

А.С. Беляева, А.А. Никитина, Р.В. Кунакова, Э.М. Мовсум-заде

Альбина Сагитовна Беляева (✉), Анна Александровна Никитина
Кафедра информатики и информационных технологий, Башкирский государственный аграрный университет, ул. 50-летия Октября, 34, Уфа, Российская Федерация, 450001
E-mail: oosripr1@rambler.ru (✉), anutacska@yahoo.com

Райхана Валлиуловна Кунакова
Кафедра специальной химической технологии, Уфимский государственный университет экономики и сервиса, ул. Чернышевского, 145, Уфа, Российская Федерация, 450078
Академия наук Республики Башкортостан ул. Кирова, 15, Уфа, Российская Федерация, 450077
E-mail: Kunakova@anrb.ru

Эльдар Мирсамедович Мовсум-заде
Кафедра общей и аналитической химии, Уфимский государственный нефтяной технический университет, ул. Космонавтов, 1, Уфа, Республика Башкортостан, Российская Федерация, 450062
E-mail: eldarmm@yahoo.com

ХРОНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

В статье рассмотрена эволюция методов интенсификации добычи нефти и увеличения нефтеотдачи пластов (МУН) в СССР и РФ. Выявлены и описаны исторические этапы развития вторичных и третичных МУН на примере месторождений Республики Башкортостан с указанием основных событий, оказавших существенное влияние на технологии разработки месторождений в стране.

Ключевые слова: МУН, Арланское месторождение, нефтеотдача

A.S. Belyaeva, A.A. Nikitina, R.V. Kunakova, E.M. Movsum-zade

Albina S. Belyaeva (✉), Anna A. Nikitina
Department of Informatics and Information Technology, Bashkir State Agrarian University, 50 years of Oktober str., 34, Ufa, Russia, 450001
E-mail: oosripr1@rambler.ru (✉), anutacska@yahoo.com

Raiykhana V. Kunakova
Department of Special Chemical Technology, Ufa University of Economics and Service, Chernyshevskogo str., 145, Ufa, Russia, 450078
E-mail: Kunakova@anrb.ru

Eldar M. Movsum-zade
Department of General and Analytical Chemistry, Ufa State Technical University of Oil, Kosmonavtov str., 1, Republic of Bashkortostan, Russia, 450062
E-mail: eldarmm@yahoo.com

CHRONOLOGY OF DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ENHANCED OIL RECOVERY METHODS ON EXAMPLE OF DEPOSITS OF REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

In this paper the evolution of the methods of oil production intensification and enhanced oil recovery (EOR) in the USSR and the Russian Federation is considered. By authors were identified and described the historical stages of development of the secondary and tertiary EOR fields on the example of the Republic of Bashkortostan with the indication of major events that have had a significant impact on the technology development of deposits in the country.

Key words: EOR, Arlanskoe mine, oil recovery

В настоящее время эффективность нефтеизвлечения с учетом высокого уровня развития техники и технологии разработки месторождений считается неудовлетворительной, поскольку средняя конечная нефтеотдача пластов по различным странам и регионам составляет всего 25-40% [1]. Таким образом, в недрах остается порядка 60-75% запасов в виде остаточной нефти, извлечь которые можно только за счет применения эффективных третичных методов увеличения нефтеотдачи (МУН) пластов.

Открытие в начале 1940-х гг. крупных месторождений нефти в Волго-Уральском регионе послужило мощным толчком для становления научно-обоснованной системы разработки месторождений, поскольку ранее существовавший подход к разработке небольших нефтяных залежей, основанный на плотной сетке скважин и нефтевытеснении за счет естественных сил пласта, не мог быть применен в новых условиях. Под руководством академика А.П. Крылова разработана принципиально новая на тот момент система разработки месторождений, предусматривающая редкую сетку скважин и искусственное заводнение с целью поддержания внутрипластового давления. Данная система легла в основу вторичных методов увеличения нефтеотдачи пластов, развитие которой шло в двух направлениях – применение различных систем заводнения и вариации с плотностью скважин [2].

В СССР основной упор при решении задач интенсификации добычи нефти делали на применение технологий заводнения. Однако по мере роста понимания механизма и особенностей процесса заводнения в различных геологических условиях в ведущих научно-исследовательских институтах СССР начался активный поиск методов и способов повышения его эффективности, произошло становление основных физико-химических МУН, нашедших дальнейшее развитие и применение не только у нас, но и за рубежом.

История разработки нефтяных месторождений Республики Башкортостан (РБ) неразрывно связана с историей отечественной науки. Активное участие и вклад в проектирование и реализацию проектов разработки нефтяных месторождений РБ внесли известные ученые и производственники страны акад. А.П. Крылов, М.М. Глоговский, А.А. Трофимчук, С.И. Кувыкин, П.П. Галонский, Т.М. Золоев, Н.К. Михайловский, Г.А. Бабалян, Г.П. Ованесов, И.Г. Пермяков, А.А. Жданов и др. [2]

На месторождениях РБ в конкретных геологических условиях проходили испытания ос-

новные методы и технологии увеличения нефтеотдачи пластов, нашедшие дальнейшее применение и в других нефтедобывающих регионах страны. Крупнейшее в РБ Арланское месторождение характеризуется разнообразием геологических условий залегания пластов и типов залежей, что позволило оценивать эффективность предлагаемых методов в различных условиях. Кроме того, немаловажным является тот факт, что к моменту испытания основных МУН на месторождении уже существовала мощная материально-техническая база, что позволяло значительно сэкономить на оборудовании при апробации новых методов и технологий. По сути, Арланское месторождение явилось и является в настоящее время огромной экспериментальной площадкой для апробации и промышленного внедрения новаторских методов, разработанных ведущими НИИ и лабораториями [2-4]. Изучая основные вехи в истории разработки и испытаний различных технологий и методов увеличения нефтеотдачи пластов на Арланском месторождении, можно воссоздать целостную картину развития нефтепромыслового дела в СССР и России.

На примере Арланского месторождения нами предлагаются следующие периоды в истории становления и развития МУН в СССР и России, описание которых приводится ниже.

I период (1922-1947 гг.) характеризуется естественным режимом разработки месторождений. Применяется равномерная плотная сетка скважин. Коэффициент нефтеотдачи редко превышает 0,2.

В 1942 г. Государственным комитетом обороны принято постановление, в котором, в частности, говорилось о необходимости улучшения геологоразведочных работ, установления для каждой скважины технологического режима ее работы, применения солянокислотной обработки скважин, торпедирования малодебитных скважин для увеличения отбора нефти, пополнения фонда действующих скважин. В это время в НИИ страны шла активная работа по разработке технологий интенсификации добычи нефти за счет поддержания пластового давления искусственным путем, а также работы по оптимизации размещения скважин и режимов разработки [1, 2]. Таким образом, было положено начало вторичным методам увеличения нефтеотдачи.

В РБ рождение нефтедобывающей отрасли относится к 1932 г. с вводом в эксплуатацию основного на тот момент Ишимбайского месторождения, добыча нефти на котором к 1945 г. снизилась с 1-1,5 млн. т до 0,8 млн. т из-за истощения

пластовой энергии Ишимбайского рифового месторождения [2].

II период (1948-1975 гг.) – данный период характеризуется интенсивным внедрением технологий заводнения. Для контроля за разработкой начали применять термометры, дебитометры и другие приборы [5].

На месторождениях Урало-Поволжской провинции впервые в стране (Туймазинское месторождение, 1948 г.) в промышленном масштабе внедрены различные методы заводнения (законтурное, внутриконтурное, приконтурное), позволившие не только увеличить вовлеченные в разработку запасы нефти, но интенсифицировать ее добычу при приемлемых затратах. После успешных результатов применения технологий заводнения данные методы находят применение и на других месторождениях страны, зачастую в модифицированном виде [2, 5].

Первоначально повышение эффективности заводнения достигалось в основном изменением схемы размещения водонагнетательных скважин (законтурное, осевое, блоковое, очаговое, избирательное, площадное и др.). Много внимания уделялось оптимизации давления нагнетания воды, выбору объектов разработки, повышению эффективности заводнения за счет рационального размещения добывающих скважин и др.

Применение систем заводнения привело к двукратному росту коэффициента нефтеотдачи пластов за счет увеличения коэффициента вытеснения нефти [6].

В РБ развитие технологий, направленных на интенсификацию и увеличение добычи нефти, шло в том же направлении, что и в целом по стране.

В Башкортостане впервые в СССР при проектировании разработки месторождений предусматривалась редкая сетка скважин с применением воздействия на пласты путем заводнения с самого начала разработки месторождения. Рассматривались различные модификации систем заводнения: законтурное, внутриконтурное линейное, блоковое, очаговое. При сравнительно небольших площадях нефтеносности (Манчаровское, Четырманское, Серафимовское месторождения) законтурное заводнение оказалось эффективным методом поддержания давления и осуществляется до сих пор. На Туймазинском и Шкаповском месторождениях законтурное заводнение успешно применялось в сочетании с внутриконтурным [4].

Впервые в 1953 г. на Туймазинском месторождении опробовали метод гидроразрыва пласта с целью увеличения приемистости нагнетательных скважин [2].

Активно проводились научно-исследовательские работы и опытно-промышленные испытания третичных методов увеличения нефтеотдачи. На начало 60-х годов приходится усиленное изучение методов улучшения нефтевытесняющей способности воды за счет добавки различных активных агентов, способных устранить или значительно снизить отрицательное влияние капиллярных сил и сил адгезии, удерживающих нефть в заводненных пластах. Технологии, основанные на применении нефтевытесняющих агентов, проводились на начальной стадии заводнения залежей; использовались большеобъемные оторочки реагентов, продвигавшиеся к добывающим скважинам за счет закачки вслед обычной воды [3]. Нужно отметить, что большой объем применяемых химических реагентов обусловил высокую цену технологий.

Рассматриваемый период характеризуется следующими событиями:

1960 г. – на промыслах НГДУ Ишимбайнефть на Арланской площади проходила промышленные испытания технология прогрева призабойной зоны скважин, в результате чего дополнительная добыча нефти за 190 суток составила более 200 т;

1964-1967 гг. – на Арланском месторождении были проведены первые опытно-промышленные эксперименты по закачке в пласт оторочки низкоконцентрированных растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ), а также полимерное заводнение (1966 г.). В 1964 г. в качестве нефтевытесняющего агента был опробован 0,05%-ный раствор неионогенного ПАВ типа ОП-10 (Нагаевская залежь Арланской площади), в 1967 г. ОП-10 начали применять на Николо-Березовской площади. В тот же самый год на Нагаевской залежи стали применять другой неионогенный реагент – превоцел W-DN100;

1965-1975 гг. – на месторождениях ОНГДУ «Ишимбайнефть» проведены закачки природного газа (метан) и растворителя в тело рифового массива для реализации вертикального вытеснения нефти газом;

1974-1978 гг. – проводились испытания метода внутрислоевого горения в условиях Арланского месторождения [7-9].

В конце 1960-х годов на Николо-Березовской площади начались работы по закачке растворов ПАВ ОП-10, однако в начале 1980-х годов они были прекращены из-за низкой эффективности применяемой технологии. Более совершенная технология закачки ПАВ со стабилизирующими добавками в дальнейшем была успешно испытана на Вятской площади [3].

В 1970 г. на Арланском месторождении были приняты меры по уплотнению сетки добывающих скважин до 11-16 га/скв, в результате чего конечная нефтеотдача повысилась до 40-45% [6].

К 1970 году средний проектный коэффициент нефтеотдачи по стране снизился с более чем 50% в начале 1960-х годов до 45%, наблюдалась устойчивая тенденция его дальнейшего снижения.

III период (1976 г. – 1990 г.) – работы по увеличению нефтеотдачи пластов велись в нескольких направлениях: 1) совершенствование технологии заводнения (широкое применение площадного и избирательного заводнения); 2) совершенствование методов применения различных химических реагентов, способствующих повышению вытесняющей способности; 3) индивидуальный подбор оптимальных режимов закачки воды и отбора продукции (смена направлений фильтрации, повышение давлений нагнетания, циклический режим закачки воды и т.д.). Началось повсеместное внедрение систем автоматизации контроля за разработкой и эксплуатацией месторождений. За счет предпринятых мер нефтеотдача на ряде месторождений повысилась до 0,5-0,6 [1].

В 1976 г. Советом Министров СССР принято постановление «О мерах по наиболее полному извлечению нефти из недр», которое определяло объемы дополнительной добычи нефти за счет применения третичных методов увеличения нефтеотдачи. Также предусматривалось экономическое стимулирование осуществления опытно-промышленных работ нефтедобывающими предприятиями [1].

В период 1974-1980 гг. более чем в 3 раза увеличились запасы нефти, вовлеченные в разработку за счет применения новых методов. В промышленном масштабе проходили испытания на Самотлорском и Струтынском (закачка ПАВ), Трехозерном (закачка щелочей), Хоросанском и Арланском (внутрипластовое горение), Сосновском (закачка полимеров), Сходницком (закачка пара), Гой-Корт (закачка газа высокого давления). К 1980-м гг. опытно-промышленные испытания проводятся примерно на 50 месторождениях [6].

К 1980 г. наибольший удельный вес применяемых в СССР МУН приходился на Северо-Кавказско-Мангышлакскую нефтегазонасную провинцию – 31% (горячая вода), Татарстан – 26% (серная кислота, ПАВ), Башкортостан – 12% (ПАВ, полимеры, внутрипластовое горение) [6].

На Арланском месторождении (Ново-Хазинская площадь) в 1975-1982 гг. проводились промышленные испытания по применению полиакриламида (ПАА) для интенсификации добы-

чи нефти, увеличения нефтеотдачи и сокращения объемов попутно-добываемой воды. В 1987 г. на данной площади началось внедрение технологии щелочно-полимерного воздействия на пласт, были разработаны силикатно-щелочные композиции (табл. 1) [7, 8].

Таблица 1

Состав композиций для снижения проницаемости обводненных пластов

Table 1. Blend composition for the decrease in permeability of water-encroached layers

Композиция	Компоненты	Концентрация, % масс.
Силикатно-щелочной раствор	Na ₂ SiO ₃	2
	NaOH	0,5-1
	ПАА	0,01-0,06
Щелочно-полимерный раствор	NaOH (NH ₄ OH)	0,6-1 (1,5-2)
	ПАА	0,04-0,05
Раствор ПАА с нПАВ	ПАА	0,06
	Неонол АФ ₉ -12	0,12
	Неонол АФ ₉ -6	0,18

В 1976-1978 гг. на Озеркинском месторождении проведенные работы по применению метода вытеснения нефти сжиженным газом показали эффективность данного процесса.

В 1978-1992 гг. на Ашитском участке Арланской площади были проведены промысловые испытания процесса внутрипластового горения (ВГ) с целью изучения возможности создания и поддержания процесса ВГ в глубокозалегавшем высокообводненном пласте, содержащем сернистую нефть повышенной вязкости, а также отработка отдельных элементов ведения процесса [3, 8].

В рассматриваемый период развития МУН в РБ большое внимание уделялось исследованиям эффективности микробиологических методов воздействия на пласт.

В 1987 г. на Узеньском и Кушкульском месторождении опробовано применение бактерицида ЛПЭ-11 (алкильные производные хлористого гексаметилентетрамина) совместно с НПВ. Кроме того, опытно-промысловые испытания были проведены на следующих месторождениях: Менезовском (ЛПЭ-6 – моноэтаноламин), Ново-Хазинской площади (ЛПЭ-9 – аммоний кремнефтористый). В дальнейшем бактерициды начали применять как активную добавку от биодеструкции при заводнении с ПАА (например, с 1987 г. на Ново-Хазинской площади Арланского месторождения). При промысловых испытаниях на Толбазинском месторождении было предложено использование биостойких водорастворимых полимеров, не снижающих своих вязкостных характе-

ристик в пластовой воде в течение длительного периода. Компонентные составы композиций для микробиологического воздействия на пластовую систему приведены в табл. 2 [8].

Таблица 2

Композиции для микробиологического воздействия на пласт

Table 2. Composition for micro biological action on layer

Композиция	Компонент	Концентрация, % масс.
САИ	Сухой активный ил	10
ИАИП-1	Избыточный активный ил	99,6-99,7
	Полимер ВПК-402	0,3-0,4
Композиции на основе биополимера «Симусан»	Симусан + синтетические жирные кислоты	0,05 : 2,5-5
	Симусан + ПАА	0,0005-0,01:
	Симусан + нефрас	0,005-0,02
	Симусан + биоПАВ «КШАС-М»	0,002-1,0 1 : 1

В 1987-1989 гг. на месторождениях РБ проводились опытно-промышленные работы по технологии виброволновой обработки.

Таким образом, к началу 1990-х гг. в СССР на 150 месторождениях проходили промысловые испытания более 130 технологий (на базе 20 методов). Были подвергнуты воздействию более 300 объектов, запасы нефти которых составляли порядка 5 млрд. т, при этом дополнительная добыча нефти только за счет применения МУН составила 10-12 млн. т в год (при мировом объеме дополнительной добычи нефти за счет МУН в 100 млн. т) [1].

IV Период (1991 г. – н.в.) – с распадом СССР прекращен государственный контроль за разработкой нефтяных месторождений. В связи с недостатком финансирования и ликвидации НИИ фундаментальные исследования в данной сфере практически остановились.

Частные нефтяные компании, особенно в кризисные годы, решали текущие проблемы увеличения нефтедобычи при минимальных затратах. Решение перспективных вопросов, связанных с рациональным использованием нефтяных ресурсов, носили зачастую формальный характер.

В Башкортостане в это время наблюдается устойчивая тенденция снижения проектного КИН практически на всех разрабатываемых месторождениях.

Продолжались работы по поиску новых осадкообразующих композиций. Так, в 1993 г. были предложены лигнинсодержащие составы на основе шламлигнина (2% масс.) и NaOH (2%), в качестве третьего компонента применялся ПАА (0,05%) либо Na₂SiO₃ (5%).

В 1996-1998 гг. на Арланском месторождении на 7 скважинах прошла испытания технология виброволнового воздействия в сочетании с пенными системами.

В 1997 г. на Новохазинской площади, находящейся на поздней стадии разработки, впервые проведены опытные работы по применению латексов для воздействия на пласт [3, 9].

Продолжаются работы по внедрению технологий щелочно-полимерного воздействия. В настоящее время масштабным его влиянием охвачены терригенные коллекторы Новохазинской, Арланской и Юсуповской площадей.

С 1996 г. на Арланском месторождении начались испытания комплексного применения многокомпонентной композиции из осадкогелеобразующих реагентов (КОГОР): силиката натрия, глинистой суспензии, гипана и др.

1995-2000 гг. характеризуются бурным ростом количества разрабатываемых и активно внедряемых базовых осадкогелеобразующих технологий и их модификаций почти по всем направлениям – разработаны композиции Нефелин, Карфас, Цеолит и др. Например, на залежах терригенной толщи нижнего карбона (ТТНК) Николо-Березовской площади применяются осадкогелеобразующие технологии на основе применения силикатно-щелочных, щелочно-полимерных растворов, композиции «биополимер + жидкое стекло + каустическая сода» – БЖСК, неопластика, глинистых суспензий, композиции «жидкое стекло + глинистая суспензия», углещелочного реагента – для воздействия через нагнетательные скважины [3, 9].

Таким образом, в течение последних 20-25 лет в РБ апробированы и нашли достаточно широкое применение следующие методы увеличения нефтеотдачи: закачка водоизолирующих композиций на основе силикатных и щелочных реагентов, полимеров, латекса, алюмохлорида, глинистых суспензий и др.; из микробиологических методов – технологии активизации пластовой микрофлоры, закачка активного ила, продуктов биосинтеза, а также их различные модификации. Более половины применяемых методов направлено на увеличение охвата пласта воздействием или на комплексное воздействие на пласт, что обусловлено высокой обводненностью добываемой продукции и поздней стадией разработки крупных месторождений Башкортостана. При этом наибольшее развитие получили технологии на основе силикатно-щелочного и щелочно-полимерного воздействий, применения латексов, сухого активного ила, биоПАВ [3, 9].

В настоящее время в России наибольшее количество МУН, основанных на увеличении коэффициента охвата, приходится на месторождения АОТ «Лукойл-Когалымнефтегаз» – 83%, ОАО «Татнефть» – 79,1%, АНК «Башнефть» – 66%, ОАО «Оренбургнефть» – 49,8%. В последнем объединении самая высокая доля МУН, приходящаяся на методы увеличения коэффициента вытеснения, – порядка 33,2%, в АНК «Башнефть» – 16,5%, в ОАО «Татнефть» – 3,5% [10].

Среди российских компаний нужно особо выделить «Сургутнефтегаз», 66% добычи нефти которого обеспечено применением вторичных (гидротехнических) и третичных методов увеличения нефтеотдачи пластов.

Подводя итог всему вышесказанному, стоит отметить следующее. Несмотря на широкий спектр предлагаемых методов увеличения нефтеотдачи пластов, более 80 % нефти в России добывается методом холодного заводнения.

Устойчивое снижение нефтеотдачи в РФ обусловлено отсутствием фундаментальных работ по поиску принципиально новых технологий воз-

действия на пласт, а также крайне малым внедрением крупномасштабных проектов по увеличению нефтеотдачи, хотя за счет различных МУН можно добиться увеличения коэффициента извлечения нефти на 3-20%. Такой прирост добычи нефти по сути равносильно открытию нового месторождения, но при значительно меньших финансовых вложениях.

Затормаживающим фактором в развитии и внедрении МУН является отсутствие государственной поддержки для нефтяных компаний, желающих и способных реализовывать подобные проекты. Такие меры финансовой стимуляции (например, введение льгот, как это было в СССР) значительно бы интенсифицировали научно-технический прогресс в области интенсификации добычи нефти.

Для кардинального решения проблемы снижения коэффициента извлечения нефти необходима скорейшая интенсификация внедрения МУН, особенно на месторождениях на поздней стадии разработки, не вызывает сомнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Крянев Д., Жданов С.** // Нефтегаз. вертикаль. 2011. № 5. С. 30-33.
2. **Абдулмазитов Р.Д., Баймухаметов К.С., Викторов В.Д.** Геология и разработка крупнейших и уникальных нефтяных и нефтегазовых месторождений России. М.: ВНИИОЭНГ. 1996. Т.1. 280 с.
3. **Якименко Г.Х.** // Вест. ЦКР Роснедра. 2010. № 3. С. 61-69.
4. **Баймухаметов К.С., Гайнуллин К.Х.** // Нефт. хозяйство. 2005. № 7. С. 68-72.
5. **Рузин Л.М., Морозюк О.А.** Методы повышения нефтеотдачи пластов (теория и практика): учеб. пособие. Ухта: УГГУ. 2014. 127 с.
6. **Сургучев М.Л.** Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. М.: Недра. 1985. 308 с.
7. **Беляева А.С., Кунакова Р.В.** // Транспорт и хранение нефтепродукт. и углеводород. сырья. 2010. № 3. С. 29-38.
8. **Беляева А.С., Кунакова Р.В.** Применение химических методов и технологий извлечения остаточной нефти на месторождениях Республики Башкортостан. Уфа: Гилем. 2010. 216 с.
9. **Сафонов Е.Н., Алмаев Р.Х.** // Нефт. хозяйство. 2007. № 4. С. 42-45.
10. **Ленченкова Л.Е.** Повышение эффективности выработки трудноизвлекаемых запасов нефти физико-химическими методами. Дис. ... д.т.н. Уфа: Уфимский гос. нефт. техн. университет. 2002. 371 с.

REFERENCES

1. **Kryanev D., Zhdanov S.** // Neftegaz. vertikal'. 2011. N 5. P. 30-33 (in Russian).
2. **Abdulmazitov R.D., Baiymukhametov K.S., Viktorov V.D.** The geology and development of largest and unique oil and gas fields in Russia. M.: VNIIOENG. 1996. V. 1. 280 p. (in Russian).
3. **Yakimenko G.H.** // Vest. TsKR Rosnedra. 2010. N 3. P. 61-69 (in Russian).
4. **Baiymukhametov K.S., Gaiynullin K.Kh.** // Neft. Khozyaiystvo. 2005. N 7. P. 68-72 (in Russian).
5. **Ruzin L.M., Morozyuk O.A.** EOR methods (theory and practice): a tutorial. Ukhta: Ural State Mining University. 2014. 127 p. (in Russian).
6. **Surguchev M.L.** Secondary and tertiary methods of enhanced oil recovery. M.: Nedra. 1985. 308 p. (in Russian).
7. **Belyaeva A.S., Kunakova R.V.** // Transport i khranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. 2010. N 3. P. 29-38 (in Russian).
8. **Belyaeva A.S., Kunakova R.V.** Application of chemical methods and technologies of residual oil extraction on the fields of the Republic of Bashkortostan. Ufa: Guillem. 2010. 216 p. (in Russian).
9. **Safonov E.N., Almaev R.Kh.** // Neft. Khozyaiystvo. 2007. N 4. P. 42-45. (in Russian)
10. **Lenchenkova L.E.** Improving the efficiency of production of stranded oil with physical and chemical methods. Extended Abstract of doctor dissertation on engineering science. Ufa: USPU. 2002. 371 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 14.03.2016

Принята к печати 08.04.2016