

DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-6-20-27

УДК 622.276.4

А.П. Чижов, В.Е. Андреев, Р.Я. Нугаев, Е.Р. Ефимов, Р.К. Напольская
(ГАНУ «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан», г. Уфа, Российская Федерация), **А.П. Аверьянов** (Институт машиноведения им. А.А. Благоднарова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ БАШКОРТОСТАНА

Aleksandr P. Chizhov, Vadim Ye. Andreev, Rais Ya. Nugaev, Evgeniy R. Efimov, Raisa K. Napolskaya (Institute of Strategic Researches of Republic of Bashkortostan, State Autonomous Scientific Department, Ufa, Russian Federation), **Aleksey P. Averyanov** (A.A. Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation)

PREDICTING THE APPLICATION OF METHODS FOR INCREASING OIL RECOVERY AT OIL FIELDS OF BASHKORTOSTAN

Введение

На сегодняшний день нефтегазодобывающий комплекс Башкортостана характеризуется ухудшением качественного состояния сырьевой базы, что связано со значительной степенью выработки активных запасов многих эксплуатационных объектов, разрабатывающихся длительное время, и приращением ресурсов за счет открытия залежей с трудноизвлекаемыми запасами нефти, приуроченными к низкопроницаемым и малотолщинным коллекторам, с высоковязкой нефтью и обширными подгазовыми и водонефтяными зонами.

Цели и задачи:

- изучение опыта разработки трудноизвлекаемых запасов нефти месторождений Башкортостана;
- выявление влияния геологических, промысловых факторов на эффективность процесса нефтеизвлечения из продуктивных пластов;
- геолого-промысловое обоснование применения различных методов увеличения нефтеотдачи.

Background

Today, Bashkortostan oil and gas complex is characterized by a deterioration in the quality of hydrocarbon base, which is associated with a significant degree of active reserves development of many production facilities under development for a long time, and an increase in resources due to discovery of oil fields with hard-to-recover oil reserves, confined to low-permeable and weakly thickened reservoirs, with oil and extensive gas and water-oil zones.

Aims and Objectives:

- study the experience of developing hard-to-recover oil reserves at Bashkortostan oil fields;
- identification of geological, industrial factors influence on the oil recovery process from production formations efficiency;
- geological and production planning of various methods use for oil recovery increasing.

Методы

Классификация объектов разработки выполнена с использованием методов математической статистики.

Рекомендации по совершенствованию эффективности воздействия на остаточные и трудноизвлекаемые запасы базируются на критериальном анализе применимости методов увеличения нефтеотдачи.

Результаты

Рассмотрены параметры пластовых систем и приведены результаты группирования эксплуатационных объектов месторождений Башкортостана. Установлены критерии эффективного применения методов увеличения нефтеотдачи и геолого-промысловые условия выделенных групп объектов со схожими характеристиками. Разработаны рекомендации по увеличению эффективности нефтеизвлечения с применением адресных технологий воздействия на пласт.

Methods

The classification of development objects is performed using the methods of mathematic statistics. Recommendations for improving the effectiveness of the impact on residual and hard-to-recover reserves are based on a criterion analysis of the applicability of enhanced oil recovery methods.

Results

The parameters of reservoir systems are considered and the results of grouping operational facilities of Bashkortostan oil fields are presented. The criteria for effective application of methods for increasing oil recovery and geological and field conditions of selected groups of objects with similar characteristics are established. Recommendations for increasing the efficiency of oil recovery using targeted technologies of formation impact are developed.

Ключевые слова: месторождение, коллекторы, коэффициент нефтеизвлечения, методы увеличения нефтеотдачи, метод главных компонент

Key words: oil field, reservoirs, oil recovery factor, methods of enhanced oil recovery, principal component method

Анализ 686 залежей Республики Башкортостан (более чем 100 месторождений) показал, что они характеризуются разнообразием физико-химических свойств пластовых флюидов, емкостно-фильтрационных характеристик, классов залежей. Эксплуатационные объекты размещаются в широком стратиграфическом диапазоне – от нижнего карбона до среднего девона. По этим залежам собран значительный объем геолого-технологической информации условий их эксплуатации.

Современные требования к состоянию разработки эксплуатационных объектов делают необходимым проведение *детализированного геолого-промыслового анализа динамики технологических показателей* объектов разработки. Часто проведение такого

анализа осуществляется при значительной вариации геологических, физических и промысловых параметров разрабатываемых пластовых систем и технологических характеристик систем воздействия на остаточные запасы.

На первом этапе такого анализа предполагается выделение эксплуатационных объектов со сходными геолого-физическими и физико-химическими свойствами пластовых систем [1-4].

В настоящее время отмечается недостаточная компенсация, соответствующая приростам запасов нефти открываемых месторождений, естественного снижения добычи нефти. Альтернативой открытию залежей может являться широкомасштабное внедрение в практику нефтедобычи современных

прогрессивных методов увеличения нефтеотдачи пластов, которое позволит удержать годовые темпы добычи нефти на достигнутом уровне [5-8].

Любой метод повышения эффективности процесса нефтеизвлечения не является универсальным для «всех случаев». Эффективность метода во многом зависит от геолого-физических и промысловых условий, в которых он применяется [7, 9].

В условиях рассматриваемых объектов особое значение имеет операция группирования (идентификации), т. е. выделение однородных групп объектов, характеризующихся сходными параметрами пластовых систем.

Идентификация объектов решает целый ряд основных задач разработки и нефтепромысловой геологии: проводить обоснование систем эксплуатации, оценивать степень различия пластовых систем при выделении эксплуатационных объектов, обосновывать применимость методов повышения нефтеотдачи пластов, определять наиболее эффективные мероприятия по регулированию и контролю разработки и т.д. [1, 3].

Использование метода идентификации, в основе которого лежат логический и математический анализы, позволяет обоснованно и надежно выделить однородные группы в сложившихся условиях значительного числа эксплуатационных объектов и их параметров.

В настоящее время широкое распространение получили методы из теории распознавания образов – кластерный анализ, метод главных компонент, факторный и дискриминантный анализы и др.

Достоинствами того или иного метода и поставленными в исследованиях задачами определяется *выбор* соответствующего метода. В разработке нефтяных, газовых месторождений и нефтегазопромысловой геологии и при решении ряда задач по повышению эффективности систем нефтеизвлечения все большее применение находит *дискриминантный анализ* и *метод главных компонент*.

Для решения задач группирования эксплуатационных объектов выбор метода главных компонент (МГК) связан со следующими особенностями [1, 4]:

- группирование (идентификация) осуществляется с учетом особенностей геологического строения эксплуатационных объектов, сочетания параметров пластовых систем, оказывающих высокую степень влияния на эффективность процесса разработки;
- выделение групп объектов из множества эксплуатационных объектов осуществляется по независимым обобщенным показателям (так называемым главным компонентам), что, безусловно, является более объективным, чем выделение групп объектов по исходным параметрам залежей;
- эксплуатационные объекты, принимающие участие в исследованиях, характеризуются главными компонентами (факторами), число которых значительно меньше, чем число параметров и свойств пластовых систем, первоначально взятых для группирования, т.е. проводится своего рода сжатие многомерного пространства, без которого группирование представляется крайне затруднительным;
- изучение структуры главных компонент (факторов) позволяет выбрать и научно обосновать управляющее мероприятие, приводящее к увеличению эффективности процесса эксплуатации залежей нефти, и проверять гипотезы степени влияния факторов друг на друга и на общую картину в целом и выдвигать новые, давать интерпретацию причинно-следственных связей в полученных результатах;
- главные компоненты (факторы) объективно отражают исходную информацию и одновременно обеспечивают большей информацией, чем отдельно взятые свойства и параметры объектов;
- главные компоненты (факторы) характеризуются отсутствием взаимной корреляции, что по полученным факторам значительно способствует решению задач по построению различных моделей процесса нефтеизвлечения.

В работах многих исследователей приведено описание метода главных компонент, в частности, в работах [1-4], в этой связи подробно останавливаться на сути метода не будем.

Результаты решения по МГК показали, что на первые 4 компоненты приходится более 76,3 % общей дисперсии параметров из общего количества (15) главных компонент. В этой связи для выделения относительно однородных групп эксплуатационных объектов вполне достаточно рассмотреть выделяемые группы в пространстве только этих *четырёх компонент*.

Каждая главная компонента носит содер­жательный характер, который отражает тот или иной параметр, характеризующий ем­костно-фильтрационные свойства пластов, условия их залегания, текущее состояние разработки эксплуатационных объектов, физи­ко-химические свойства насыщающих про­дуктивные пласты флюидов и поддается смысловой интерпретации.

Первая из компонент характеризует свойства флюидов и продуктивных пластов, так как плотность нефти (13,4 %), коэффициент извлечения нефти (14,9 %), коэффициент песчаности (15,8 %), эффективная нефтенасыщенная толщина (13,8 %) и обеспечивают в данной компоненте 57,6 % общей дисперсии исследуемых параметров.

Вторая компонента отражает условия залегания эксплуатационных объектов и их технологические параметры разработки: открытая пористость – 11,6 %; температура пластовая – 11,8 %; коэффициент использования запасов нефти – 16,2 %; обводненность (среднегодовая) добываемой жидкости – 17,3 %. В сумме эти параметры описывают в данной компоненте 56,9 % общей дисперсии исследуемых параметров.

В третью компоненту наибольший вклад вносят физико-химические свойства пластовой нефти и тип коллектора (17,7 %) – содержание серы в нефти (18,3 %), её вязкость (19,7 %), которые на 55,7 % описывают общую дисперсию параметров.

Четвертая главная компонента характеризует условия залегания продуктивных пластов и технологические свойства нефти: температура пластов (14,6 %) и количество парафинов в нефти (18,3 %).

Следовательно, каждая главная компонента отражает те или иные геологические, физико-химические и технологические осо-

бенности эксплуатационных объектов на различных иерархических уровнях.

Выделение шести групп объектов стало возможным в результате геометрического представления эксплуатационных объектов в координатах осей главных компонент $Z_1 - Z_2$, $Z_1 - Z_3$, $Z_1 - Z_4$. При проведении границ выделенных групп выполнялось необходимое условие, при котором каждая группа исследуемых объектов занимает ограниченную и обособленную зону в пространстве четырёх главных компонент.

Расчет значений для «средних» гипотетических залежей позволяет качественно охарактеризовать и определить *особенности выделенных групп объектов* по исходным свойствам пластовых систем. Поэтому каждая из выделенных групп эксплуатационных объектов характеризуется своими уникальными особенностями.

Первая группа эксплуатационных объектов характеризуется *наибольшими значениями коэффициентов* нефтенасыщенности, открытой пористости, извлечения нефти (КИН) и проницаемости, нефтенасыщенной толщины продуктивных пластов, содержанием асфальтеной и смол в нефти; *высокими показателями* использования запасов и обводненности добываемой жидкости; *наименьшим значением* плотности пластовой нефти. В эту группу вошел 131 объект. Залежи группы приурочены к терригенным отложениям нижнего карбона.

Девяносто восемь эксплуатационных объектов *второй группы* приурочены к терригенным отложениям девона. Коллекторы характеризуются малой толщиной пластов, нефть – наибольшим содержанием парафинов и плотностью и низкими значениями вязкости. Объекты находятся на поздних стадиях разработки, о чём свидетельствуют наибольшие значения обводненности добываемой жидкости. Эта группа объектов подразделяется на *две подгруппы*, которые различаются размерами залежей и степенью выработанности. В среднем, КИН для крупных месторождений составил 0,48 д.ед. и 0,28 д.ед. – для средних и мелких месторождений. *В первой подгруппе* достигнут максимальный КИН (более 0,5). По более мелким месторождениям

достигнут КИН более 0,37. По второй группе достигнут высокий уровень обводненности – около 80 %.

Эксплуатационные объекты *третьей группы* приурочены к карбонатным коллекторам. В группу вошло 120 объектов, которые характеризуются наименьшими значениями коэффициентов проницаемости, нефтенасыщенности, открытой пористости, содержания смол, парафинов и асфальтенов, температуры пластов, наибольшими значениями содержания серы в нефти, толщины продуктивных пластов, вязкости нефти, обводненности добываемой жидкости и коэффициента использования запасов нефти.

Четвертая группа эксплуатационных объектов приурочена к карбонатным коллекторам. В группе насчитывается 133 объекта, которые характеризуются наименьшими значениями коэффициентов использования запасов и извлечения нефти.

В целом, многие месторождения и эксплуатационные объекты *третьей-шестой групп* разрабатываются на естественных режимах. Для объектов этих групп характерен низкий проектный КИН: в среднем около 0,229 д.ед., текущие значения КИН по группе намного ниже и составляют чуть более 0,07-0,08 д.ед.

В целом, эксплуатационные объекты Республики Башкортостан в настоящее время разрабатываются рационально. Однако основным недостатком реализации систем эксплуатации залежей нефти является применение единственного метода извлечения нефти – заводнения.

Дифференцированный подход к выбору методов увеличения нефтеотдачи (МУН) для каждой группы месторождений может повысить конечный КИН, причем наиболее эффективно воздействие комбинированными методами.

На основе критериального анализа эффективности применения МУН и сравнения их с геолого-физическими, физико-химическими свойствами пластовых систем и особенностями состояния разработки рассматриваемых групп эксплуатационных объектов можно сделать предварительные выводы о возможности применения методов уве-

личения нефтеотдачи на месторождениях Башкортостана.

На первой группе эксплуатационных объектов (залежи приурочены к продуктивным отложениям девонского возраста, пласты-коллекторы – достаточно однородные, терригенные, нефти маловязкие) целесообразно применить методы, направленные на повышение коэффициента вытеснения: нагнетание чередующихся оторочек CO_2 и воды, водогазовое воздействие, вытеснение остаточной нефти концентрированными оторочками ПАВ. Прогноз результатов воздействия рекомендуемыми методами показал, что величина технологической эффективности оценивается в 4-5 % от начальных геологических запасов.

На второй группе эксплуатационных объектов (залежи приурочены к терригенным продуктивным пластам нижнего карбона с высокой величиной макронеоднородности; нефти объектов – средневязкие) перспективы связаны с повышением коэффициента охвата процессом вытеснения: применение полимерных систем, силикатно-щелочных растворов, сопровождение которых виброволновым воздействием существенно повысит эффективность воздействия. Более того, система заводнения, функционирующая на объектах первой и второй групп, делает возможным применение на них биометодов. Прирост КИН от реализации предложенных мероприятий прогнозируется на уровне в 3-4 пункта.

На третьей группе объектов (залежи приурочены к трещиноватым карбонатным пластам-коллекторам фаменского возраста) рекомендуется применение волновых, гидродинамических и потокорегулирующих методов. Прогноз прироста КИН по группе при реализации рекомендаций оценивается в 5-7 пунктов. Геолого-промысловые условия *эксплуатационных объектов четвертой группы* (залежи приурочены к поровым карбонатным пластам-коллекторам каширо-подольского времени, вязкость нефти средняя) благоприятны для вытеснения нефти концентрированными оторочками ПАВ и применения водогазового воздействия. Реализация предложенных методов обеспечит по группе объектов прирост КИН на уровне 4-5 пунктов.

На эксплуатационных объектах пятой группы (залежи приурочены к порово-кавернозным карбонатным коллекторам башкирского и турнейского времени) рекомендуется применение водогазового воздействия, что обеспечит прирост КИН по группе, согласно прогнозу, в 5-7 пунктов.

Перспективы повышения эффективности системы нефтеизвлечения на объектах шестой группы (залежи приурочены к карбонатным рифогенным коллекторам сакмаро-артинского времени с высокой анизотропией фильтрационно-емкостных свойств и большим этажом нефтеносности) связаны с применением газовых методов (чередование оторочек углеводородного газа и ШФЛУ, использование углеводородных газов). Прогноз прироста КИН по группе при реализации рекомендаций оценивается в 7-8 пунктов.

Таким образом, широкое применение предложенных методов воздействия на объекты выделенных групп применительно к геологическим особенностям строения залежей Башкортостана, и выбор оптимальной системы заводнения позволят дополнительно извлечь из недр 5-6 % от начальных геологических запасов нефти Башкортостана.

Список литературы

1. Мерзляков В.Ф. Обоснование и совершенствование технологий разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. 267 с.
2. Хутмуллин Ф.Х., Назмиев И.М., Андреев В.Е. и др. Геолого-технологические особенности разработки нефтяных месторождений северо-запада Башкортостана. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 1999. 284 с.
3. Чижов А.П., Султанов Ш.Х., Вафин Р.И., Нугайбеков А.Г. Группирование объектов разработки месторождений Бирской седловины // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2007. Вып. 2 (68). С. 16-21.
4. Андреев В.Е., Яскин С.А., Чижов А.П., Чибисов А.В. Группирование эксплуатационных объектов Лангепасской группы месторождений // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2015. С. 57-58.
5. Уметбаев В.Г., Котенев Ю.А., Султанов Ш.Х. Обобщение методов промыслово-геофизических исследований пластов и скважин в процессе подготовки и проведения ремонтно-

Выводы

На основе детального геолого-промыслового анализа динамики базовых показателей эксплуатации месторождений Республики Башкортостан в условиях значительной изменчивости геолого-физических, физико-химических свойств пластовых систем и технологических параметров систем разработки залежей с использованием метода главных компонент проведено группирование (идентификация) эксплуатационных объектов по комплексу геолого-промысловых данных, что позволило выявить 6 однородных групп объектов со сходными характеристиками пластовых систем группы объектов и применяемыми системами разработки.

Определены типичные объекты в выделенных группах, выполнен критериальный анализ эффективного применения МУН и предложен комплекс рекомендаций по повышению эффективности выработки трудноизвлекаемых и остаточных запасов нефти и спрогнозировано дополнительное увеличение КИН при реализации предложенных мероприятий.

Величина прироста КИН от реализации рекомендаций на эксплуатационных объектах РБ в среднем составит 5-6 пунктов.

References

1. Merzlyakov V.F. *Obosnovanie i sovershenstvovanie tekhnologii razrabotki mestorozhdenii s trudnoizvlekaemyimi zapasami* [Justification and Improvement of Technologies for Hard-To-Recover Reserves Deposits Development]. Moscow, Nedra-Biznesstsentr Publ., 2003. 267 p. [in Russian].
2. Khutmullin F.Kh., Nazmiev I.M., Andreev V.E. e.a. *Geologo-tekhnologicheskie osobennosti razrabotki neftyanykh mestorozhdenii severo-zapada Bashkortostana* [Geological and Technological Features of the Development of Oil Fields in the North-West of Bashkortostan]. Moscow, VNIIOENG, 1999. 284 p. [in Russian].
3. Chizhov A.P., Sultanov Sh.Kh., Vafin R.I., Nugaibekov A.G. Gruppирование ob'ektov razrabotki mestorozhdenii Birs'koi sedloviny [Classification of Oilfield Productive Formations in Birs'k Saddle]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nef'ti i nef'teproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2007, Issue 2 (68), pp. 16-21. [in Russian].
4. Andreev V.E., Yaskin S.A., Chizhov A.P., Chibisov A.V. Gruppирование ekspluatatsionnykh ob'ektov Langepasskoi gruppy mestorozhdenii

изоляционных работ // Нефтегазовое дело. 2018. Т. 16. № 4. С. 13-24.

6. Чудинова Д.Ю., Сиднев А.В. Геолого-технические мероприятия по контролю и регулированию разработки месторождений Когалымской группы на завершающей стадии // Нефтегазовое дело. 2016. № 1. С. 119-137.

7. Чудинова Д.Ю., Дулкарнаев М.Р., Котенев Ю.А., Султанов Ш.Х. Дифференциация скважин в зонах с остаточными запасами нефти с использованием нейросетевого моделирования // Экспозиция нефть газ. 2017. № 4 (57). С. 10-14.

8. Султанов Ш.Х. Метотехнология системного анализа разработки нефтяных месторождений с различными категориями трудноизвлекаемых запасов. Уфа: Монография, 2009. 251 с.

9. Вафин Р.В. Разработка нефтенасыщенных трещиновато-поровых коллекторов водогазовым воздействием на пласт. СПб.: Недра, 2007. 217 с.

[Grouping of Operational Facilities of the Langepas Group of Fields]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy i metody obespecheniya nadezhnosti i bezopasnosti system transporta nefiti, nefteproduktov i gaza»* [Proceedings of International Scientific and Practical Conference «Problems and Ways of Ensuring Safety and Reliability of Oil/Product/Gas Transporting Systems»]. Ufa, 2015, pp. 57-58. [in Russian].

5. Umetbaev V.G., Kotenev Yu.A., Sultanov Sh.Kh. Obobshchenie metodov promyslovo-geofizicheskikh issledovaniy plastov i skvazhin v protsesse podgotovki i provedeniya remontno-izolyatsionnykh rabot [Generalization of Field Geophysical Methods of Layers and Wells Research in the Process of Preparation and Execution of Repair and Insulation Works]. *Neftgazovoe delo - Petroleum Engineering*, 2018, Vol. 16, No. 4, pp. 13-24. [in Russian].

6. Chudinova D.Yu., Sidnev A.V. Geologotekhnicheskie meropriyatiya po kontrolyu i regulirovaniyu razrabotki mestorozhdenii Kogalymskoi gruppy na zavershchayushchei stadii [Geological-Technical Measures for Control and Regulation of Development of Deposits of Kogalym Group in Concluding Stage]. *Neftgazovoe Delo - Oil and Gas Business*, 2016, No. 1, pp. 119-137. [in Russian].

7. Chudinova D.Yu., Dulkarnaev M.R., Kotenev Yu.A., Sultanov Sh.Kh. Differentsiatsiya skvazhin v zonakh s ostatochnymi zapasami nefiti s ispol'zovaniem neirossetevogo modelirovaniya [Differentiation of Wells in Zones with Residual Reserves of Oil, Using Neural Network Modeling]. *Ekspozitsiya. Neft' i Gaz - Exposition. Oil. Gas*, 2017, No. 4 (57), pp. 10-14. [in Russian].

8. Sultanov Sh.Kh. Metotekhnologiya sistemnogo analiza razrabotki neftyanykh mestorozhdenii s razlichnymi kategoriyami trudnoizvlekaemykh zapasov [Methotechnology for System Analysis of Oil Field Development with Various Categories of Hard-To-Recover Reserves]. Ufa, Monografiya Publ., 2009. 251 p. [in Russian].

9. Vafin R.V. *Razrabotka neftenasyshchennykh treshchinovato-porovykh kollektorov vodogazovym vozdeistviem na plast* [Development of Oil-Saturated Fractured-Pore Reservoirs by Water-Gas Impact on the Reservoir]. Saint-Petersburg, Nedra Publ., 2007. 217 p. [in Russian].

Авторы

• Чижов Александр Петрович, канд. техн. наук, доцент
Государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан»
Ведущий научный сотрудник
Российская Федерация, 450075, Республика Башкортостан, г. Уфа, пр. Октября, 129/3
тел. (347) 235-78-32
e-mail: 4ap@list.ru

The Authors

• Chizhov Aleksandr P., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Institute of Strategic Researches of the Republic of Bashkortostan, State Autonomous Scientific Department
Leading Researcher
129/3, October ave., Ufa, 450075,
Russian Federation
tel: (347) 235-78-32
e-mail: 4ap@list.ru

• Андреев Вадим Евгеньевич, д-р техн. наук, профессор
Государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан»
Руководитель Центра нефтегазовых технологий и новых материалов
Российская Федерация, 450075, г. Уфа, пр. Октября, 129/3
тел. (347) 235-77-19
e-mail: ufanegr@anrb.ru

• Andreev Vadim Ye., Doctor of Engineering Sciences, Professor
Institute of Strategic Researches of the Republic of Bashkortostan, State Autonomous Scientific Department
Head of the Center for Oil and Gas Technologies and New Materials
129/3, October ave., Ufa, 450075, Russian Federation
tel: (347) 235-77-19
e-mail: ufanegr@anrb.ru

• Нугаев Раис Янфурович, д-р техн. наук, профессор
Государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан»
Главный научный сотрудник
Российская Федерация, 450075, г. Уфа, пр. Октября, 129/3
тел. (347) 235-77-19
e-mail: intnm@yandex.ru

• Nugaev Rais Ya. Doctor of Engineering Sciences, Professor
Institute of Strategic Researches of the Republic of Bashkortostan, State Autonomous Scientific Department
Chief Researcher
129/3, October ave., Ufa, 450075, Russian Federation
tel: (347) 235-77-19
e-mail: intnm@yandex.ru

• Ефимов Евгений Романович
Государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан»
Младший научный сотрудник
Российская Федерация, 450075, г. Уфа, пр. Октября, 129/3
тел. (347) 235-78-32
e-mail: intnm@yandex.ru

• Efimov Evgeniy R.
Institute of Strategic Researches of the Republic of Bashkortostan, State Autonomous Scientific Department
Junior Researcher
129/3, October ave., Ufa, 450075, Russian Federation
tel: (347) 235-78-32
e-mail: intnm@yandex.ru

• Напольская Раиса Калеевна
Государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан»
Старший научный сотрудник
Российская Федерация, 450075, г. Уфа, пр. Октября, 129/3
тел. (347) 244-57-64
e-mail: intnm@yandex.ru

• Napolskaya Raisa K.
Institute of Strategic Researches of the Republic of Bashkortostan, State Autonomous Scientific Department
Senior Researcher
129/3, October ave., Ufa, 450075, Russian Federation
tel: (347) 244-57-64
e-mail: intnm@yandex.ru

• Аверьянов Алексей Петрович
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук
Главный научный сотрудник
Российская Федерация, 101990, г. Москва, Малый Харитоньевский переулок, 4
тел. (495) 628-87-30
e-mail: info@imash.ru

• Averyanov Aleksey P.
A.A. Blagonravov Mechanical Engineering Institute
Russian Academy of Sciences
Chief Researcher
4, Maliy Kharitonievsky pereulok, Moscow, 101990, Russian Federation
tel: 8 (495) 628-87-30
e-mail: info@imash.ru