



УДК 622.276.5.05

## РАЗОБЩЕНИЕ ПЛАСТОВ И ИЗОЛЯЦИЯ МЕЖПЛАСТОВЫХ ПЕРЕТОКОВ ПРИ ПОМОЩИ ВОДОНАБУХАЮЩИХ ПАКЕРОВ

### SEGREGATION OF LAYERS AND ISOLATION OF CROSSFLOWS BETWEEN LAYERS BY MEANS OF WATER-SWELLABLE PACKERS

**Исаев Анатолий Андреевич**

кандидат технических наук,  
ведущий инженер отдела инноваций и экспертизы,  
ООО УК «Шешмаойл»  
isaeff-oil@yandex.ru

**Малыхин Владимир Иванович**

главный специалист по инновационной деятельности,  
ООО УК «Шешмаойл»

**Шарифуллин Алмаз Амирзянович**

кандидат технических наук,  
начальник отдела инноваций и экспертизы,  
ООО УК «Шешмаойл»

**Аннотация.** Проведены исследования различных рецептур изготавливаемой резины, образцы которых набухают в различных средах, сделан анализ осложнений по креплению скважин, получены опытно-промысловые результаты от внедрения на скважинах водонефтенабухающих пакеров. На основе исследований разработаны состав водонефтенабухающей резины, конструкция пакера и способ изготовления пакера. Внедрение набухающих пакеров позволило снизить обводненность на скважинах по сравнению с базовыми скважинами, а также исключить водоизоляционные работы.

**Ключевые слова:** набухающие пакеры, эластомеры, разобшение пластов, изоляция межпластовых перетоков, герметизирующая способность.

**Isaev Anatoly Andreevich**

Candidate of Technical Sciences,  
Leading Engineer of department of  
innovations and examination,  
Sheshmaoil Management company LLC  
isaeff-oil@yandex.ru

**Malykhin Vladimir Ivanovich**

Chief Specialist on innovative activity,  
Sheshmaoil Management company LLC

**Sharifullin Almaz Amirzyanovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Head of department of innovations  
and examination,  
Sheshmaoil Management company LLC

**Annotation.** Various formulations of produced rubber, samples of which swell in various media, were investigated, analysis of well casing complications was carried out and results of field trial of water- and oil-swellaible packers were obtained. Composition of a water- and oil-swellaible rubber was developed based on the survey results. Introduction of swellaible packers allowed decreasing water cut of wells compared to basic wells and eliminate water shut-off treatments.

**Keywords:** swellaible packers, elastomers, segregation of layers, isolation of crossflows between layers, sealing capacity.

**В** настоящее время крепление скважин проводят с различными целями:

- закрепление стенок скважины в интервалах неустойчивых пород;
- изоляция зон катастрофического поглощения промывочной жидкости и зон возможных перетоков пластовой жидкости по стволу;
- разделение интервалов, где геологические условия требуют применения промывочной жидкости с весьма различной плотностью;
- разобшение продуктивных горизонтов и изоляция их от водоносных пластов;
- образование надежного канала в скважине для извлечения нефти или подачи закачиваемой в пласт жидкости;
- создание надежного основания для установки устьевого оборудования.

Цементный камень за обсадной колонной должен быть достаточно прочным и непроницаемым, иметь хорошее сцепление (адгезию) с поверхностью обсадных труб и со стенками ствола скважины.

Анализ осложнений по креплению скважин показывает, что вследствие неправильного определения водонефтяного контакта (ВНК) около 30 % скважин содержит обводненную продукцию; 20 % осложнений связано с поглощением тампонажного раствора и, как следствие, недоподъемом цементного раствора; на межпластовые перетоки приходится около 25 %, флюидопроявления – 10 % и 15 % связано с недоспуском колонн. Затраты на ликвидацию межпластовых перетоков требуют значительных затрат и составляют в среднем 16 % (по ООО УК «Шешмаойл») от стоимости скважины, поэтому качество крепления скважин имеет актуальное значение.

Эффективность изоляционных работ при создании водоизоляционного барьера или экрана при помощи тампонажного материала очень низкая, цементный камень со временем растрескивается. Предлагаемый нами способ ограничения и ликвидации водопритока основан на использовании



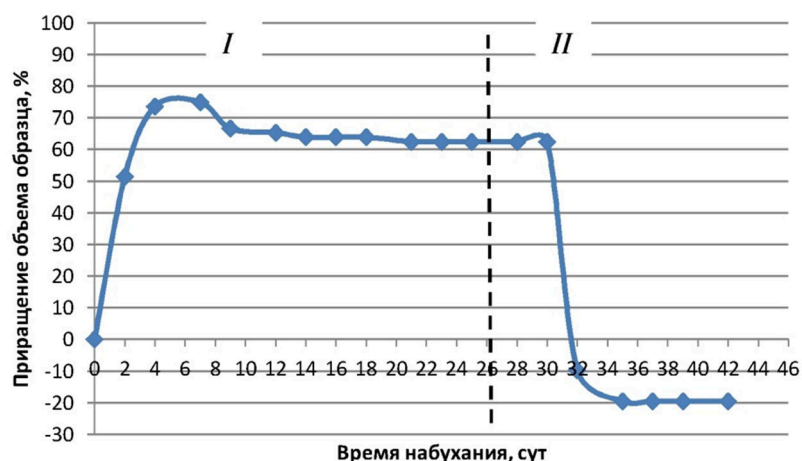
нефтеводонабухающих резин. Результаты лабораторных исследований различных образцов, а также проанализированная информация зарубежных источников показывают, что скорость набухания эластомеров зависит от ряда факторов, основными из которых являются структурный состав эластомера, состав жидкости, в которой происходит его набухание, степень доступа жидкости к поверхности эластомера, а также температурные условия.

Известны водонефтенабухающий эластомер производства «ТАМ», который поставляет ПАО «Татнефть» и пакер ЗАО «Кварт» (г. Казань) [1], однако стоимость этих пакеров очень высокая.

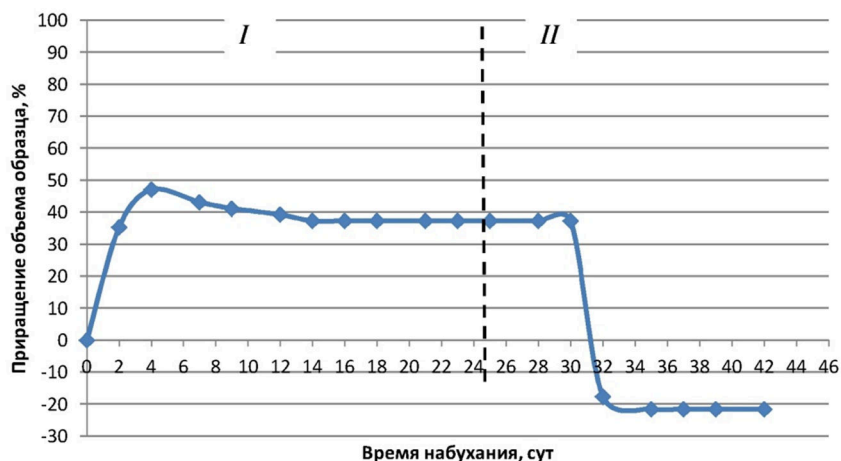
Отделом инноваций и экспертизы ООО УК «Шешмаойл» разработан водонефтенабухающий пакер собственной конструкции, в котором уплотнительный элемент выполнен из эластомера, способного увеличиваться в объеме при контакте с определенными жидкостями (водой или нефтью). Для исследований и испытаний рецептур резины на водонефтенабухание создан стенд. Разработана методика для определения динамики объемного набухания образцов в лабораторных условиях. Разработан и изготовлен стенд для определения времени и степени набухания манжет пакера в зависимости от минерализации прокачиваемой жидкости, нефти с различной вязкостью, продукции «нефть-вода» с различным процентным содержанием и давлением. Экспериментальные исследования проводились с использованием методики планирования экспериментов. Обработка результатов экспериментов осуществлялась методами математической статистики и регрессивного анализа. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментальной проверкой на лабораторных стендах.

Манжеты пакера изготавливаются методом горячего прессования. Для изготовления манжет служит пресс-форма, в которую насыпается резиновая крошка.

Полученные первые образцы-материалы помещались в дистиллированную и в пластовую воду. Изменение массы образцов наблюдалось в течение 30 суток. В ходе проведения лабораторных исследований выяснилось, что водонабухание лежит в пределах 65 % в дистиллированной воде и 40 % в пластовой, т.е. удовлетворяет техническим требованиям (рис. 1 и 2).



**Рисунок 1** – Динамика набухания образцов при неограниченном доступе дистиллированной воды: I – образцы находятся в воде; II – образцы извлечены из воды



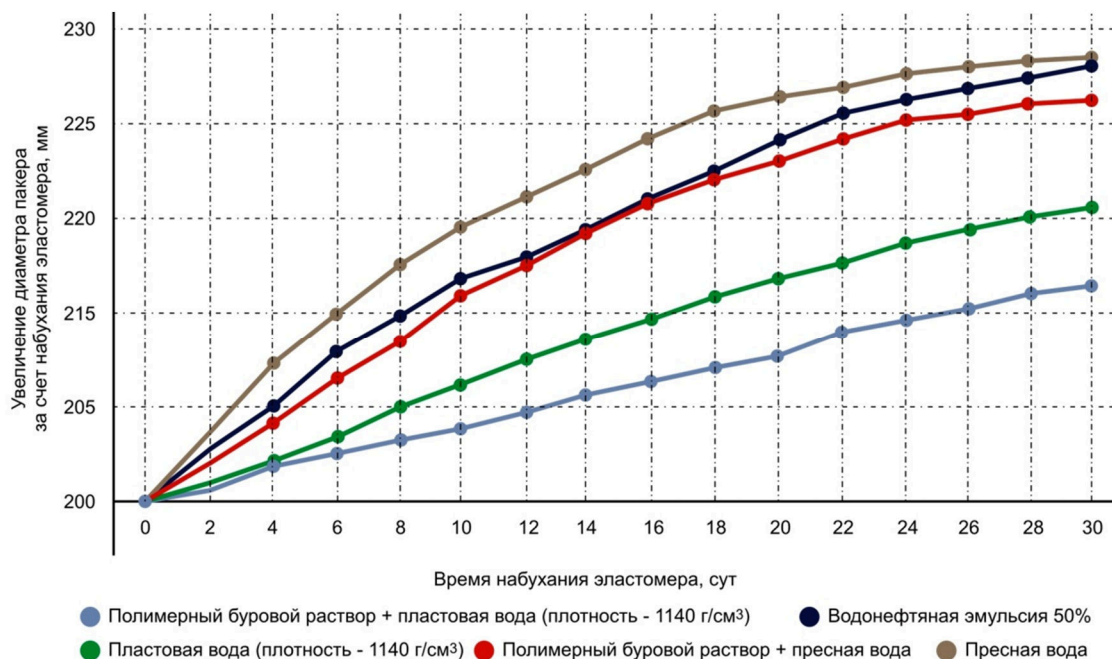
**Рисунок 2** – Динамика набухания образцов при неограниченном доступе пластовой воды: I – образцы находятся в воде; II – образцы извлечены из воды



В процессе строительства скважины на эластомер пакера могут влиять различные технологические жидкости, особенно буровой раствор, поэтому проведено исследование влияния набухания эластомера при взаимодействии с различными жидкостями. Быстрое набухание эластомера за счет воздействия на него бурового раствора в процессе спуска эксплуатационной колонны перед цементированием скважины может привести:

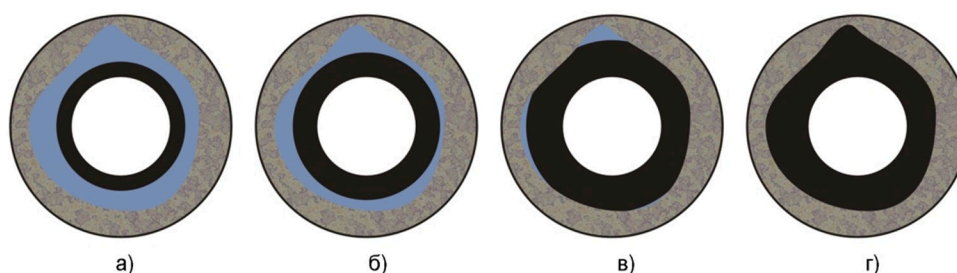
- к снижению (полной потере) циркуляции и увеличению давления нагнетания при цементировании обсадной колонны.
- к уменьшению толщины цементного кольца в месте установки пакера.

С целью снижения скорости набухания эластомера при контакте с буровым раствором в процессе крепления скважины был проведен подбор композиции материалов эластомера (рис. 3).



**Рисунок 3** – Динамика увеличения диаметра пакера «Шешма-ВНН» за счет набухания эластомера при неограниченном доступе различных типов жидкостей

Исследования показали, что максимальное приращение объема эластомера, применяемого в водонефтенабухающих пакерах «Шешма-ВНН», происходит не в первые 4–8 суток, а равномерно в течение 30 суток, что позволяет избежать возникновения проблем, описанных выше. На рисунке 4 представлено моделирование набухания резины в скважине.



**Рисунок 4** – Процесс набухания резины в скважине: а) возникновение доступа жидкости; б) через 10 суток; в) через 20 суток; г) через 30 суток

После лабораторных испытаний следующим этапом стало промышленное внедрение пакеров с манжетами из разработанной резиновой крошки. Для изготовления манжет служит гидравлический пресс, который состоит из станины, двух нагревательных и двух охлаждающих плит, блоков регулирования температуры и давления. Обогрев верхней и нижней плит происходит до температуры не менее 180 °С, которая регулируется с помощью датчиков температуры, установленных на панели приборов пресса.

В среднем, время на изготовление манжеты составляет 15 минут при температуре 180 °С и давлении прессования 15 МПа. Отделом инноваций и экспертизы ООО УК «Шешмаойл» был разработан способ крепления манжет на ствол пакера. Манжеты и пакер «Шешма-ВНН» изготавливаются силами ООО «Механика-Сервис» на производственной базе с. Новошешминск (Республика Татарстан).



Набухающий пакер (рис. 5) состоит из полого ствола 1, на котором закреплены с помощью крепежных деталей 2 и клея-герметика защитное и разделительное кольца 3 и 4, установлен центратор 5. Вплотную к кольцу разделительному 4 на полой стволе 1 установлены уплотнительные элементы 6, затем кольцо-фиксатор 7. Между группой уплотнительных элементов 6 установлены кольца-фиксаторы 7 и закреплены кольца разделительные 4. Количество последовательно установленных уплотнительных элементов 6, колец-фиксаторов 7 и разделительных колец 4 определяется длиной пакера. Уплотнительные элементы 6 выполнены из разбухающего эластомера. За последним разделительным кольцом 8 установлен центратор 9 и защитное кольцо 10. В средней части набухающего пакера при длине пакера свыше 5 метров обычно устанавливается дополнительный центратор. При необходимости, уплотнительные элементы 6 могут быть выполнены из эластомера, разбухающего в воде или нефти, а также комбинированным эластомером, состоящим из двух частей, одна из которых выполнена из эластомера, разбухающего в воде, а другая из эластомера, разбухающего в нефти; при этом части разделены между собой кольцом-фиксатором 7.

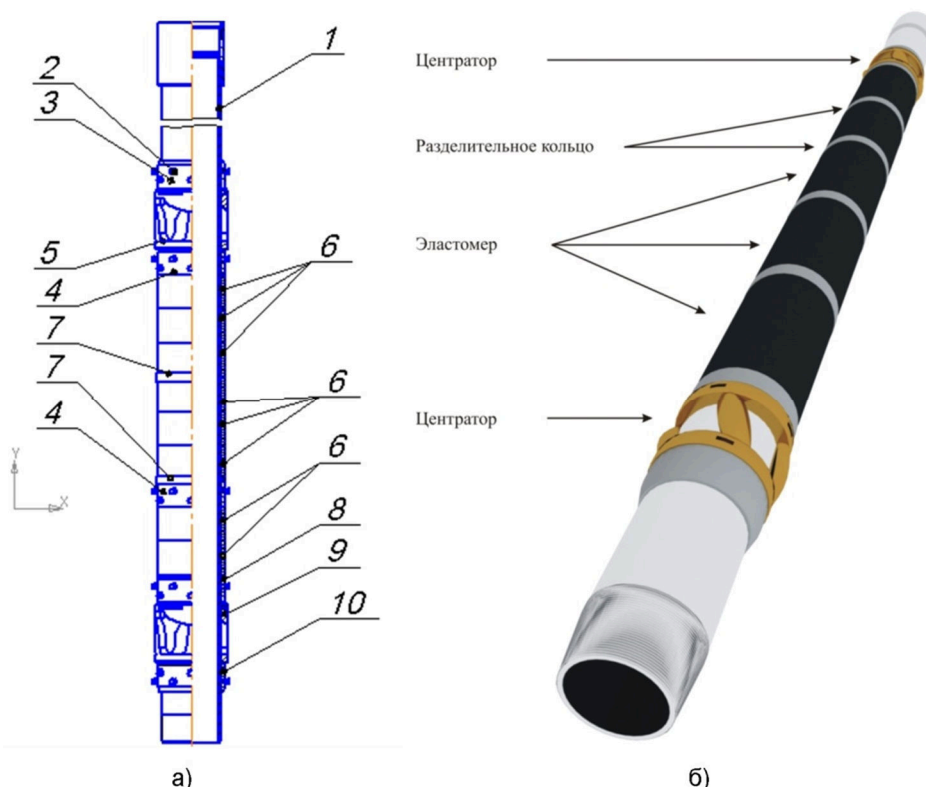


Рисунок 5 – Набухающий пакер: а) сборочный вид; б) вид в аксонометрии

Пакер 11 в составе колонны обсадных труб (рис. 6) спускают в открытый ствол скважины в интервал, например, между водоносным и нефтяным пластами, требующие разобщения их в период эксплуатации скважины. В процессе освоения и эксплуатации скважины уплотнительные элементы 6, взаимодействуя с пластовой жидкостью из водоносного пласта, набухают до плотного контакта с поверхностью ствола, разобщают пласты и ограничивают поступление воды в зону фильтра и нефтяной пласт. Процесс набухания продолжается при эксплуатации скважины по мере образования новых каналов и поступления в них воды.

Таким образом, пакер надежно герметизирует заколонное пространство скважины и служит для разобщения затрубного пространства в процессе всего периода освоения и эксплуатации скважины.

Пакер «Шешма-ВНН» по диаметру изготавливается трех типоразмеров для применения в скважинах с эксплуатационной колонной диаметром 114, 146 и 168 мм. Минимальное расстояние между разобщаемыми горизонтами должно быть от 1 м и более. Основные технические характеристики пакера представлены в таблице 1.

По результатам бурения скважин в 2013 году, из 39 пробуренных скважин по результатам освоения в 11 скважинах были обнаружены межпластовые перетоки, соответственно процент брака составил 28,2 % от общего количества построенных скважин. Внедрение пакеров «Шешма-ВНН» производилось с марта 2014 года на всех без исключения пробуренных скважинах добывающих компаний под управлением ООО УК «Шешмаойл». Для создания равных условий в анализе принимало участие по 39 скважин построенных до и после внедрения пакеров «Шешма-ВНН». По результатам анализа была доказана 100 % эффективность использования пакеров «Шешма-ВНН».

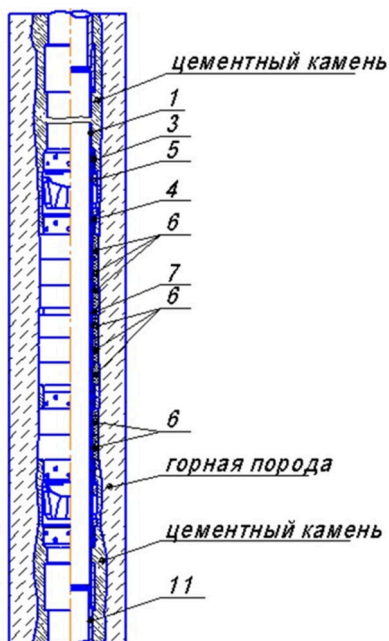


Рисунок 6 – Пакер в скважине

Таблица 1 – Технические характеристики пакера «Шешма-ВНН»

Диаметр ствола скважины, мм	Диаметр трубы пакера, мм	Диаметр пакера, мм	Толщина эластомера, мм
144	114	133	9,5
156	114	145	15,5
216	146	200	27,0
216	168	200	16,0

Водоизоляционные работы (ВИР) на скважинах, оборудованных пакерами «Шешма-ВНН», на стадии освоения после перфорации эксплуатационной колонны не проводились, в то время как без применения заколонных пакеров проводили ВИР в 2013 году на скважинах на стадии освоения:

- в ОАО «Шешмаойл» – на 6 скважинах,
- в ЗАО «Геотех» – на 5,
- в ЗАО «Геология» – на 3.

Информация о внедрении набухающих пакеров представлена в таблице 2, всего за 2014–2017 годы внедрено 180 пакеров «Шешма-ВНН».

Таблица 2 – Информация о внедрении набухающих пакеров

№ п/п	Добывающая компания	Внедрение первого пакера		Общее количество внедренных пакеров				
		№ скважины	Дата внедрения	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Всего
1	АО «Геология»	10078	16.03.2014 г.	15	11	2		28
2	АО «Шешмаойл»	3778	12.07.2014 г.	15	37	19	12	83
3	АО «Геотех»	17	03.08.2014 г.	3		1	9	13
4	ООО «НК-Геология»	40206	02.10.2014 г.	3	2	4	2	11
5	АО «Иделойл»	1561	11.02.2015 г.		11	7		18
6	ЗАО «Охтин-ойл»	2003	16.05.2015 г.		5	5	3	13
7	АО «Елабуганефть»	4920	05.10.2016 г.			2		2
8	АО «Кондурчанефть»	8758	08.10.2016 г.			3	9	12
Итого:				36	66	43	35	180



В таблице 3 представлена информация по эффективности внедрения водонабухающих пакеров на скважинах ООО УК «Шешмаойл», в среднем у всех добывающих компаний обводненность на скважинах меньше на 37,5 %, чем на скважинах без водонабухающих пакеров.

**Таблица 3** – Информация об обводненности

№ п/п	Добывающая компания	Обводненность, %	
		Базовые скважины	С пакерами «Шешма-ВНН»
1	АО "Шешмаойл"	30	6
2	АО "НК-Геология"	29	28
3	АО "Геотех"	27	2
4	АО "Геология"	60	18
5	АО "Иделойл"	15	5
Среднее:		32	12

Преимущества разработанного пакера:

- повышение качества крепления скважины;
- обеспечение максимального периода безводной эксплуатации скважины без проведения дополнительных водоизоляционных работ;
- более замедленное набухание эластомера по сравнению с аналогичными пакерами;
- низкая стоимость по сравнению с аналогичными пакерами.

#### **Выводы:**

1. Установлено, что 30 % осложнений скважин связано с поглощением тампонажного раствора и тем самым недоподъемом цементного раствора, 25 % – с межпластовыми перетоками, 20 % – с неправильным определением водонефтяного контакта, 15 % связано с недоспуском колонн и 10 % – флюидопроявление.
2. Водонабухание резины лежит в пределах 80 % в пластовой воде и 105 % в дистиллированной.
3. Степень набухания разработанной резины в нефти – 120 %.
4. Манжеты изготавливаются методом горячего прессования на гидравлическом прессе с определенными временем, температурой и давлением.
5. Разработан надежный способ крепления манжет на пакер.
6. Определена положительная устойчивость резины к кислотным составам.
7. На 180 скважинах в 8-ми добывающих компаниях, находящихся в Республике Татарстан, внедрены новые конструкции водонефтенбухающих пакеров, которые непосредственно в пластовых условиях позволяют создавать зоны (экран, барьер) с повышенным фильтрационным сопротивлением и исключать межпластовые перетоки, подтягивание подошвенных вод.
8. Водоизоляционные работы на стадии освоения после перфорации эксплуатационной колонны с набухающими пакерами не проводились. Обводненность скважин с набухающими пакерами (12 %) ниже, по сравнению с базовыми скважинами (32 %).
9. Получены сертифицирующие документы и отправлена заявка на патент РФ.

#### **Литература:**

1. Пат. РФ № 2581593 Способ эксплуатации скважинного нефтепромыслового оборудования / Тахавудинов Ш.Ф. и др., – заявитель и патентообладатель ОАО «Татнефть», № 2015124355/03; заявл. 23.06.2015.

#### **References:**

1. Takhautdinov Sh. F. et al. Sposob ekspluatatsii skvazhinogo neftepromyslovogo oborudovaniya [Method for operation of downhole oil-field equipment]: Patent RF № 2581593, app. no. 2015124355/03 dated 23.06.2015, patent assignee and owner JSC Tatneft.