

УДК 553.982

***ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА
КАСПИЙСКОГО МОРЯ***

Быстрова И.В.

к.г.-м.н., доцент

Астраханский государственный университет

Астрахань, Россия

Смирнова Т.С.

к.г.-м.н., доцент

Астраханский государственный университет

Астрахань, Россия

Бычкова Д.А.

Магистр

Астраханский государственный университет

Астрахань, Россия

Мелихов М.С.

Магистрант

*Российский государственный университет нефти и газа (Национальный
исследовательский университет) имени И.М. Губкина*

Москва, Россия

Аннотация

В статье выявлены основные природные факторы, определяющие особенности физико-географических условий на территории шельфовой зоны Каспийского моря. Выделены и описаны основные этапы истории изучения

геолого-геофизических методов исследования шельфовой зоны Российского сектора Каспия. Приведено детальное описание геолого-геофизических методов, включая геологические съемки, глубокое параметрическое и поисковое бурение. Определена роль широкомасштабных сейсмических исследований для оптимизации комплексных методов геологоразведочных работ Каспийского шельфа. Проанализированы и выявлены оптимальные комплексы методов на региональном, поисково-разведочном и разведочном этапах. Обосновано повышенное внимание именно к шельфовой зоне Каспийского региона, что подтверждается выявленным здесь рядом крупнейших нефтегазоносных провинций. К настоящему времени в Российском секторе континентального шельфа Каспия открыто более 11 нефтегазоносных месторождений, ресурсная база которых оценивается в 4,5 млрд. т. условного топлива.

Ключевые слова: шельф, геофизические работы, параметрическое и поисковое бурение, аэромагнитная съемка, сейсморазведка, морская гравиразведка и магниторазведка, геохимическая съемка.

***HISTORY OF STUDYING AND METHODOLOGY OF GEOLOGIC-
GEOPHYSICAL RESEARCHES OF THE SHELF ZONE OF THE RUSSIAN
SECTOR OF THE CASPIAN SEA***

Bystrova I.V.

candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor

Astrakhan state university

Astrakhan, Russia

Smirnova T.S.

candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor

Astrakhan state university

Astrakhan, Russia

Bychkova D.A.

Master

Astrakhan state university

Astrakhan, Russia

Melikhov M.S.

Undergraduate

Russian state university of oil and gas (National research university) of a name of

I.M. Gubkin

Moscow, Russia

Annotation

In article the major natural factors defining features of physiographic conditions in the territory of a shelf zone of the Caspian Sea are revealed. The main stages of history of studying of geologic-geophysical methods of a research of a shelf zone of the Russian sector of the Caspian Sea are allocated and described. The detailed description of geologic-geophysical methods, including geological shootings, deep parametrical and search drilling is provided. The role of large-scale seismic researches for optimization of complex methods of exploration works of the Caspian sea offshore is defined. Optimum complexes of methods at regional, explorative and prospecting stages are analysed and revealed. Special attention to a shelf zone of the Caspian region is proved that is confirmed revealed here by a number of the largest the neftegazonosnykh the province. So far in the Russian sector of the continental shelf of the Caspian Sea more than 11 oil-and-gas fields which resource base is estimated at 4,5 billion t are found. conditional fuel.

Keywords: shelf, geophysical works, parametrical and search drilling, aero magnetic shooting, seismic exploration, sea gravirazvedka and magnetic exploration, geochemical shooting.

Открытие и активизация освоения новых нефтегазоносных провинций на территории шельфовой зоны Каспийского моря и прилегающих территорий в последние десятилетия позволяют считать этот регион одним из самых перспективных по добыче углеводородного сырья в XXI веке.

В административном отношении территории исследования расположена в Российском секторе шельфа Каспийского моря и включает в себя Северный Каспий и северную часть Среднего Каспия.

По географическим, тектоническим, нефтегазогеологическим и административным признакам выделяются северная (Северный Каспий), центральная (Средний Каспий) и южная (Южный Каспий) части (рис. 1).

Северный Каспий является наиболее выровненной и самой мелководной частью Каспийского моря. Это абсолютно шельфовая зона с максимальной отметкой глубины 26 м.

Рельеф дна на исследуемой части акватории моря представляет собой моноклиналь, которая с изобаты 15,0 м испытывает равномерное погружение южной части площади исследования с северо-запада на юго-восток в направлении центральной части Каспия. Характер течений Каспийского моря является следствием взаимодействия ветрового режима, речных потоков и различной плотности воды. Средняя скорость течений составляет 20-40 см/с, а максимальная 50-80 см/с, что характерно (в основном) для верхних слоев воды [7].

По данным Объединенного Института физики Земли РАН, сейсмическая опасность района исследования составляет 4-5 баллов. Интенсивность сейсмической активности снижается с юго-запада на северо-восток.

Площадь Северного Каспия составляет 40,437 тыс.км², объем воды 92 км². Наибольшая глубина Северного Каспия 5 м., а средняя 2,3 м. большая часть его площади (70%) занята глубинами менее 5 м

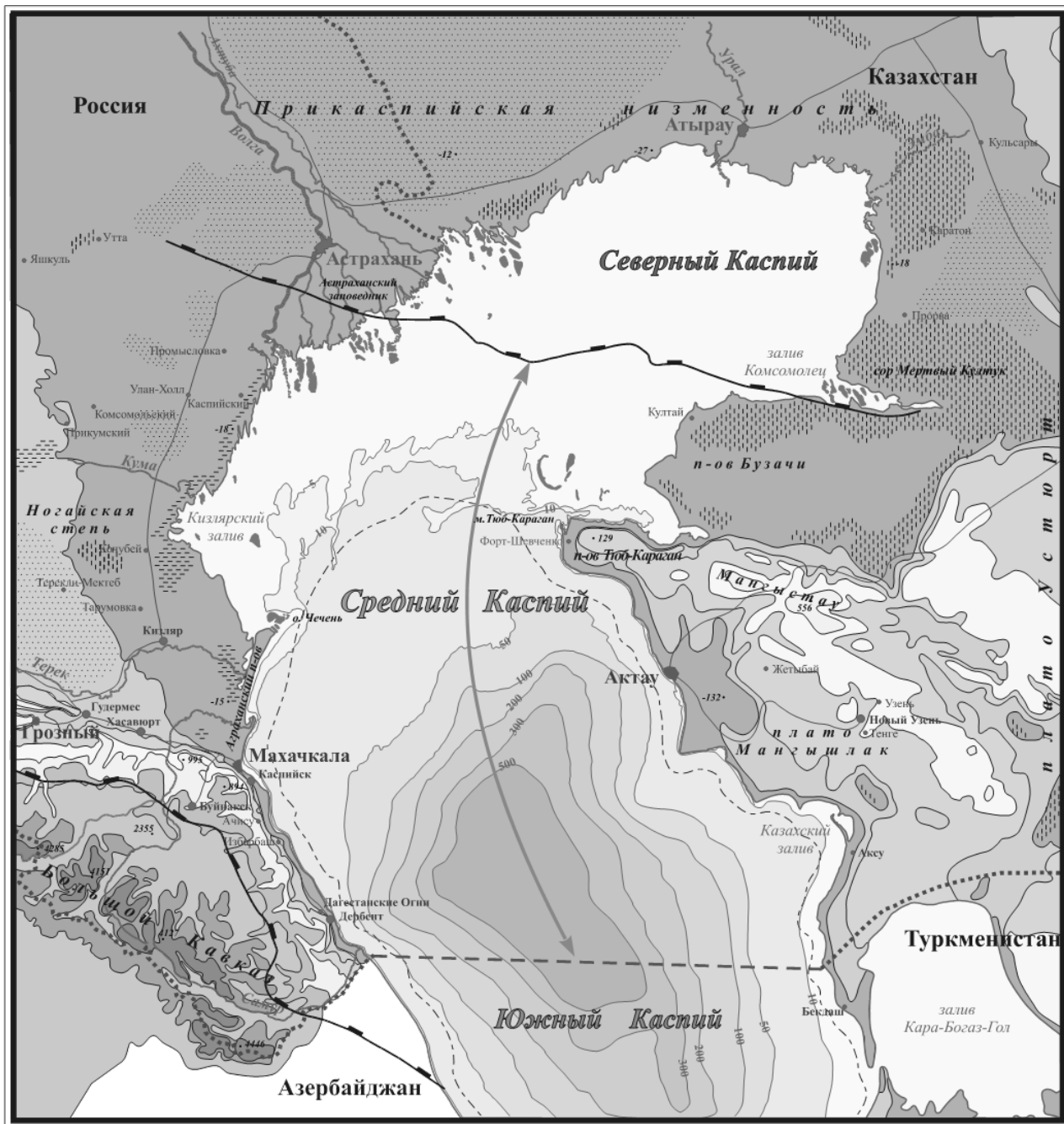


Рис. 1. Физико-географическая карта акватории Каспийского моря

Рельеф дна Северного Каспия представляет собой мелководную слабоволнистую аккумулятивную равнину. В северо-западной части расположена авандельта Волги, на её северо-восточной границе находятся

аккумулятивные острова Джамбайский, Жесткий и Укатный.

Площадь Среднего Каспия составляет 140,99 тыс. км², объём воды 30,8 тыс. км³. На долю Среднего Каспия приходится 40,4% всей площади моря. Средний Каспий глубоководен. Средняя его глубина составляет 160 м, максимальная глубина отмечена в Дербентской впадине – 788 м. Бровка шельфа совпадает с изобатой 100 м, а сам шельф занимает 65 % площади дна.

В Северном и Среднем Каспии очень много банок (Безымянный, Кулалинский и др.) и островов, имеющих волновое происхождение.

Рельеф дна Среднего Каспия отличается от рельефа дна Северного Каспия. Здесь чётко выделяют шельф и дно глубоководной Дербентской впадины и материковый склон. Шельф западного берега Среднего Каспия узок и заканчивается на глубинах 2-5 м. Средний Каспий отделён от Южного административной границей между Россией и Азербайджаном (на западе), между Казахстаном и Туркменистаном (на востоке). 70 % площади дна моря характеризуется глубинами до 100 м. От кромки шельфа начинается материковый склон, заканчивающийся примерно на глубинах 500-600 м. У западного побережья шельф узкий (40 км), у восточного – расширяется до 130 км. Самой мелководной и наиболее выровненной частью Каспийского моря является Северный Каспий. Средний Каспий представляет собой обособленную котловину, область максимальных глубин которой (Дербентская впадина) смещена к западному берегу [4], [8].

Следовательно, физико-географическая характеристика региона исследования включает в себя большое многообразие природных факторов. Климат территории является одним из главных характеристик, определяющих особенности физико-географических условий, что позволяет с учетом обеспеченности трудовыми и транспортными ресурсами Прикаспийского региона, считать его более привлекательным по сравнению с богатыми запасами УВ шельфовых зон Арктики, Восточной и Западной Сибири, где отмечается незначительная плотность населения и слабо развитая транспортная инфраструктура, что обусловлено расположением этих территорий в зоне вечной мерзлоты с резкоконтинентальным климатом.

Повышенное внимание к шельфовой зоне Каспийского региона в последние десятилетия определяется, прежде всего, большими запасами в ее недрах нефти и газа. Результаты проводимых здесь геологоразведочных работ позволили выявить ряд крупных нефтегазоносных провинций и в Каспийском море и на прилегающих территориях. В связи с этим в данном регионе разведка и разработка углеводородного сырья ведутся ускоренными темпами. В Российском секторе континентального шельфа Каспия уже более 11 нефтегазоносных месторождений ресурсная база которых оценивается в 4 млрд. т. условного топлива. Это ставит Каспийский регион в разряд одного из самых перспективных по добыче углеводородного сырья в XXI веке [6], [10].

До 1995 года объемы ГРП в пределах российского шельфа Каспийского моря были незначительными. Это было связано с его трудной доступностью, обусловленной обширным мелководьем, наличием больших рыбоохранных зон. Всего в российском секторе моря до 1991 года было выполнено 45,2 тыс. пог. км сейсморазведки МОГТ, и выявлено 32 локальные структуры, часть из которых была подготовлена к бурению. Поисковое бурение проводилось лишь в пределах Дагестанского шельфа, где было открыто небольшое морское нефтяное месторождение Инхче-море с продуктивностью неогеновых отложений. Для всестороннего изучения проблемы формирования и размещения залежей УВ привлекались материалы ГРП, выполненные как на территории акватории Среднего и Северного Каспия, так и ее ближайшего обрамления. Изученная территория характеризуется различной степенью изученности и освоения. Наименее изучена различными видами геофизических исследований и особенно глубоким бурением морская часть рассматриваемой территории [3].

Прилегающая суша изучена значительно лучше, но неравномерно. При исследовании геологического строения территории применялись различные виды региональных и детальных геофизических работ (МОВ, МОВ ОГТ 2D и 3D, КМПВ, ГСЗ), гравиметрическая и магнитная региональные съемки, аэромагнитная съемка, опорное, структурное, структурно-параметрическое,

поисково- разведочное и эксплуатационное бурение. В результате значительных объемов работ, проведенных на территории, примыкающей к российской части Каспийского моря, установлена промышленная нефтегазоносность Среднего Каспия и его обрамления в разрезе осадочного чехла от верхней части пермо-триаса до неогена. Подавляющее большинство залежей установлено в юрско-меловых отложениях. Особенностью месторождений УВ региона является их многопластовость, наличие в единой структуре залежей различных комплексов и типов. Залежи, в основном, сводовые, пластовые, массивные, тектонически и литологически экранированные [1].

Месторождения выявлены на западном и восточном обрамлениях, а также в пределах Среднего и Северного Каспия. Месторождения размещаются неравномерно на всей территории обрамления. В тоже время имеются обширные территории отсутствия месторождений, что указывает на избирательность условий накопления УВ.

В пределах западного обрамления Среднего Каспия продуктивными на нефть и газ являются: караган, чокрак, майкоп, фораминиферовые слои, кампан, альб, апт на глубинах 400...2000 м. В пределах Дагестанского клина нефтяные, газоконденсатные, нефтегазовые месторождения выявлены в верхнеюрских, ниже- и верхнемеловых и палеоген-неогеновых отложениях на глубинах 400...5600 м, в основном, в карбонатных породах [2].

В пределах Калмыкии и юга Астраханской области продуктивными на нефть и газ отложениями являются: апт, альб, маастрихт, аален-байосс, оксфорд- титон, готерив, эоцен на глубинах 180...2800 м.

В акватории Каспийского моря геологические исследования, проводившиеся в регионе до 1992 года включали геологические съёмки побережий и прилегающих мелководий в масштабах 1 : 50 000 и мельче, геоакустические работы для изучения верхней части разреза, картировочное, глубокое параметрическое и поисковое бурение, глубинное сейсмическое зондирование [1].

Поисковое бурение проводилось лишь в пределах Дагестанского шельфа, где было открыто небольшое морское нефтяное месторождение Инхче-море (1956 г.) с продуктивностью неогеновых (чокрак) отложений. В начале 90 х годов в центральной части Среднего Каспия была пробурена скважина 1 ПРВ (палеорусло Волги), которая не вышла из неогеновых отложений. На западном берегу Каспия (Калмыцкий сектор) выявлено месторождение Каспийское в песчаниках байосского яруса средней юры (3 нефтяные залежи).

С ноября 1995 г. в акватории Каспийского моря широкомасштабные сейсмические исследования начало проводить ОАО «ЛУКОЙЛ» силами подрядной организации ООО «Сервисная Компания ПетроАльянс» [9]. Высокое качество полученных временных разрезов позволило более детально расчленить осадочную толщу с выделением 12 отражающих сейсмических горизонтов. Проведенные сейсмические исследования позволили впервые на изученной части акватории сформировать единое информационное пространство для построения детальной сейсмогеологической модели. Плотность сети профилей на поисковом этапе составляла 0,15...0,17 км/кв.км. При выявлении структурных объектов она существенно возрастала. Фундаментальное обобщение материалов сейсморазведки 2D и 3D в комплексе с данными глубокого бурения территории Среднего Каспия выполнено ООО СК «ПетроАльянс» и ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть». С 1999 года по настоящее время на лицензионных землях ОАО «ЛУКОЙЛ» (Средний Каспий) и на сопредельных участках другими компаниями пробурено более 40 скважин на открытых месторождениях (продуктивны юрские и меловые отложения), а также на площадях Ялама-Самур, Диагональной, Тюб-Караган и других. В акватории Каспия средние и крупные по запасам нефтегазоконденсатные месторождения открыты в юрско-нижнемеловых отложениях: Хвалынское, им. Ю. Корчагина, им. В. Филановского, Ракушечное, Западно-Ракушечное, Морское, 170 км, Сарматское, Западно-Сарматское, Центральное (все в Среднем Каспии), Укатное (Северный Каспий) [1], [7].

На основе накопленного геолого-геофизического материала по Северному и Среднему Каспию сформировались представления о геологическом строении рассматриваемой территории, составлены схемы тектонического и нефтегазогеологического районирования по юрско-меловым отложениям.

Сейсморазведка 2Д. Основным подрядчиком работ в акватории Северного Каспия являлась Компания ПетроАльянс Сервисис Компании Лимитед. Для съемок данных применялась полиуретановая коса - Syntron Syntrak, длиной от 4500 до 6000 м с числом каналов, равным 360-480, расстоянием между каналами от 12.5 м. Минимальный вынос от центра источника до ближайшей группы составлял 25 м, максимальный - 300 м. Контроль косы осуществлялся регуляторами глубины Syntron Multitrack в количестве 15-ти и датчиками глубины Strain gauge с точностью до 0,5 м. В качестве регистрирующего устройства применялась система Syntron с шагом дискретизации 1,2,4 мс и предварительным усилением - 12 db. В качестве источника энергии использовались пушки Sleevegun, объемом 3000 куб.дюймов и рабочим давлением 2000 пск. Количество линий источников было 4 с индикатором глубины на каждую расстановку. Использовалась навигация - интегральная система СПЕКТРА, DGPS с 2 системами - Skyfix и Deltafix. Проведение сейсмической съемки в поле сопровождалось оперативной обработкой и контролем качества ведущими специалистами подрядчика и супервайзерами заказчика. Для обработки использовалась система ProMax с выводом разрезов на 24" плоттер. Такой подход позволил добиться максимально высокого качества сейсмических материалов с хорошей прослеживаемостью и максимально-возможной разрешенностью.

Аэромагнитная съемка. В 1998 г. территории площадью 40000 км² проведена аэромагнитная съемка масштаба 1:50000. Расстояние между рядовыми маршрутами – 500 м, расстояние между связывающими маршрутами – 5000 м, высота полета 200 м. По результатам аэромагнитной съемки получен новый материал по магнитному полю высокого качества. Его анализ показал,

что в аномальном магнитном поле отчетливо картируются известные глубинные разломы в земной коре.

Морская гравиразведка и магниторазведка. Гравиметрические съемки были проведены с точностью от 0,8 до 0,16 мгал. В результате этих работ, в свое время, были построены карты в масштабах от 1:500000 до 1:2500000 в редукциях Буге и в свободном воздухе (Фая), однако эти карты содержали значительные белые пятна и зоны "нестыковок", которые не позволяли провести надежную корреляцию структурных зон по всему региону. К 1992 году Каспийское море было покрыто аэро-гидромагнитной съемкой в масштабах от 1:200000 до 1:500000. Общая длина магнитометрических профилей, отработанных за период с 1980 по 1988 гг. составила около 83 000 км при средней плотности сети наблюдений 0,5 км/км². Из полного объема работ около 48 000 км были отработаны на Среднем Каспии и в Прикавказском бассейне и около 2 100 км – на Северном Каспии. В последнее время стали доступны данные, которые позволяют существенно уточнить структуру аномального магнитного поля, особенно в Северном Каспии. На основании имеющихся структурных построений и результатов интерпретации гравиразведки и магниторазведки проведена комплексная интерпретация и изучено геологическое строение района работ с большой степенью достоверности.

Геохимическая съёмка. В 2000г. с целью прогнозирования залежей УВ в различных структурно-фациальных зонах на площади 60000 км² проведена геохимическая съемка масштаба 1:1000000 миграционных просачиваний УВ на поверхность дна из глубоко погруженных горизонтов. В результате исследований изучены региональные закономерности распределение метана и его гомологов, углекислого газа, адсорбированных углеводородных и постоянных газов; органического вещества и особенности состава битумов в донных осадках Российского сектора Каспийского моря; составлены карты распределения метана, лёгких и парообразных гомологов метана, CO₂, литологическая карта масштаба 1:1 000 000; выделены перспективные на нефть

и газ участки; изучено распределение гранулометрических фракций (песка, алеврита, пелита) и минеральный состав осадков.

Электроразведочные работы ДНМЭ. Для выделения и оконтуривания аномальных по поляризационным свойствам объектов, связанных с залежами УВ, проводилась электроразведка ДНМЭ с 2003 по 2006 г. включительно. Методика и техника ДНМЭ (Легайдо и др., 1996) соответствуют требованиям, предъявляемым «Инструкцией по электроразведке». Экспресс-анализ материалов ДНМЭ и динамических особенностей полей отраженных волн проводится для оценки на качественном уровне перспектив нефтегазоносности разреза путем сопоставления геоэлектрических прогнозных параметров поляризации с динамическими особенностями поля отраженных волн (Иванов и др., 2004). Выполненная интерпретация и прогнозирование по результатам ДНМЭ перспективного в нефтегазоносном отношении разреза в последующем нашло подтверждение в открытии ряда месторождений [2]. Аномальные эффекты, выявленные над структурой восточного купола Южно-Ракушечного поднятия, незначительно уступают параметрам поляризации, в районе скважины 2 Р. На этом основании спрогнозирована высокая вероятность открытия залежи газа, нефти и конденсата в отложениях неокома и газа в аптских и альбских отложениях.

Анализ комплекса ГРР применяемых при поиске углеводородов в шельфовой зоне Каспийского и сопредельных территорий позволил определить оптимальные комплексы методов ГРР для исследуемой территории.

На региональном этапе оптимальный комплекс методов включает: гравиметрию, магнитометрию, сейсморазведку МОГТ, методику комплексной интерпретации гравиметрического и магнитных полей с данными сейсморазведки; на поисково-оценочном этапе ГРР оптимальный комплекс включает: сейсморазведку МОГТ 2Д, электроразведку ДНЭМ, прогнозирование коллекторов и УВ насыщения по технологии АВО – Литоскап, бурение, ГИС, ВСП; на разведочном этапе ГРР оптимальный комплекс включает: сейсморазведку 3D, бурение, методы прогнозирования коллекторских свойств

пород, бассейновое моделирование, геолого-гидродинамическое моделирование и мониторинг бурения скважин [5].

Выбор оптимальных комплексов геолого-географических исследований для каждого этапа ГРП, позволяет сократить сроки выявления и подготовки нефтегазоперспективных объектов к бурению, повысить качество и надежность их подготовки, обеспечить оптимальный режим проводки, бурящихся скважин и снизить воздействие ГРП на окружающую среду.

Библиографический список:

1. Алексеев А.Г., Безродных Ю.П., Федоров В.И. О комплексировании сейсмоакустических и высокочастотных сейсмических работ при инженерно-геологических изысканиях на шельфе // Тр. международной конференции «Инженерная геофизика-2005». Геленджик: ГНЦ «Южморгеология», 2005. С. 63-66.
2. Бочкарев В.А., Бочкарев А.В., Медведев П.В. и др. Закономерности размещения и условия формирования скоплений в российском секторе Каспия: Отчет / ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть»; Инв. № К-162.- Волгоград, 2003. – 981 с.
3. 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. – Москва: Изд-во Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»), 2016. №3. С. 29-45.
4. Глумов И.Ф., Маловицкий Я.П., Новиков А.А. и др. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. – М.: «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 342 с.
5. Детализация и выбор первоочередных направлений и объектов ГРП, включая неструктурные залежи для обеспечения планируемых приростов запасов нефти и газа на Российском секторе Каспийского моря: Отчет о НИР / ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть»; Рук. А.В. Бочкарев. –

- Инв № К-307. – Волгоград, 2003. – 350 с. – Исполн. П.В. Медведев, К.Г. Агзямов, Ю.Н. Самойленко и др.
6. 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.
 7. Дубинина Н.А. Перспективы развития проектов ОАО «Лукойл» на Северном Каспии // Вестник Астраханского государственного университета. – 2015. - №1. С. 102-108
 8. Мерчева В.С., Быстрова И.В. Рациональное природопользование в условиях разработки нефтегазовых месторождений Прикаспия // Научно-технический журнал «Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе». Москва, ВНИИОЭНГ, №6. 2014 г. - С.10-16.
 9. Остроухов С.Б, Бочкарев В.А. Геолого-геохимические критерии формирования залежей УВ Среднего и Северного Каспия // Зоны концентрации УВ в нефтегазоносных бассейнах суши и акваторий. – СПб.: ВНИГРИ. – 2010. - С.408-413.
 10. Justyna Misiągiewicz Caspian region's hydrocarbon potential as a challenge for the energy security policy of the European Union //Energy security in the Caspian region, [in:] Globalization and Security in Black Sea and Caspian Seas Region, International Black Sea University, Tbilisi-Batumi, 2012, pp. 102-117.