

УДК 622.276.6

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СШИТЫХ  
ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ**

**TECHNOLOGY OF APPLICATION OF CROSSLINKED  
POLYMERIC COMPOSITIONS**

**Гумерова Г. Р., Яркеева Н. Р.**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа, Российская Федерация**

**G. R. Gumerova, N. R. Yarkeeva**

**Ufa State Petroleum Technological University,  
Ufa, Russian Federation**

**e-mail: gumgul@yandex.ru**

**Аннотация.** Современное состояние нефтяных месторождений Западной Сибири характеризуется массовым вступлением залежей в позднюю стадию разработки, сопровождающейся высокой обводненностью продукции скважин при сохранении значительных остаточных запасов нефти. Это побуждает нефтяные компании прибегать к масштабному внедрению методов ограничения водопритоков и повышения нефтеотдачи пластов (ПНП). Это в первую очередь касается технологий выравнивания профиля приемистости (ВПП) на нагнетательных скважинах.

Другой особенностью современного состояния нефтяной отрасли является массовое проведение мероприятий по интенсификации добычи нефти. Это – оптимизация режимов работы добывающих скважин путем снижения забойного давления ниже давления насыщения нефти газом, стимуляция скважин путем проведения гидроразрыва пласта (ГРП) и

обработок призабойной зоны пласта (ОПЗ). При выборе скважин для проведения таких мероприятий обычно не рассматривается вопрос их влияния на темп обводнения продукции. Вместе с тем в практике отмечается большое количество случаев роста обводненности продукции скважин после проведения в них геолого-технических мероприятий (ГТМ) по форсированию отборов жидкости, также как и случаев снижения темпа обводнения.

Также важной особенностью современного состояния нефтяной отрасли является массовое освоение залежей трудноизвлекаемых запасов нефти. В первую очередь это касается залежей с низкопроницаемыми коллекторами, на которых массово применяется стимуляция скважин с проведением ГРП. Также это касается водоплавающих залежей нефти с массовым обводнением скважин посредством заколонных перетоков.

Задачи снижения темпа падения добычи и доизвлечения остаточных запасов требуют применения новых технологий. При этом предпочтительными являются технологии, которые для внедрения не требуют капитальных затрат. К таким потокоотклоняющим технологиям относится закачка сшитых полимерных составов на основе полимеров ряда акриламида и сшивателей - солей поливалентных металлов.

**Abstract.** The current state of oil fields in Western Siberia is characterized by a massive occurrence of deposits in the late stage of development, accompanied by high water cut of well production while maintaining significant residual oil reserves. This encourages oil companies to resort to large-scale introduction of methods of limiting water inflows and enhanced oil recovery. This primarily applies to the technologies of the leveling of the injectivity profile in the injection wells.

Another feature of the current state of the oil industry is the massive implementation of measures to intensify oil production. This is optimization of operating modes of producing wells by lowering the bottomhole pressure below the gas saturation pressure, stimulation of wells by hydraulic fracturing and

bottomhole formation treatments. When choosing wells for the development of such activities, the question of their influence on the rate of water production is usually not considered. At the same time, in practice, a large number of cases of growth of water cut in well production after geological and technical measures in them to accelerate fluid withdrawals, as well as cases of a decrease in the rate of watering, are noted in practice.

Another important feature of the current state of the oil industry is the massive development of deposits of hard-to-recover oil reserves. First of all, this applies to deposits with low-permeability reservoirs, on which stimulation of wells with fracturing is massively applied. It also concerns waterfowl deposits of oil with massive watering of wells by means of stabbed overflows.

The task of reducing the rate of decline in production and the recovery of residual stocks requires the use of new technologies. At the same time, the preferred technologies are those that do not require capital expenditure for implementation. Such flow-diverting technologies include the injection of crosslinked polymer compositions based on polymers of a series of acrylamide and cross-linkers of polyvalent metal salts.

**Ключевые слова:** выравнивание профиля приемистости, коэффициент охвата пласта, полиакриламид, сшиватель, неоднородность пласта, фактор сопротивления, время гелеобразования.

**Key words:** conformance control, sweep efficiency, polyacrylamide, cross linker, reservoir heterogeneity, flow resistance factor, jelling time.

Особенностью современного состояния нефтяной отрасли является массовое проведение мероприятий по интенсификации добычи нефти. Это – оптимизация режимов работы добывающих скважин путем снижения забойного давления ниже давления насыщения нефти газом, стимуляция скважин путем проведения гидроразрыва пласта (ГРП) и обработок призабойной зоны пласта (ОПЗ).

Технологии повышения эффективности добычи нефти можно разделить на следующие группы:

- 1) регулирование фильтрационных потоков, вытеснения нефти – закачкой в пласт воды;
- 2) водоизоляционные работы (ВИР) в обводненных добывающих скважинах;
- 3) обработка призабойной зоны пласта (ОПЗ) с целью достижения потенциального дебита скважины.

Ряд технологий на основе полиакриламида (ПАА) включает:

- полимерное заводнение на основе высокомолекулярных ПАА для загущения воды;
- закачку оторочек раствора полимера со сшивающим агентом для выравнивания профиля приемистости и увеличения охвата пласта вытеснением;
- закачку растворов сшитых полимерных систем (СПС);
- модификации технологий на основе водных растворов ПАА с осадко- и гелеобразующими свойствами.

На основании большого количества экспериментов установлено, что наиболее надежным вариантом в серии потокоотклоняющих технологий являются закачки сшитых полимерных составов на основе полимеров ряда акриламида и сшивателей - солей поливалентных металлов. Область эффективного применения СПС значительно шире, чем при закачке растворов полимеров [1]. Сшитые полимерные составы на основе частично гидролизованного полиакриламида и солей  $Cr^{+3}$  или  $Al^{+3}$  используются уже более 30 лет и показали себя как наиболее надежные и технологически удобные реагенты [2].

Метод СПС, представленный в таблице 1, разработан с целью более эффективного использования полимеров в различных геолого-физических условиях (ГФУ) и позволяет создать в пласте любые заранее заданные

уровни фактора остаточного сопротивления, которые практически невозможно достичь при закачке раствора полимера [3].

При этом диапазон возможных значений остаточного фактора сопротивления сшитых полимеров может быть в тысячу и более раз выше, чем у раствора полимера без сшивателя.

Таблица 1. Наиболее благоприятные ГФУ для применения СПС

Геолого-физические условия применения	СПС; СПС+ПАВ
Тип коллектора	Терригенный, карбонатный
Вид коллектора	Поровый, порово-трещиноватый
Стадия разработки	Не регламентируется
Система заводнения	Площадная, очагово-избирательная, рядная
Средняя обвод. доб. продукции по участку, %	50-98
Проницаемость, мкм <sup>2</sup>	0,03-0,50
Соотношение проницаемостей пропластков K <sub>max</sub> /K <sub>min</sub> , раз	2-10
Динамическая вязкость нефти в пластовых условиях, мПа*с (сПз)	Не регламентируется
Песчанистость, д.ед.	0,2-0,5
Коэффициент расчлененности N	$2 \leq N \leq 7$
Пластовая температура, °С	40-80
Минерализация пластовой (закачиваемой для ППД) воды, г/л	Не регламентируется
Выработка, % от НИЗ	20-70
Приемистость нагнетательной скважины, м <sup>3</sup> /сут	200-500
Объем закачки (из расчета на 1 м интервала перфорации), м <sup>3</sup>	10-60
Эффективная нефтенасыщенная толщина пласта, м	$3 \leq H \leq 30$
Дополнительная добыча нефти, т на 1 скв.-обработ.	3200-500

Технология применения сшитых полимеров, глубоко проникающих в пласт, предусматривает использование медленно сшивающихся композиций «полимер-сшиватель», вследствие чего последние способны проникать вглубь пласта на значительные расстояния и, следовательно, эффективно регулировать распределение потоков в пластах даже при наличии гидродинамической связи между пропластками.

Сущность технологии заключается в добавке к закачиваемому в пласт раствору полимера незначительного количества (тысячные-сотые доли

процента) сшивающего агента, под воздействием которого происходит структурирование макромолекул полимера в пористой среде с образованием геля. Структура пространственно-сшитого геля представлена на рисунке 1. Оптимальная технология определяется на основе цикла лабораторных и промышленных испытаний и многовариантных расчетов, что позволяет в каждом конкретном случае выбрать и обосновать оптимальные технологические и экономические параметры метода.

При внедрении технологии необходимо учитывать различие физико-химических свойств сшитых полимерных систем и растворов полимеров, применяемых в процессах заводнения. Основным отличительным свойством СПС является наличие, наряду с достаточно высокой кажущейся вязкостью, вязкопластичных и вязкоупругих свойств, обеспечивающих их эффективное применение. В результате многочисленных экспериментов с использованием различных образцов ПАА было установлено, что применительно к условиям месторождений Западной Сибири и Волго-Уральского регионов наиболее эффективными являются составы, содержащие 0,15-0,17% ПАА [1]. Более высокая концентрация не приводит к заметному улучшению свойств СПС, более низкая дает нестабильные по технологическим свойствам системы.

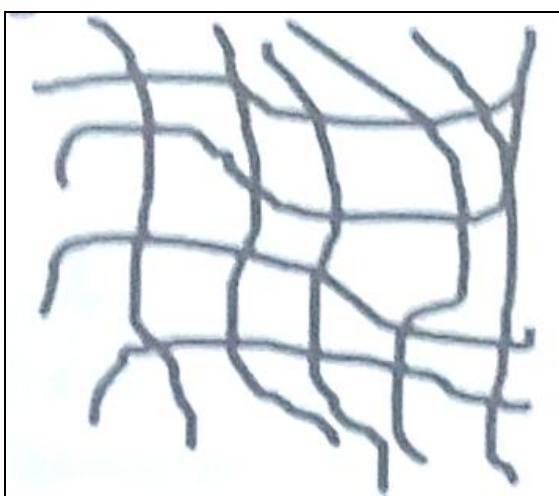


Рисунок 1. Структура СПС

При применении СПС важно правильно выбрать тип сшивателя для ПАА. В качестве сшивателей широко применяются соли трехвалентных хрома и алюминия, как правило, ацетата хрома и цитрата алюминия. Пространственная сшивка макромолекул ПАА ионами переменной валентности происходит через ионную связь с карбоксильной группой: ионы алюминия (рисунок 2) [4].

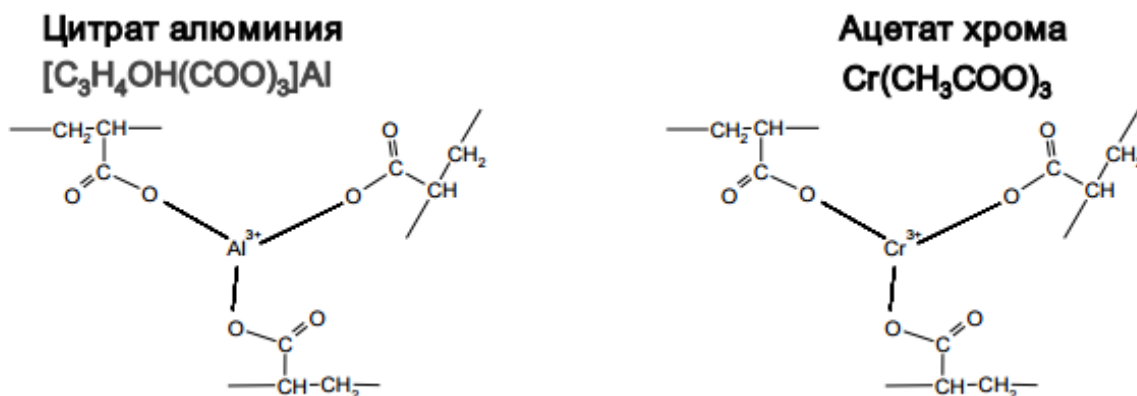


Рисунок 2. Химизм сшивки ПАА ионами металлов переменной валентности

В качестве сшивающих агентов из ионных комплексообразователей наибольший интерес представляют соли Cr(III), проявляющие максимальную сшивающую активность и в меньшей степени катализирующие окислительную деструкцию полимера. Соли Cr(III) отлично зарекомендовали себя в технологиях увеличения нефтеотдачи благодаря получению композиций с регулируемым временем гелеобразования, что позволяет повысить селективность обработки наиболее проницаемых интервалов пласта.

Наиболее широко применяются ацетат хрома Cr(CH<sub>3</sub>COO)<sub>3</sub> (АХ), хромокалиевые квасцы KCr(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O (ХКК) или универсальный хромовый сшиватель (УХС). В качестве сшивателей также используются бихромат натрия, нитрат хрома, тиомочевина, уротропин, соли Al<sup>3+</sup>.

Используемые в качестве сшивателей ионы трехвалентного хрома образуют гели достаточно быстро за 4-24 ч в зависимости от концентрации

реагентов. Однако из-за такой быстрой сшивки в условиях поровых не трещиноватых коллекторов обработке подвергается только ПЗП нагнетательной скважины.

Наибольший эффект от применения закачки оторочек гелевых систем достигается при воздействии на обводнившиеся в процессе разработки залежи с высокой зональной и послойной неоднородностью, а также трещиноватые пласты. При разработке таких объектов прорыв воды в добывающие скважины происходит по высокопроницаемой части коллектора. При этом определяющим является соотношение проницаемостей высоко- и низкопроницаемой частей пласта.

Обеспечение увеличения охвата пласта воздействием при закачке больших объемов гелевых систем может быть достигнуто при условии, что используемый раствор реагентов должен:

- легко фильтроваться в пластовых условиях;
- образовывать в пласте по истечении определенного времени устойчивые гели, обеспечивающие необходимый фактор сопротивления.

Основной технологической задачей является получение указанного гелевого состава непосредственно в пласте на значительном расстоянии от забоя скважины, чтобы избежать появления скин-эффектов в призабойной зоне и охватить воздействием значительную часть пласта.

Опыт показывает, что необходимым условием эффективного применения сшитых полимерных составов (СПС) для выравнивания фронта заводнения в послойно неоднородных пластах, является наличие в разрезе непроницаемых глинистых перемычек, исключаящих перетоки между пропластками. При этом выравнивание профиля приемистости неоднородного пласта-коллектора приводит к вовлечению в разработку ранее недренируемых нефтенасыщенных интервалов.

Применение СПС имеет ряд технологических преимуществ по сравнению с другими потокоотклоняющими технологиями:



1. Технология, основанная на использовании порошкообразного ПАА, всесезонна, что является одним из наиболее важных преимуществ для сложных климатических условий большинства нефтеносных провинций России.

2. Технология не требует использования нестандартного, дорогостоящего оборудования, все процессы растворения и закачки реагента проводятся на серийном оборудовании. Применяемые ПАА экологически безопасны, биоразлагаемы, класс опасности IV. Класс опасности шивателей III.

3. Реагенты на основе ПАА не влияют отрицательно на процессы сбора и подготовки нефти. Многолетняя отечественная практика полимерного заводнения позволяет сделать выводы, что полиакриламид может только способствовать улучшению разделения нефти и воды, содержащей механические примеси.

Для увеличения эффективности воздействия СПС широко распространены несколько вариантов закачки:

- первый – закачка предоторочки дисперсии полиакриламида, имеющего ограниченное набухание в растворе обычного полиакриламида, с последующим нагнетанием СПС;

- второй – вариант СПС, в котором последовательность операций та же, что и в первом варианте, но объем закачки реагентов значительно увеличен; применяется в монолитных объектах;

- третий – закачка программированной оторочки сшитых полимерных систем, включающая нагнетание дисперсии полиакриламида с ограниченным набуханием в растворе обычного полиакриламида, затем нагнетание порции сшитого полимерного состава, после чего закачку обычного (несшитого) полиакриламида.

При выборе объекта для проведения работ по закачке СПС необходимо учитывать следующие общие для всех вариантов критерии:

- должна быть сформирована внутриконтурная система ППД, что при внедрении МУН исключает потери реагента;
- участок должен быть замкнут со стороны нагнетания, но оптимальное соотношение добывающих и нагнетательных скважин 1/4-1/6;
- соотношение вязкостей нефти и воды в пластовых условиях более 3-5 единиц;
- больший темп обводнения по сравнению со средней величиной по пласту;
- наличие не вырабатываемых зон и интервалов;
- добывающий фонд механизирован для поддержания стабильного отбора жидкости;
- по возможности расположение на едином участке нефтесбора.

К индивидуальным геолого-физическим критериям применимости СПС следует отнести наличие суперколлекторов или развитой системы трещин для первого и второго вариантов. При осуществлении на практике этих вариантов должны соблюдаться следующие технологические параметры [1]:

- объем закачки предоторочки для первого варианта составляет до 300 м<sup>3</sup>, для второго до 500 м<sup>3</sup>;
- объем закачки сшитой полимерной системы для первого варианта – 800-1200 м<sup>3</sup>, для второго – 1200-7000 м<sup>3</sup>;
- концентрация ограничено набухающего полиакриламида в предоторочке составляет 0,1-0,2 %, обычного полиакриламида – 0,05-0,2 %.

К индивидуальным геолого-физическим критериям применимости закачки сшитых полимерных систем по третьему варианту является наличие в разрезе продуктивного пласта двух или более пропластков с различной проницаемостью, разделенных глинистой перемычкой.

Технологические параметры закачки программированной оторочки (третий вариант) имеют следующие значения [1]:

- первая порция технологической жидкости, представленная дисперсией полиакриламида, имеющего ограниченное набухание в растворе обычного полиакриламида, имеет объем 100-200 м<sup>3</sup>, при концентрации набухающего полиакриламида 0,1-0,2%, а обычного 0,05-0,1%;

- вторая порция технологической жидкости, представленная сшитым полимерным составом, имеет объем 100-200 м<sup>3</sup> при концентрации полиакриламида 0,15-0,2%;

- третья порция технологической жидкости, представленная раствором несшитого полиакриламида, имеет объем 150-300 м<sup>3</sup> при концентрации полиакриламида 0,1-0,2%.

Необходимо отметить, что вышеприведенные объемы закачки реагентов являются усредненными величинами и должны уточняться в каждом конкретном случае путем математического моделирования.

Увеличение охвата воздействием более эффективно при максимально возможном насыщении гелевым составом высокопроницаемых зон пласта, как по разрезу, так и по площади. Поэтому целесообразно проводить закачку композиции через все нагнетательные скважины выбранного участка. Конкретный объем закачиваемой композиции в нагнетательную скважину контролируется и определяется динамикой давления нагнетания рабочего раствора.

Для обеспечения приемистости нагнетательных скважин необходимо проведение подготовительных работ по нагнетательным скважинам. Бригадами капитальных ремонтов скважин (КРС) проводятся работы по очистке призабойной зоны пласта скважины и работы по интенсификации приемистости. Необходимым условием для закачки модифицированных СПС является проведение геофизических исследований для оценки технического состояния скважины.

Для принятия решения о выборе наиболее оптимального варианта технологии СПС по каждой нагнетательной скважине также необходимы

исследования по профилю приемистости скважины. В зависимости от профиля приемистости возможны некоторые вариации технологии закачки, которые проводятся по индивидуальному плану работ на каждую скважину.

При проведении предварительных расчетов эффективности закачки сшитых полимерных систем должны учитываться следующие физико-химические и механические процессы:

- адсорбция полимера на поверхности пористой среды;
- деструкция сшитого полимера;
- микробиологическое разрушение и механическая деструкция адсорбированного полимера;
- наличие остаточного сопротивления для фильтрации воды при наличии адсорбированного на поверхности пористой среды полимера.

После предварительного выбора полимера проводятся лабораторные исследования ПАА и его растворов для установления соответствия их заявленных свойств технологическим требованиям, предъявляемым к полимерам, используемым в технологиях повышения нефтеотдачи.

Лабораторные исследования образцов ПАА для определения их пригодности к получению СПС для конкретных условий включают в себя определение следующих параметров:

- молекулярных характеристик – характеристической вязкости, молекулярной массы, степени гидролиза;
- времени растворения в закачиваемых водах;
- концентрационной и градиентной зависимости вязкости методом ротационной вискозиметрии;
- реологических параметров растворов ПАА.

Для получения гелевых композиций, обладающих необходимыми технологическими свойствами, проводится комплекс кинетических исследований, при которых определяются следующие параметры:

- время гелеобразования – момент завершения перехода раствора в сшитый полимер;
- гель и образование устойчивого геля;
- предельная концентрация гелеобразования по полимеру, то есть концентрация полимера, ниже которой в растворах полимерных композиций отсутствует гелеобразование;
- определение оптимальной концентрации полимера и сшивателя, при которой образуется устойчивый технологичный гель.

Скорость сшивания ПАА зависит от концентрации сшивателя и температуры (рисунок 3). С увеличением температуры время гелеобразования уменьшается, т.е. процесс сшивки геля будет протекать быстрее.

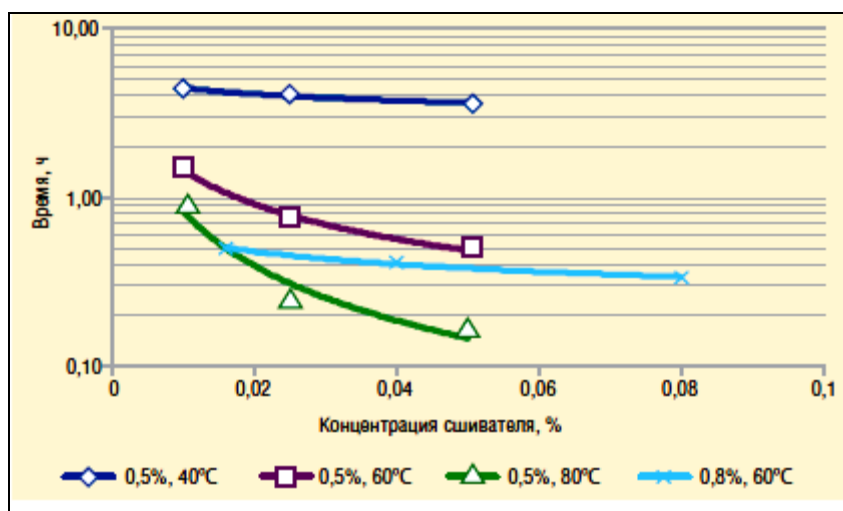


Рисунок 3. Зависимость времени гелеобразования ПАА от концентрации сшивателя и температуры

Методика проведения расчетов включает следующие операции:

- определяются геолого-физические характеристики пласта и физико-химические характеристики фильтрующихся жидкостей (порový объем участка, его проницаемость, пористость, вязкости жидкостей, их плотности, фазовые проницаемости и т.д.);
- на основе геолого-физических характеристик строится цифровая фильтрационная модель пласта [5]. При этом объем и распространение

высокопроницаемого коллектора (промытые высокопроницаемые пропластки, система трещин) в модели определяются из данных индикаторных закачек или прямых геофизических и гидродинамических исследований скважин и адаптации модели за период разработки, предшествующий началу обработки;

- в результате 3D-моделирования закачки гелеобразующих составов (изоляция высокопроницаемого коллектора) определяется зависимость технологической эффективности применения большеобъемных гелеобразующих составов от объема закачки полимера. В упрощенном варианте возможен расчет технологической эффективности с использованием простых моделей, в которых учитывается распределение системы трубок тока по проницаемости путем решения обратной задачи по фактическим данным работы скважин;

- рассчитывается NPV (чистая приведенная стоимость) проекта и по графику зависимости NPV от объемов закачки полимера определяется оптимальный диапазон объемов закачки.

## **Выводы**

Применение сшитых полимерных составов на основе полиакриламида и солей поливалентных металлов является весьма успешным методом повышения нефтеотдачи пласта на поздних стадиях разработки месторождения. Необходимо учитывать геолого-физические условия пласта, характеристики пластовой жидкости, правильно подобрать и протестировать состав для закачки в пласт, а также построить фильтрационную модель для расчета технологической эффективности СПС.

## Список используемых источников

1 Регулирование реологических и фильтрационных свойств сшитых полимерных систем с целью повышения эффективности воздействия на пласт/ А. Г. Телин, М. Э. Хлебникова, В. Х. Сингизова, Г. З. Калимуллина, А. Ф. Хакимов, О. С. Кольчугин, Т. И. Исмагилов // Вестник Инжинирингового Центра ЮКОС. 2002. №4. С. 41- 45.

2 Новые сшитые полимерные составы на основе частично гидролизованного полиакриламида для ограничения водопритока и выравнивания профиля приемистости / Е. И. Коптяева, Д. В. Каразеев, В. А. Стрижнев, С. А. Вежнин, А. Г. Телин // Нефть. Газ. Новации. 2014. №10. С. 45-49.

3 Земцов Ю. В., Баранов А. В., Гордеев А. О. Обзор физико-химических МУН, применяемых в Западной Сибири, и эффективности их использования в различных геолого-физических условиях // Нефть. Газ. Новации. 2015. №7. С.11-122.

4 Оптимизация составов сшитых гелей на основе полимеров акриламида для водоизоляции в различных геолого-физических условиях / Т. А. Исмагилов, М. З. Игдавлетова, И. М. Ганиев, А. Г. Телин. // Нефтепромысловая химия: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. М., 2015. С.71-76.

5 Баширова А. М., Яркеева Н. Р. Построение цифровой фильтрационной модели пласта БВ8 Северо-Покурского месторождения // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. 2015. № 6. С. 94-108. URL: [http://ogbus.ru/issues/6\\_2015/ogbus\\_6\\_2015\\_p94-108\\_BashirovaAM\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/6_2015/ogbus_6_2015_p94-108_BashirovaAM_ru.pdf)

## References

1 Regulirovaniye reologicheskikh i filtratsionnykh svoystv sshitykh polimernykh sistem s tselyu povysheniya effektivnosti vozdeystviya na plast / A. G. Telin, M. E. Khlebnikova, V. Kh. Singizova, G. Z. Kalimullina, A. F. Khakimov, O. S. Kolchugin, T. I. Ismagilov // Vestnik Inzhiniringovogo Tsentra YuKOS. 2002. №4.S.41-45. [in Russian].

2 2 Novyye sshityye polimernyye sostavy na osnove chastichno gidrolizovannogo poliakrilamida dlya ogranicheniya vodopritoka i vyravnivaniya profilya priyemistosti // Neft. Gaz. Novatsii. 2014. №10. S. 45-49. [in Russian].

3 Zemtsov Yu.V., Baranov A.V., Gordeyev A. O. Obzor fiziko-khimicheskikh MUN. primenyayemykh v Zapadnoy Sibiri. i effektivnosti ikh ispolzovaniya v razlichnykh geologo-fizicheskikh usloviyakh // Neft. Gaz. Novatsii. 2015. №7. S.11-122. [in Russian].

4 Optimizatsiya sostavov sshitykh geley na osnove polimerov akrilamida dlya vodoizolyatsii v razlichnykh geologo-fizicheskikh usloviyakh. / T. A. Ismagilov, M. Z. Igdavletova, I. M. Ganiyev, A. G. Telin //Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Neftepromyslovaya khimiya. posvyashchennoy 85-letiyu RGUnefiti i gaza imeni I. M. Gubkina. Moskva. 2015.S.71-76. [in Russian].

5 Bashirova A. M., Yarkeyeva N. R. Postroyeniye tsifrovoy filtratsionnoy modeli plasta BV8 Severo-Pokurskogo mestorozhdeniya // Neftegazovoye delo Elektron. nauchn. zhurn. 2015. № 6. S. 94-108. URL: [http://ogbus.ru/issues/6\\_2015/ogbus\\_6\\_2015\\_p94-108\\_BashirovaAM\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/6_2015/ogbus_6_2015_p94-108_BashirovaAM_ru.pdf). [in Russian].



## **Сведения об авторах**

### **About the authors**

Гумерова Г. Р., магистрант, гр. МГР13-16-01, ФГБОУ ВО УГНТУ,  
г. Уфа, Российская Федерация

G. R. Gumerova, Graduate Student of MGR13-16-01 Group, FSBEI HE  
USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: gumgul@yandex.ru

Яркеева Н. Р., канд. техн. наук, доцент кафедры «Разработка и  
эксплуатация нефтяных и газонефтяных месторождений», ФГБОУ ВО  
УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

N. R. Yarkeeva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of  
the Chair «Development and exploitation of oil and gas fields», FSBEI HE  
USPTU, Ufa, Russian Federation