# Казанский Федеральный Университет

**Кафедра технологии нефти, газа и углеродных материалов**

**Kazan Federal University,**

# Department of high-viscosity oils and natural bitumen

**Повышение эффективности водоизоляционных работ в условиях Нижневартовского месторождения**

**Improving the efficiency of water insulation works in the conditions of the Nizhnevartovsk field**

Валиев Динар Зиннурович, Valiev Dinar Zinnurovich a,

Залетина Юлия Римовна, Zaletina Julia Rimovna b

старший преподаватель кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов a

магистрант группы 03-218 b

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казань, Россия

E-mail: valievdz@bk.ru a, zaletina.yuliya@gmail.comb

**Аннотация:** в работе проанализированы методы повышения эффективности водоизоляционных работ на примере Нижневартовского месторождения. Повышение эффективности водоизоляционных работ приводит к снижению затрат на поддержание работоспособности скважин и увеличению продуктивности месторождения, что имеет прямое влияние на финансовые показатели компании. Поэтому проблема изоляции водопритока является актуальной. Целью работы было совершенствование технологии водоизоляционных работ в открытом горизонтальном стволе нефтяных скважин при отсутствии информации о расположении интервалов водопритока. В данной работе использовалось наблюдение, теоретическое планирование работы, логический анализ, использование научной литературы и обобщение информации. Установлено, что структурирование водоизоляционных материалов и блокирующих жидкостей на основе полиакриамида и обратных нефтекислотных эмульсий позволяет повысить селективность воздействия водоизолирующей массы и обеспечить полное разложение блокирующей жидкости на две исходные фазы без остаточного загрязнения пласта. Приведены экономические расчеты проведенного мероприятия, а также результаты расчетов экономического эффекта от применения данной технологии.

**Ключевые слова:** водоизоляционные работы, горизонтальная скважина, открытый ствол, селективность воздействия, остаточный фактор сопротивления, жидкий пакер, нефтекислотная эмульсия, время жизни.

**Abstract:** The paper analyzes methods for improving the efficiency of water insulation works on the example of the Nizhnevartovsk field. Increasing the efficiency of water isolation works leads to lower costs for maintaining the operability of wells and increasing the productivity of the field, which has a direct impact on the financial performance of the company. Therefore, the problem of isolating the water supply is urgent. The aim of the work was to improve the technology of water isolation works in an open horizontal oil well trunk in the absence of information about the location of water inflow intervals. In this work, observation, theoretical work planning, logical analysis, the use of scientific literature and generalization of information were used. It has been established that the structuring of waterproofing materials and blocking liquids based on polyacriamide and reverse petroleum acid emulsions makes it possible to increase the selectivity of the effect of the insulating mass and ensure complete decomposition of the blocking liquid into two initial phases without residual contamination of the formation. The economic calculations of the event are presented, as well as the results of calculations of the economic effect of the use of this technology.

**Keywords:** water-shutoff works, horizontal well, open bore, exposure selectivity, residual resistance factor, liquid packer, oil-acid emulsion, lifetime.

**Введение (Introduction)**

Основными проблемами разработки нефтяных и газовых месторождений в период падающей добычи являются снижение энергетического потенциала залежей, прогрессирующее обводнение скважин, вынос механических примесей, моральный и физический износ промыслового оборудования, увеличение простаивающего и низкодебитного фонда скважин. Данные проблемы являются основной причиной увеличения затрат на текущие и капитальные ремонты, что в итоге ведет к существенному росту себестоимости добычи нефти. В этом ключе поддержание уровня добычи нефти становится одной из приоритетных задач, для решения которой требуются новые технологические решения и значительные дополнительные средства.

Для снижения негативных последствий заводнения продуктивных пластов, вовлечения в разработку низкопроницаемых коллекторов и повышения степени выработки запасов из неоднородных пластов различными компаниями применяются разнообразные технологии, направленные на изменение направления потоков закачиваемой воды, изоляцию водопритока и выравнивание профилей приемистости нагнетательных скважин.

Был осуществлен анализ возможных методов технологий по изоляции водопритока и наиболее благоприятные геофизические условия применения. Актуальность исследования обособлена необходимостью применения комплексной технологии, ранее не использовавшейся на территории Нижневартовского месторождения.

**Цель работы** – оценить эффективность проведения работ по изоляции водопритока нагнетательных скважин на Нижневартовском месторождении.

Для достижения назначенной цели работы необходимо поставить **задачи** исследования:

1. Провести анализ методов водоизоляционных работ с условиями геологических особенностей месторождения.

2. Изучить выбор и свойства катализаторов, необходимых для проведения данной технологии.

3. Составить экономический расчет технологии и оценить экономический эффект от ее проведения.

**Объектом** исследования является технология изоляции водопритока.

**Предметом** исследования являются скважины Нижневартовского месторождения, на которых и будет производится технология.

Изучение рекомендуемого мероприятия и вычисление показателей ожидаемой технологической эффективности показал, что внедрение данной технологии будет более эффективным, чем применяемые в настоящее время технологии.

**Материалы и методы исследования (Materials and Methods):**

Наиболее распространенными технологиями изолирования водоносных горизонтов является механическое изолирование, закачка цемента под давлением и обработка полимерными гелями, которые требуют разобщения пласта. Обработка распределителем неравномерной проницаемости (DPR) или модификатором относительной проницаемости (RPM) может использоваться в качестве альтернативы обработке с разобщением пласта [10].

Применение органического полимерного геля позволяет получить хорошее проникновение, и действие такой обработки может продолжаться несколько лет. Однако еще более эффективной является комплексная обработка (цемент/полимерный гель).

Одним из эффективных способов изолирования водоносных горизонтов является помещение в скважину мембранного фильтра, сделанного из материала, который набухает при контакте с водой, но не с нефтью. Когда происходит выход воды, набухший материал блокирует водоносный горизонт. Изолирование водоносных горизонтов успешно применялось в нагнетательных скважинах для получения лучшего профиля направления потока.

К химическим технологиям изоляции водоносного горизонта относятся [8]:

* цементные растворы;
* неорганические гели;
* гели из сетчатых (поперечно-сшитых) органических полимеров:
* на мономерной основе;
* на полимерной основе;
* вязкоупругие отклоняющие поверхностно-активные вещества (VES);
* распределитель неравномерной проницаемости (DPR);
* микрочастицы и коллоиды;
* набухающие в воде и сверхвпитывающие полимеры.

Обработка гелями применяется и для изоляции газоносных горизонтов. Использование стабилизированных пен пригодно для изоляции газоносных горизонтов, но не для водоносных горизонтов [5].

**Результаты (Results):**

Сопоставление геолого-физических характеристик обработанных участков, фильтрационных потоков жидкостей, степени выработки извлекаемых запасов, текущей нефтенасыщенности, текущей обводненности и гидропроводности позволило выявить интервалы, в которых технологии успешны, они представлены в таблице 1.

*Таблица 1*

**Параметры успешных интервалов для различных технологий**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Технология МУН с использованием различных систем | Применимость МУН при | | | | | |
| степени выработки  извлекаемых запасов, % | | | текущей  обводненности, % | | |
| 20-40 | 40-80 | более  80 | до 60 | 60-80 | более  80 |
| ВДС; ЩПСК, ВДЭС |  | + | + |  | + | + |
| СПГ; ГОС; РВ-3П-1 |  | + |  |  |  | + |
| ЭМКО |  | + |  |  | + | + |
| ЭСС |  |  | + |  | + |  |
| СПС, CL-system | + |  | + | + | + |  |
| ПКВ; КМЭ | + |  | + | + | + |  |
| Комплексная | + | + | + | + | + | + |

Выбор первоочередных опытных скважин осуществлялся по результатам комплексного анализа геолого-физической характеристики и особенностей строения пласта, состояния выработки, особенностей литологической и гидродинамической связи между пластами и скважинами. Используя данные лабораторных исследований [14], выполненные применительно к условиям исследуемого месторождения, предложена технология по закачке гидролизованного полиакриламида (PHРА) и пропионата Сг(Ш).

Установлены критерии применения технологии

* Коллектор терригенный, поровый, неоднородный;
* Пластовая температура до 90-135, 0С
* Проницаемость от 0,05-5 мкм2;
* Обводненность 60 % и более.

Для того, чтобы выбрать оптимальные соотношения реагентов и их общую концентрацию необходимо провести лабораторные исследования. На основе анализа геолого-промысловых данных исследований и по рекомендации литературных источников применительно к выбранному участку были подобраны оптимальные концентрации исходных компонентов 2:

*Таблица 2*

**Концентрации реагентов гидролизованного полиакриламида (PHРА) и пропионата Сг(Ш) в гелеобразующем составе.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Реагент гелеобразующего состава и массовая концетрация реагента, % | | | |
| PHРА | пропионата Сг(Ш). | Сульфат меди | вода |
| 5,5 | 1,1 | 0,7 | Остальное |

Исходные данные представлены в таблице 3.

*Таблица 3*

**Цена работы бригады КРС и аренда техники**

|  |  |
| --- | --- |
| Статья | Затраты |
| Продолжительность ремонта скважины, ч. | 120 |
| Цена одной тонны нефти, руб./т | 27736,45 |
| Часовая тарифная ставка, руб./ч. | |
| Бурильщик 6 разряда | 48,1 |
| Пом. Бурильщика 5 | 48,1 |
| Мастер (оклад, руб) | 3780 |
| Бригада подг. Скв | 52,23 |
| Премиальный коэффициент по действующему  положению, Кп | 1,4 |
| Районный коэффициент, Кр | 1,15 |
| Ставка страхового взноса,% | 30,4 |
| Премия, % | 40 |
| Время работы, ч. | |
| ЦА-320 | 48 |
| А-50 | 48 |
| Затраты на эксплуатацию,руб/ч. | |
| ЦА – 320 | 241,83 |
| А-50 | 380,1 |

Показателем экономической эффективности мероприятия является экономический эффект от проведения технологии изоляции водопритока [7]. Он определяется как превышение стоимостной оценки результатов над стоимостной оценкой совокупных затрат ресурсов:

Эмер  Рмер  Змер (1)

Стоимостная оценка результата базируется на технологическом режиме, по мероприятию, связанному с увеличением добычи, равна:

Рмер  Q  Ц, (2)

где Q – дополнительная добыча нефти, тыс.т.;

Ц – цена одной тонны нефти за 04.2018 г. (Один баррель стоит 50,91$, значит одна тонна

стоит Ц𝑡 = 66,09 ∙ 56,47 ∙ 7,3 = 27736,45 , руб./тонн [14].

Стоимостная оценка затрат определяется по формуле:

Змер  Зобр  Nобр  Здоп, (3)

где Зобр – затраты на проведение одной обработки скважин, руб;

Nобр – количество обработок скважин реагентом, шт; Здоп - затраты на дополнительную добычу нефти, руб.

Затраты на проведение мероприятия складываются из расходов на заработную плату работников, занятых в обработке Ззп , отчислений на социальное страхование Зсоц., материальных расходов на покупку раствора и пресной воды Змат, расходов на специально привлечённый транспорт Зтр , геофизических Згеоф и цеховых расходов Зцех :

Зобр  Ззп  Зсоц.  Змат  Зтр  Згеоф  Зцех (4)

Затраты на оплату работников, занятых в мероприятии, рассчитываются по следующей формуле:

*ЗЗП*  *СTi*  *t*  *чi*  *KП*  *Кр* , (5)

где СTi – часовая тарифная ставка рабочего i – го разряда, руб/час;

t – продолжительность одного мероприятия, часы;

чi – численность рабочих i – го разряда;

KП – премиальный коэффициент по действующему положению;

Кр – районный коэффициент.

Отчисления на социальное страхование:

Зсоц  n  ЗЗП /100, (6)

где n – ставка страхового взноса (ПФ-22% + ФОМС-5,1% + ФСС-2,9%+ страховой взнос от НС на произв. и проф.заб. -0,4% (по 3 классу приказа №851Н и ФЗ№179), %.

Расходы на эксплуатацию задействованного в обработке транспорта вычисляют по формуле:

Зтр  Зэкспi  t  N, (7)

где Зэкспi – затраты на эксплуатацию i –той единицы транспорта, руб/ч.;

N – количество задействованных единиц транспорта, шт.;

t – время работы задействованных единиц транспорта, ч.

Цеховые расходы принимаются на уровне m % от расходов на заработную плату, поэтому расчетная формула имеет вид:

Зцех  m  Ззп , (8)

где m =17 %.

Расчет сметы затрат на проведение мероприятия приведен в таблице 4.

Здоп  Q  Зпер , (9)

где Q - дополнительная добыча, тыс.т.;

Зпер – условно-переменные затраты на дополнительную добычу, руб./т.

*Таблица 4*

**Смета затрат капитального ремонта скважины №1242**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Статья | Расчет | Сумма,руб. |
| 1. Зар. плата бригады (без машин), Ззп | =48,1\*120\*1\*1,4\*1,15+39,2\*120\*1\*1,4\*1,15  +3780 | 20646,36 |
| 2. З/пл. бригады подг. скв. | =52,23\*200 | 10090,836 |
| 3. Отчисления на соц. Нужды | =0,304\*(30737,196) | 9344 |
| 4. Транспортные расходы, всего | =11607,84+18244,8 | 29 852,64 |
| 4.1. ЦА-320 | =48 ч \* 241,83 руб/час | 11 607,84 |
| 4.2. А – 50 | =48ч \* 380,1 руб/час | 18244,8 |
| Всего, руб. | - | 29 852,64 |
| 5. Цеховые расходы, | =0,17\*30737,196 | 5225,3 |
| 6. Геофизика | - | 11 460 |
| 7. Материалы | - | 650 000 |
| Всего затрат |  | 736619,136 |

Прирост прибыли от реализации мероприятия определяется по формуле:

*П*  (*Ц*  *С*2 )  (*Q*1  *Q*)  (*Ц*  *C*1)  *Q*1, (10)

где C1 – себестоимость нефти до реализации мероприятия, руб./т;

С2 – себестоимость нефти после реализации мероприятия, руб./т;

Q1 – годовой объем добычи нефти НГДУ по данному месторождению до мероприятия, т;

Q – дополнительная добыча нефти за счет мероприятия, т.

Себестоимость после реализации мероприятия определяется по формуле (руб./т):

*С*2  (*C*1  *Q*1  *Здоп*  *Змер*  *А*) /(*Q*1  *Q*), (11)

где А – ежегодные амортизационные отчисления, будем считать, что за данный год проведения эксперимента амортизационные отчисления не будут производиться.

Чистую прибыль рассчитываем по формуле:

Пчист. П  Нпр., (12)

где П - прирост прибыли от реализации мероприятия, тыс. руб.;

Нпр. – налог на прибыль (20%).

Для расчета экономической эффективности от проведения изоляции интервалов притока воды использованы следующие данные (таблица 5.)

*Таблица 5*

**Технико - экономические показатели для проведения изоляции**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Показатели | Един. изм. | Абс. знач. |
| 1 | Количество мероприятий | скв. | 1 |
| 2 | Дополнительная добыча нефти | Тонн | 313,5 |
| 3 | Цена одной тонны нефти | руб./тонн | 27736,45 |
| 4 | Стоимость мероприятия | руб. | 758 997 |
| 5 | Условно-переменные затраты на добычу 1 т. нефти (50,2% от с/с) | руб./т. | 142 |
| 6 | Себестоимость нефти до мероприятия | руб./т. | 784,34 |
| 7 | Налог на прибыль | % | 20 |

Стоимостная оценка результата определяется по формуле 2 и равна:

𝑃мер = ∆𝑄 ∙ Ц = 27736,45 ∙ 271,58 = 7532666,00 руб

Для определения стоимостной оценки общих затрат необходимо найти затраты на дополнительную добычу нефти и затраты на проведение Изоляции.

Затраты на дополнительную добычу:

Здоп = ∆𝑄 ∙ Зпер = 313,5 ∙ 142 = 44517 руб.

Здоп = ∆𝑄 ∙ Зпер = 271,58 ∙ 142 = 38546,36 руб

Затраты проведение изоляции найдём по формуле:

Ззак = 1 ∙ 736619,36 = 736619,136 руб

Для нашего случая общие затраты:

Зобщ = 736619,136 + 38546,36 = 775183,496 руб.

Экономический эффект найдем по формуле 1:

Эмер = 7532666,00 – 775183,496 = 6757482,391 руб.

Найдём себестоимость единицы продукции после реализации мероприятия по формуле 8:

C2 = (740 ∙161500 +775183,496) /(161500+ 271,58) = 743,55 руб./т

Прирост прибыли от реализации мероприятия определим по формуле 7:

П = (27736,45– 743,55) ∙ (161500,00 + 271,58) – (27736,45– 784,34) ∙ 161500,00

= 7473573,391, руб

Чистую прибыль определим по формуле:

Пчис = П − Нпр = 7473573,391 − 0,2 ∙ 7473573,391 = 5978858,713, руб

Результаты расчётов приведены в таблице 6.

*Таблица 6*

**Результаты расчёта экономического эффекта от применения данной технологии**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п. | Показатели | Значения |
| 1 | Выручка от реализации дополнительной добычи, руб. | 7532666,00 |
| 2 | Затраты на закачку эмульгатора, руб. | 736619,136 |
| 3 | Затраты на дополнительную добычу нефти, руб. | 38546,36 |
| 4 | Затраты за расчётный период, руб. | 775183,496 |
| 5 | Себестоимость нефти после мероприятия, руб/т | 743,55 |
| 6 | Прибыль, руб. | 7473573,391 |
| 7 | Чистая прибыль, руб. | 5978858,713 |
| 8 | Экономический эффект, руб. | 6757482,391 |

**Дискуссия (Discussion):**

Оценка экономической эффективности и выбор на ее основе скважин для проведения ГТМ без учета фактических затрат на добычу нефти из них может привести к неправильным выводам. Как известно, себестоимость добычи 1 т нефти определяется дебитом скважины и обводненностью добываемой продукции. С ростом обводненности и снижением дебита растет себестоимость добычи 1 т нефти. Интенсификация добычи нефти на скважинах с высокой себестоимостью может оказаться экономически нецелесообразной [12]. В каждом конкретном случае при выявлении скважин для проведения геолого-технических мероприятий необходимо руководствоваться окупаемостью затрат эффектом от результата этого мероприятия. Для определения целесообразности проведения изоляции водопритока необходимо экономическое обоснование эффективности данных мероприятий. После проведения изоляции себестоимость одной тонны нефти уменьшилась с 784,34 руб. до 743,55 руб. за доп. добычи чистая прибыль составила 5978858,713 рублей, экономический эффект 6757482,391 рублей.

**Заключение (Conclusions)**

Нефтедобывающая промышленность на Нижневартовском месторождении с каждым годом снижается, в основном из-за того, что месторождение находится в состоянии падающей добычи нефти и увеличенной обводненности. В результате реализация мероприятий по увеличению добычи нефти на Нижневартовском месторождении позволит увеличить добычу нефти, снизить себестоимость выпускаемой продукции, тем самым увеличив доходы предприятия. Результатом предлагаемых в данной исследовательской работе мероприятий изоляции водопритока является увеличение добычи нефти.

Основной проблемой разработкой Нижневартовского месторождения является высокая обводненность добываемой продукции, для решения которой требуются применения современных высокоэффективных технологий.

Результаты технологического расчёта показали, что применение данной технологии увеличит дебит добывающих скважин и снизит их обводненность.

Технология изоляции водопритока с применением системы (PHРА) состава является экономически рентабельной.

**Список литературы** **(References)**:

1. Авторский надзор за реализацией проекта разработки Нижневартовского месторождения. ВНИИНефть, 2008 г.
2. Сургучев М. Л. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев, А. Т. Горбунов, Д. П. Забродин [и др.].-М: Недра, 1991. – 352c.
3. Программа работ по применению биополимерных композиций на основе продукта БП-92 на Ватинском и Мегионском месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» в 2002 г. // ЗАО «Нефтегазтехнология», 2001 г.
4. Программа работ по выравниванию профилей приемистости на месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» в 2000 г. // ОАО «НК Мегионнефтеотдача», 2000 г.
5. Анализ текущего состояния разработки и оценка перспектив добычи на 2003 г. по месторождениям ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз», том 1 // ЗАО «Тюменский институт нефти и газа, 2003 г. Отчет о научно-исследовательской работе по дополнительному соглашению от 01.01.2008 к договору № 543.05/111АБ от 28.09.2005 г.»
6. Составление программ и контроль за проведением работ по выравниванию профиля приемистости и интенсификации добычи нефти на месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» по технологиям, предложенным ОАО «ВНИИнефть», 2008 г.
7. Отчет о научно-исследовательской работе по дополнительному соглашению № 53 от 01.01.2009 к договору № 543.05/111АБ от 28.09.2005 «Составление программ и контроль за проведением работ по выравниванию профиля приемистости и интенсификации добычи нефти на месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» по технологиям, предложенным ОАО «ВНИИнефть» Этап 2. «Составление и согласование программ работ по выравниванию профиля приемистости и интенсификации добычи нефти на месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» по технологиям, предложенным ОАО «ВНИИнефть» // ОАО «ВНИИнефть, 2009 г.
8. Патент РФ № 2263773 «Способ выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин»
9. Каталог технологий ЗАО «Химеко-ГАНГ», ЗАО «Химеко-ГАНГ» 2008 г.–74c.
10. Мирзаджанзаде А. X. Технология и техника добычи нефти: Учебник для вузов / А. X. Мирзаджанзаде, И. М. Аметов, А. М. Хасаев, В. И. Гусев. Под ред. проф. А. X. Мирзаджанзаде — М.: Недра, 1986. – 382 с.
11. Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. Таблицы математической статистики. М., Наука, 1983.
12. Проект разработки Нижневартовского месторождения. Мегион – Фонды ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз», 2008 – 708с.
13. Отчет о результатах работ по контролю за охраной окружающей среды на Ватинском месторождении 2007-2009.
14. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. – М.: Госгортехнадзор России, 1993. – 104 с.
15. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения: Справочное издание: в 2 книгах. – М.: Химия, 1990. – 496, 384 с.
16. Средства индивидуальной защиты работающих на производстве: Каталог – справочник. – М.: Профиздат, 1988. – 176 с.
17. Башаров Р.А., Вильданова Н.А., Забиров Ф.Ш. Методические указания к оформлению учебной документации. – Уфа: УГНТУ, 2011. – 38 с.
18. Гафарова З.Р., Тасмуханова А.Е. Экономическое обоснование путей повышения эффективности деятельности нефтегазодобывающих предприятий. Учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных работ. – Уфа: УГНТУ, 2008. – 36 с.