

# РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОГО ПРОЦЕССА, ЕЕ АНАЛИЗ И ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДОВ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

И. В. Быстрова, Т. С. Смирнова, Д. А. Бычкова, М. С. Мелихов

## Development of the rational scheme of geological exploration process, its analysis and significance for prospecting and exploration of hydrocarbons at the russian sector of the Caspian sea

I. V. Bystrova, T. S. Smirnova, D. A. Bychkova, M. S. Melikhov

To conduct a justified assessment of the perspective resources of the Caspian Sea and adjacent territories, the authors develop a rational scheme of the geological exploration process with its analysis and identification of significance for hydrocarbon exploration in the northern part of the Caspian Sea. The paper outlines the methodological approaches and concepts of introducing this scheme in search for oil and gas. This allows us to justify and select the optimal set of research methods at various stages of oil and gas production. The system of structure and principles of organization scheme of the geological prospecting process allow to identify the optimal complexes of methods of geological-geophysical and other studies for these stages. The article provides information confirming the necessity of developing and implementing this scheme in the geological exploration process of the studied territory. The necessary development of opportunities in carrying out this work fundamentally changes the qualitative aspect of the geological exploration process. The facts presented in the article allow to study in detail the structures of the shelf zone, the thicknesses and composition of productive subsalt deposits, and to trace their interrelation with continental structural elements. The paper shows the importance of providing, at different levels, a rationale and choice of an optimal set of research methods at different stages of oil and gas prospecting during the development of a rational geological exploration scheme for hydrocarbons in water areas. This paper presents a proposed block diagram of a marine geological prospecting process for hydrocarbons. It describes the sequence of performing the types of work at the regional, exploratory and exploration stages. For each stage of the study, the authors set the tasks, determine the objects of research, methods of geological and geophysical research and their results, and determine methods for engineering-geological investigations. Environmental studies gain particular attention, due to the stringent requirements for geological exploration of oil and gas at all stages. For these purposes, the authors strongly recommend to carry out regional environmental monitoring to assess the impact of geological exploration on the environment.

**Keywords:** platform; water area; gravimetry; magnetometry; geochemical survey; exploration and evaluation stage; ecological monitoring; storage tank; seismic prospecting; collectors; tires; hydrocarbons.

Для проведения обоснованной оценки перспективных ресурсов Каспийского моря и сопредельных территорий разрабатывается рациональная схема геологоразведочного процесса с ее анализом и выявлением значения для поисков и разведки углеводородов в северной части Каспийского моря. Изложены методологические подходы и концепции внедрения данной схемы при поисках нефти и газа. Это позволяет обосновать и выбрать оптимальный комплекс методов исследований на разных этапах нефтегазопромысловых работ. Система структуры и принципы организации схемы геологоразведочного процесса позволяют выявить оптимальные комплексы методов геолого-геофизических и других исследований к этим этапам. В статье приводятся сведения, подтверждающие необходимость разработки и внедрения этой схемы в геологоразведочный процесс изучаемой территории. Необходимое развитие возможностей в проведении данной работы кардинально меняет качественную сторону геологоразведочного процесса. Приведенные в статье факты позволяют более детально изучить структуры шельфовой зоны, мощности и состав продуктивных подсолевых отложений, а также проследить их связь с континентальными структурными элементами. В работе показано, насколько важно при разработке рациональной схемы геологоразведочного процесса на углеводороды в водных акваториях на разных уровнях обеспечить обоснование и выбор оптимального комплекса методов исследований на разных этапах нефтегазопоисковых работ. В данной работе предложена блок-схема морского геологоразведочного процесса на углеводороды. В ней излагается последовательность выполнения видов работ на региональном, поисковом и разведочном этапах. Для каждого этапа исследования ставятся задачи, определяются объекты исследования, методы геолого-геофизических исследований и их результаты, определяются методы инженерно-геологических изысканий. Уделяется особое внимание экологическим исследованиям, которое объясняется жесткими требованиями к проведению геологоразведочных работ на нефть и газ на всех этапах. Для этих целей настоятельно рекомендуется проведение регионального экологического мониторинга, предназначенного для оценки воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду.

**Ключевые слова:** платформа; акватория; гравиметрия; магнитометрия; геохимическая съемка; поисково-оценочный этап; экологический мониторинг; резервуар; сейсморазведка; коллекторы; покрышки; углеводороды.

Промышленное освоение Каспийского региона насчитывает более чем 150-летнюю историю, а освоение морских месторождений началось с 1920–1930-х гг. Однако следует отметить, что изученность исследуемого ре-

гиона до сих пор является недостаточной для проведения обоснованной оценки перспективных ресурсов Российского сектора Каспийского моря и сопредельных территорий. Особенно слабо в этом отношении изучен Северный и Средний Каспий [1].

Следовательно, для решения данной проблемы необходимо разработать и внедрить рациональную схему геологоразведочного процесса при поиске углеводородов в северной части Каспия. Это позволит более детально изучить структуры в этой части моря, мощности и состав продуктивных подсолевых (девон-нижнепермских) отложений и их связи с континентальными структурными элементами [2]. Значительную перспективу могут представлять также «поднадвиговые» каменноугольно-пермские и, возможно, триасовые отложения на морском продолжении кряжа Карпинского, находящиеся, согласно результатам анализа и обобщения фактического (геолого-геофизического) материала, в обстановке менее интенсивных тектонических движений, чем их континентальные аналоги [3].

По-видимому, требует значительно более детального анализа и освещения орогенная стадия геологической истории всей Прикаспийской впадины в целом вместе с прилегающими районами современной суши. Ее восстановление позволит понять условия формирования отдельных комплексов разреза данной впадины и особенности распределения углеводородного потенциала в разных ее частях. Переоценка потенциальных ресурсов на современной методологической и фактической базе приведет к открытию новых перспективных зон и позволит подготовить к бурению как мелководную, так и глубоководную части Каспийского моря [4].

Разработка рациональной схемы геологоразведочного процесса на нефть и газ в исследуемом регионе включает обоснование и выбор оптимального комплекса методов исследований на разных этапах нефтегазопоисковых работ [5]. При этом не-

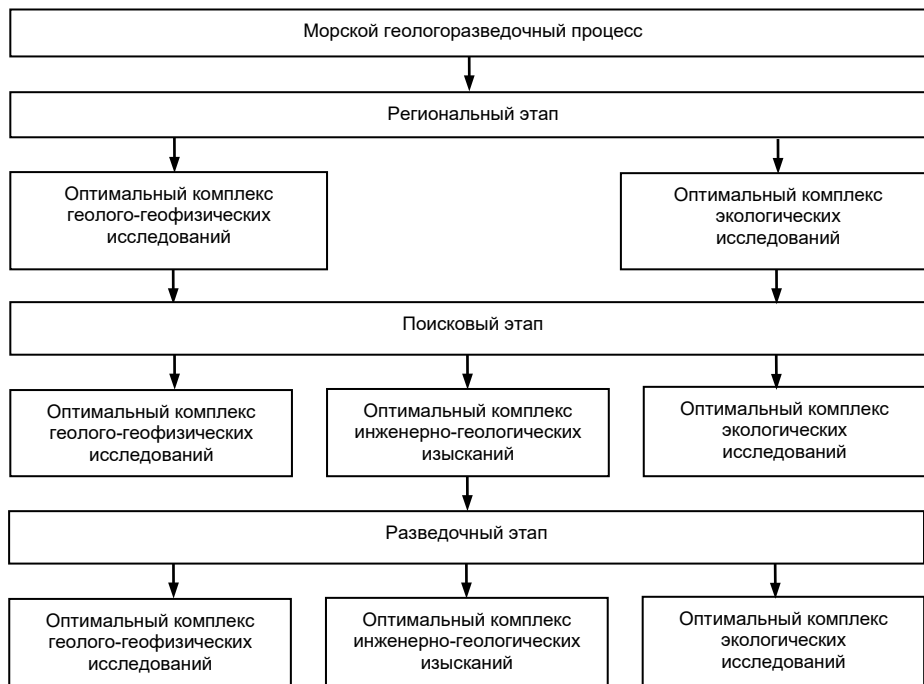


Рисунок 1. Блок-схема морского геологоразведочного процесса.

обходимо учитывать природные, геологические и экологические условия. Комплексный анализ получаемой информации, объединение всех элементов работ в определенной логической последовательности и определение порядка (методики) их выполнения позволяют рассмотреть морские геологоразведочные процессы на нефть и газ как диалектическую систему взаимосвязанных оптимальных геолого-геофизических, инженерно-геологических и экологических методов получения, обработки и интерпретации информации на разных этапах нефтегазопроисковых работ [6].

Блок-схема морского геологоразведочного процесса на нефть и газ отражает закономерность выполнения отдельных видов работ на региональном, поисковом и разведочном этапах (рис. 1).

Рациональная схема геологоразведочного процесса на нефть и газ в северной акватории Каспийского моря разработана на основе полученных результатов геолого-геофизических, инженерно-геологических и экологических исследований.

На базе теоретических и эмпирических данных с учетом разработанной методики интерпретации полученных результатов проводятся обоснование и выбор оптимального комплекса методов исследований на разных этапах нефтегазопроисковых работ [7].

На региональном этапе объектами изучения являются нефтегазоперспективные участки и геологические структуры с учетом их вертикальной и горизонтальной зональности. Оптимальный комплекс геолого-геофизических методов исследований включает гравиметрию, магнитометрию, сейсморазведку МОВ (МОГТ), для определенных районов корреляционный метод преломленных волн (КМПВ), геохимическую съемку. Результатами данных исследований являются тектонические схемы, региональные структурные карты и схемы, прогнозные оценки ресурсов углеводородов, а также логические геологические модели и рекомендации по направлению дальнейших работ.

С учетом большой площади изучаемой территории необходимо максимально использовать уже имеющуюся информацию прошлых лет и результаты региональных геофизических съемок. Очень важно, особенно в районах с жесткими экологическими требованиями, сократить до необходимого и достаточного объем новых работ без ущерба качества всего комплекса исследова-

ний за счет комплексирования имеющейся разнородной геолого-геофизической информации.

Важно понять с точки зрения экологии в частности, что в случае недостаточного объема региональных исследований при, казалось бы, сокращении объемов сейсмической и других геофизических съемок на региональном этапе недостаток информациикратно увеличит объем таких исследований на поисково-оценочном этапе, что будет иметь негативные последствия в более поздний срок проведения работ.

Целесообразно при этом использовать методику оперативной интерпретации по мере поступления новых данных. Для каждой площади региональных исследований ограничиться стадией изучения, при которой получение новых геолого-геофизических данных существенно не уточняет геологическое строение изучаемой территории. Предлагаемая методология при проведении морских геологоразведочных работ не относится к бурению [8].

В морских условиях из-за высокой стоимости несоблюдения и, как правило, не проводится опорное и параметрическое бурение, которые являются типовым комплексом работ на региональном этапе. При геологических построениях используются результаты бурения прошлых лет на сопредельных территориях. В связи с этим не выполняются и инженерно-геологические изыскания, целью которых является обеспечение безопасности постановки буровой платформы и бурения скважин.

Экологические исследования включают региональный экологический мониторинг, предназначенный для оценки воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду.

На поисковом этапе изучаются перспективные структуры, ловушки нефти и газа, покрышки, коллектора и месторождения углеводородов. В оптимальный комплекс геолого-геофизических методов исследований входят сейсморазведка МОГТ-2Д, дифференциально-нормированный метод электроразведки (ДНМЭ), прогнозирование коллекторов и УВ-насыщения по технологии АВО-литоскан, бурение, ГИС и вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП), проводимые в скважинах (таблица) [9]. По результатам исследований строятся структурные карты, разрезы, подготавливаются паспорта на поисковые объекты, производится подсчет прогнозных ресурсов, разрабатываются рекомендации по направлению дальнейших работ. На данном

Рациональная схема геологоразведочного процесса на нефть и газ в акваториях морей.

Этапы ГРП	Задачи исследований	Объекты исследований (геологические системы)	Геолого-геофизические исследования		Инженерно-геологические изыскания		Экологические исследования	
			Методы исследования	Результаты исследования	Методы исследования	Результаты исследования	Методы исследования	Результаты исследования
Региональный	Изучение геологического строения, оценка перспектив нефтегазоносности, определение районов для постановки поисковых работ. Обеспечение экологической безопасности ГРП	Региональная геологическая система	Гравиметрия, магнитометрия, сейсморазведка МОВ (МОГТ), в отдельных случаях сейсморазведка КМПВ, геохимическая съемка	Тектонические схемы, региональные структурные карты и схемы, прогнозные оценки ресурсов УВ, логические модели, рекомендации по направлению дальнейших работ	-	-	Региональный экологический мониторинг	Оценка состояния окружающей среды на региональном уровне, оценка воздействия ГРП на окружающую среду
		↓						
		Вертикальная зональность						
		Фундамент, структурно-формационные системы						
↓								
Горизонтальная зональность								
Структурно-тектонические и литолого-фациальные элементы, нефтегазоперспективные участки								
Поисковый	Обнаружение новых месторождений или залежей нефти и газа, оценка их запасов. Обеспечение промышленной и экологической безопасности ГРП	Породно-слоевые системы	Сейсморазведка МОГТ-2Д, электро-разведка ДНМЭ, прогнозирование коллекторов и УВ-насыщения по технологии AVO-литоскан, бурение, ГИС, ВСП	Структурные карты, разрезы, паспорт на поисковый объект, подсчет прогнозных ресурсов, рекомендации по направлению дальнейших работ	Сейсмоакустическое профилирование, бурение инженерно-геологических скважин, статическое зондирование, лабораторные исследования грунтов, сейсморазведка ВЧ МОГТ	Сейсмостратиграфическое расчленение осадочных отложений, выявление инженерно-геологических опасностей, объемное моделирование геологической среды	Региональный и локальный экологический мониторинг, производственный экологический контроль	Оценка состояния окружающей среды на региональном и локальном уровне, оценка воздействия ГРП на окружающую среду, мероприятия по обеспечению экологической безопасности
		↓						
		Вертикальная зональность						
		Литология, покрышки, коллекторы						
↓								
Горизонтальная зональность								
Границы геологических тел, ловушки нефти и газа, месторождения УВ								
Разведочный	Изучение месторождений (залежей), уточнение промысловых характеристик эксплуатационных объектов. Обеспечение промышленной и экологической безопасности ГРП	Минерально-породные системы	Сейсморазведка 3Д, прогноз коллекторов, бурение, геологическое моделирование	Структурные карты, разрезы, цифровые геологические и гидродинамические модели, подсчет запасов	Сейсмоакустическое профилирование, бурение инженерно-геологических скважин, статическое зондирование, лабораторные исследования грунтов, сейсморазведка ВЧ МОГТ	Сейсмостратиграфическое расчленение осадочных отложений, выявление инженерно-геологических опасностей, объемное моделирование геологической среды	Региональный и локальный экологический мониторинг, производственный экологический контроль	Оценка состояния окружающей среды на региональном и локальном уровне, оценка воздействия ГРП на окружающую среду, мероприятия по обеспечению экологической безопасности
		↓						
		Вертикальная зональность						
		Покрышка, коллектор, флюид						
↓								
Горизонтальная зональность								
Резервуар								

этапе, с точки зрения минимизации вредного воздействия на окружающую среду и повышения эффективности поисково-оценочного бурения, важным является опережающая разведка перспективных структур и предполагаемых ловушек до начала строительства скважин.

Очевидно, что сведение к минимуму бурения «пустых» скважин имеет не только финансово-экономическое, но и важное экологическое значение. Это обуславливает помимо проведения необходимого и достаточного объема сейсмических работ, предусмотренного регламентирующими документами, проведение методов, направленных на прогноз коллекторов и углеводородного насыщения подготовленных объектов.

Опыт проводимых работ показывает, что перечисленный комплекс методов позволяет с достаточно высокой точностью разработать подготовленные объекты по данным сейсморазведки [10, 11].

Для обеспечения безопасности постановки буровой платформы и бурения поисковых скважин производятся инженерно-геологические изыскания, включающие сейсмоакустическое профилирование, бурение инженерно-геологических скважин, статическое зондирование, лабораторные исследования грун-

тов, сейсморазведку ВЧ МОГТ. По результатам изысканий производятся сейсмостратиграфическое расчленение осадочных отложений, выявление инженерно-геологических опасностей и объемное моделирование геологической среды. В комплекс экологических исследований входят региональный и локальный экологический мониторинг, производственный экологический контроль, по результатам которых выполняется оценка состояния окружающей среды на региональном и локальном уровне, оценка воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду, а также разрабатываются мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

На разведочном этапе производится детальное изучение геологических и промысловых характеристик месторождений (залежей) углеводородов. Основу оптимального комплекса геолого-геофизических методов исследований составляют сейсморазведка 3Д, прогноз коллекторов, бурение, геологическое моделирование, по результатам которых строятся структурные карты, разрезы, цифровые геологические и гидродинамические модели, выполняется подсчет запасов. Содержание инженерно-геологических и экологических исследований такое же, как и на поисковом этапе, однако их объемы существенно выше в связи с

большим количеством бурящихся скважин, которые учитывают специфику их бурения (наклонно-направленное бурение и пр.).

Таким образом, представленная схема геологоразведочного процесса на нефть и газ в Северном Каспии наглядно демонстрирует оптимальные комплексы методов геолого-геофизических, инженерно-геологических и экологических исследований на разных этапах геологоразведочных работ, их взаимосвязь, последовательность выполнения и ожидаемые результаты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кунин Н. Я., Кучерук Е. В. Сейсмостратиграфия в решении проблем поиска и разведки месторождений нефти и газа // Итоги науки и техники. Сер. Месторождения горючих ископаемых. М.: АН СССР, 1984. Т. 13. 199 с.
2. Глумов И. Ф., Маловицкий Я. П., Новиков А. А. и др. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. М.: Недра-Бизнесцентр, 2004. 342 с.
3. Быстрова И. В. Палеотектонический анализ юрско-мелового комплекса Северо-Западного Прикаспия в связи с нефтегазоносностью: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Ставрополь: СевКавГТУ, 2001. 188 с.
4. Misiagiewicz Ju. Caspian region's hydrocarbon potential as a challenge for the energy security policy of the European Union // Energy security in the Caspian region: Globalization and Security in Black Sea and Caspian Seas Region. Tbilisi; Batumi: International Black Sea University, 2012. P. 102–117.
5. Лебедев Л. И., Алексина И. А., Кулакова Л. С. и др. Каспийское море. Геология и нефтегазоносность. М.: Наука, 1987. 295 с.
6. Барков Ф. И., Голованов Э. М., Щербakov В. В. Северный Каспий, строение и перспективы нефтегазоносности. М.: Разведочная геофизика, 1998. 51 с.
7. Быстрова И. В., Смирнова Т. С., Федорова Н. Ф., Мелихов М. С. Роль освоения территории западного Каспия в связи с нефтегазоносностью // Горные науки и технологии. 2016. № 3. С. 29–45.
8. Процессы нефтегазообразования в акватории Каспийского моря / отв. ред. А. А. Геодекан. М., 1978. 143 с.
9. Никитин Б. А., Вовк В. С., Мандель А. Я. и др. Перспективы поисков новых месторождений на шельфе российских морей // Газовая промышленность. 2002. № 2. С. 35–40.
10. Быстрова И. В., Смирнова Т. С., Бычкова Д. А., Мелихов М. С. История изучения и методология геолого-геофизических исследований шельфовой зоны Российского сектора Каспийского моря // Дневник науки. 2017. № 8. URL: [http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2017/8/geoscience/Bystrova\\_Smirnova\\_Bychkova\\_Melikhov.pdf](http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2017/8/geoscience/Bystrova_Smirnova_Bychkova_Melikhov.pdf)
11. Джафаров И. С., Керимов В. Ю., Шилов Г. Я. Шельф, его изучение и значение для поисков и разведки скоплений нефти и газа. СПб.: Недра, 2005. 384 с.

#### REFERENCES

1. Kunin N. Ya., Kucheruk E. V. 1984, *Seysmostratigrafiya v reshenii problem poiska i razvedki mestorozhdeniy nefti i gaza* [Seismic stratigraphy in solving problems of prospecting and exploration of oil and gas fields]. *Itoги nauki i tekhniki. Ser. Mestorozhdeniya goryuchikh iskopaemykh* [Advances in science and technics. Ser. Deposits of fossil fuels], Moscow, vol. 13, 199 p.
2. Glumov I. F., Malovitskiy Ya. P., Novikov A. A. et al. 2004, *Regional'naya geologiya i neftegazonosnost' Kaspiyskogo morya* [Regional geology and petroleum potential of the Caspian Sea], Moscow, 342 p.
3. Bystrova I. V. 2001, *Paleotektonicheskiy analiz yursko-melovogo kompleksa Severo-Zapadnogo Prikaspiya v svyazi s neftegazonosnost'yu: dis. ... kand. geol.-mineral. nauk* [Paleotectonic analysis of the Jurassic-Cretaceous complex of the North-Western Caspian region with regard of oil and gas content: the dissertation of the candidate of geological-mineralogical sciences], Stavropol', 188 p.
4. Misiagiewicz Ju. 2012, Caspian region's hydrocarbon potential as a challenge for the energy security policy of the European Union. Energy security in the Caspian region: Globalization and Security in Black Sea and Caspian Seas Region, Tbilisi, Batumi, pp. 102–117.
5. Lebedev L. I., Aleksina I. A., Kulakova L. S. et al. 1987, *Kaspiyskoe more. Geologiya i neftegazonosnost'* [Caspian Sea. Geology and oil and gas potential], Moscow, 295 p.
6. Barkov F. I., Golovanov E. M., Shcherbakov V. V. 1998, *Severnyy Kaspiy, stroenie i perspektivy neftegazonosnosti* [The Northern Caspian, the structure and prospects of oil and gas], Moscow, 51 p.
7. Bystrova I. V., Smirnova T. S., Fedorova N. F., Melikhov M. S. 2016, *Rol' osvoeniya territorii zapadnogo Kaspiya v svyazi s neftegazonosnost'yu* [The role of development of the territory of the western Caspian in connection with oil and gas]. *Gornye nauki i tekhnologii* [Mining science and technology], no. 3, pp. 29–45.
8. Geodekyan A. A. 1978, *Protsessy neftegazobrazovaniya v akvatorii Kaspiyskogo morya* [The processes of oil and gas formation in the water area of the Caspian Sea], Moscow, 143 p.
9. Nikitin B. A., Vovk V. S., Mandel' A. Ya. et al. 2002, *Perspektivy poiskov novykh mestorozhdeniy na shelfe rossiyskikh morey* [Prospects for the search for new deposits on the shelf of the Russian seas]. *Gazovaya promyshlennost'* [Gas industry], no. 2, pp. 35–40.
10. Bystrova I. V., Smirnova T. S., Bychkova D. A., Melikhov M. S. 2017, *Istoriya izucheniya i metodologiya geologo-geofizicheskikh issledovaniy shelfovoy zony Rossiyskogo sektora Kaspiyskogo morya* [History of the study and methodology of geological and geophysical studies of the shelf zone of the Russian sector of the Caspian Sea]. *Dnevnik nauki* [Handbook of Science], no. 8. URL: [http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2017/8/geoscience/Bystrova\\_Smirnova\\_Bychkova\\_Melikhov.pdf](http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2017/8/geoscience/Bystrova_Smirnova_Bychkova_Melikhov.pdf)
11. Dzhafarov I. S., Kerimov V. Yu., Shilov G. Ya. 2005, *Shelf, ego izuchenie i znachenie dlya poiskov i razvedki skopleniy nefti i gaza* [Shelf, its study and significance for prospecting and exploration of oil and gas accumulations], St. Petersburg, 384 p.

**Инна Владимировна Быстрова,**

bystrova1948@list.ru

**Татьяна Сергеевна Смирнова,**

tatyana.smirnova@asu.edu.ru

**Динара Абдулаевна Бычкова,**

serebryakov-74@mail.ru

Астраханский государственный университет

Россия, Астрахань, ул. Татищева, 20а

**Макар Сергеевич Мелихов,**

mail: mr.m\_m\_s@mail.ru

Российский государственный университет нефти и газа

(национальный исследовательский университет) им. И. М. Губкина

Россия, Москва, Ленинский просп., 65

**Инна Владимировна Быстрова,**

bystrova1948@list.ru

**Tat'yana Sergeevna Smirnova,**

tatyana.smirnova@asu.edu.ru

**Dinara Abdulaeva Bychkova,**

serebryakov-74@mail.ru

Astrakhan State University

Astrakhan', Russia

**Makar Sergeevich Melikhov,**

mail: mr.m\_m\_s@mail.ru

Gubkin Russian State University

of Oil and Gas (National Research University)

Moscow, Russia