДК 3-й группы используется повторно. Общий срок работ по 3-му этапу »9 лет. Общий срок работ по лицензионному участку около 25 лет.

2-я группа структур может быть освоена с использованием ПДК и его подключения к объектам обустройства соседнего месторождения (при условии соблюдения условий подключения в полном объеме - не только физически). Для этого требуются специальные проработки - например, соблюдение запланированных объемов добычи, страхование и т.д.

График работ по обустройству условного лицензионного участка соблюден. Последовательность выполняемых действий при реализации предложенного подхода представлена на рис. 2

Все предложенные технические решения апробированы в мировой практике освоения морских месторождений углеводородов. Схема позволяет совместить ряд работ (например, проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию объектов обустройства) и тем самым обеспечить соблюдение условий лицензионного соглашения на участок.

Предварительная оценка показала эффективность освоения условного лицензионного участка по предложенной схеме, несмотря на небольшие запасы углеводородов.

Возможная вариация в объемах добываемой нефти при фиксированной максимальной производительности FPSO компенсируется в достаточно широких пределах сроком работы FPSO на одном месте в пределах одного этапа и несколько увеличенной производительностью FPSO. Точное количество скважин, охватываемых одним ПДК, определяется поэтапно по результатам разведочного бурения.

Настоящие проработки предназначены для учета при решении вопроса о продолжении работ по лицензионному участку.

## МАТЕМАТИКА ОЦЕНКИ

Пусть:

- $Z_i$  - общие затраты освоения потенциального месторождения  $i$ -й структуры, включая налоги, транспортные расходы и т.д, не включая затраты на бурение 1-й поисковой скважины и на FPSO;
- $Z_{FPSO_i}$  - общие затраты на FPSO для добычи УВ на  $i$ -й структуре;
- $Z_{r_i}$  - общие затраты на бурение 1-й поисковой скважины на  $i$ -й структуре;
- $C_i$  - стоимость УВ, добытых на потенциальных месторождениях  $i$ -й структуры;
- $T_i$  - полное время использования FPSO для добычи на потенциальных месторождениях  $i$ -й структуры (включая время отсутствия по любым причинам);
- $T_{FPSO}$  - срок службы FPSO;
- $n$  - количество потенциальных месторождений УВ в пределах рассматриваемого лицензионного участка.  $n=i$ . При отсутствии месторождения на соответствующей структуре:  $Z_i=0$ ,  $Z_{FPSO_i}=0$ ,  $C_i=0$ .

Тогда, если  $2 Z_i + 2 Z_{FPSO_i} + 2 Z_{r_i} < 2 C_i$  при  $2 T_i < T_{FPSO}$ , освоение лицензионного участка является рентабельным. Отсюда также может быть определен минимальный размер запасов УВ, при котором обеспечивается рентабельность разработки.

Элемент  $2 Z_{FPSO_i}$  определяет затраты на FPSO. Т.е. при обеспечении соответствующих технических параметров и с учетом сроков лицензии на лицензионный участок могут быть осуществлены схемы обустройства, позволяющие сократить число FPSO, обеспечивающих добычу УВ на лицензионном участке, либо обеспечить добычу на месторождениях, считавшихся нерентабельными.

## Выводы и предложения

Предложенное решение может быть использовано как при разработке предпроектной документации, так и при оценке лицензионных участков, оно основывается на существующих технических решениях и позволяет:

- расширить границы рентабельности ряда морских месторождений углеводородов за счет распределения затрат на основной объект обустройства между потенциальными месторождениями, являющимися по отдельности нерентабельными, что дает синергетический эффект и позволяет сделать рентабельной эту группу месторождений;
- легче компенсировать разницу между предполагаемыми запасами потенциальных месторождений и их фактическими значениями по результатам разведки на этапе принятия проектных решений по обустройству.

## Литература

1. СклярOVA З.П., Ткач В.С. Динамика распределения лицензий на шельфе Российской Федерации в 1993-2014 гг. Научно-технический сборник «Вести газовой науки» 2015. № 4.
2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.offshore-mag.com/articles/print/volume-64/issue-4/production/the-ssp-a-new-class-of-hull-for-the-oil-industry.html> (дата обращения: 18.11.2017).
3. Carnegie Mellon University, Research Showcase @ CMU, Department of Chemical Engineering Carnegie Institute of Technology, 2011, Offshore Oilfield Development Planning under Uncertainty and Fiscal Considerations, Vijay Gupta, Ignacio E. Grossmann.
4. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.rusnauka.com/18\\_NPN\\_2016/Tecnic/10\\_213556.doc.htm](http://www.rusnauka.com/18_NPN_2016/Tecnic/10_213556.doc.htm) (дата обращения: 24.11.2017).
5. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/54/54892/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/54/54892/index.htm) (дата обращения: 15.12.2017).

## References

1. Sklyarova Z.P., Tkach V.S. Dinamika raspredeleniya litsenzii na shel'fe Rossiyskoy Federatsii v 1993-2014 gg. [Dynamics of distribution of licenses on the shelf of the Russian Federation in 1993-2014]. «Nauchno-tekhnicheskiy sbornik «Vesti gazovoy nauki» [Scientific and technical collection «News of gas science»], 2015, no. 4.
2. URL: <http://www.offshore-mag.com/articles/print/volume-64/issue-4/production/the-ssp-a-new-class-of-hull-for-the-oil-industry.html> (accessed: 18.11.2017).
3. Carnegie Mellon University, Research Showcase @ CMU, Department of Chemical Engineering Carnegie Institute of Technology, 2011, Offshore Oilfield Development Planning under Uncertainty and Fiscal Considerations, Vijay Gupta, Ignacio E. Grossmann.
4. URL: [http://www.rusnauka.com/18\\_NPN\\_2016/Tecnic/10\\_213556.doc.htm](http://www.rusnauka.com/18_NPN_2016/Tecnic/10_213556.doc.htm). (accessed: 24.11.2017).
5. URL: [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/54/54892/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/54/54892/index.htm) (accessed: 15.12.2017).