

Пономаренко Д.В., - Институт Проблем Нефти и Газа РАН,

Ушивцев В.Б., Водовский Н.Б., - ИО РАН;

Ященко В.Г. ЗАО «Октопус»

Нефтяные разливы и защита морских экосистем путем создания искусственных рифовых полей

Нефтегаз (Нефтегаз Interational), 2007;

http://www.octopusgaz.ru/index.php?m=articles/pub_razliv.html

<http://www.nefapixel.ru/download/Oktopus3.pdf>

Нефтяные разливы являются одним из серьезных видов промышленных аварий. В планетарном масштабе ежегодно на землю и в воду попадает от 3 до 45 млн. тонн нефтепродуктов. С 1978 года наблюдается постоянный рост числа разливов небольшого масштаба (количество крупных разливов пока остается на относительно стабильном уровне). В последние годы несколько факторов привели к росту числа и масштаба нефтяных разливов: усилившийся процесс разведки и добычи нефтяных ресурсов в акватории моря и увеличение количества транспортируемой нефти и размеров танкеров¹.

Энергетические аппетиты

По оценке Геологического комитета США запасы нефти на земле составляют 3,74 трлн. баррелей (более 500 млрд. тонн). Доля нефти в совокупном мировом потреблении достигла к третьему тысячелетию 40%. Такое соотношение, по мнению экспертов Международного энергетического

¹ В 1930-х годах самый большой танкер перевозил около 20 тысяч тонн нефти. В 1960-х годах – до 500 тысяч тонн. Максимального значения вместимость танкера была достигнута в 1980-х годах.

Реконструированный супертанкер Knock Nevis стал самым большим судном, которое когда-либо плавало на земле. Его водоизмещение составило 825614 тонн.

агентства, не изменится в течение ближайших 20 лет. При этом потребление нефти неуклонно увеличивается: каждые 15 лет на 15-20%. При таких энергетических аппетитах нефти человечеству хватит всего на четыре десятилетия. Поэтому не удивительно, что крупные державы и транснациональные корпорации начинают обращать свой взор на неиспользованный потенциал континентальных шельфов, в которых сосредоточены значительные запасы неостребованной нефти. Самым крупным в мире по праву признан континентальный шельф Российской Федерации. Его территория превышает 6.2 млн. км². Из них 4 млн. км² являются перспективными на нефть и газ. Начальные извлекаемые ресурсы российского шельфа превышают 100 млрд. тонн условного топлива. При этом геологические исследования показывают, что количество жидких углеводородов в наиболее доказанной части ресурсной базы примерно такое же, как и по России в целом. Последствия интенсивной эксплуатации шельфа можно проиллюстрировать на примере Каспийского моря. Вековой опыт добычи нефти на Каспии имеет многочисленные примеры негативного воздействия промышленности на морскую экосистему.

Каспийский опыт

Возможные нефтяные ресурсы Каспия, по оценкам западных компаний, могут иметь огромные значения - 30 млрд. тонн¹. Если прогнозы подтвердятся, то на его долю придется около 15% общих мировых запасов нефти. Постепенно Каспийский регион превращается в крупного поставщика углеводородного сырья. В настоящее время в разработке каспийской нефти принимают участие около 60 иностранных компаний. Существенных успехов в нефтедобыче с 1992 года достигли страны северного Каспия: Азербайджан и Казахстан. Разработка основных балансовых запасов нефти осуществляется здесь тремя большими проектами: Тенгиз и Карачаганак (Казахстан), а также азербайджанский блок Азери-Чираг-Гунешли (АЧГ)². Развитие этих ключевых проектов создали «второй бум» спроса на каспийскую нефть

(первый бум имел место в конце XIX века)³. В сравнении с этими государствами, возможности других стран Каспийского региона намного скромнее. Разведанные запасы нефти на шельфе Туркменистана значительно меньше, чем у его соседей. Дефицит инвесторов сдерживает разведку и разработку туркменского шельфа. Привлечение инвестиций на туркменский Каспий идет крайне медленно, но объемы нефтедобычи здесь в ближайшие годы будут расти⁴. Российский сектор на Каспии остается одним из наименее исследованных на углеводороды. Но, не смотря на это, российские нефтяники проводят большую работу по освоению месторождений на шельфе. Лицензиями на право поисков, разведки и добычи углеводородного сырья в российском секторе Каспия в настоящее время обладают АО «ЛУКОЙЛ» (центральная часть Северного Каспия), ЖКХ (Caspoil) (месторождение Инчхе-море) и Каспийская нефтяная компания (Северо-Кавказский участок). Проведены соответствующие лицензионные конкурсы для трех участков в десятимильной прибрежной зоне Республики Дагестан. Начата подготовка к лицензионному конкурсу для проведения работ у побережья Калмыкии. Кроме Инчхе-море в северо-западной части Каспия открыты еще два нефтяных месторождения: Широтное и Хвалынское. На фоне вышеописанных стран усилия Ирана в сфере разработки своих месторождений выглядят весьма скромно, не смотря на то, что запасы нефти на восьми глубоководных месторождениях в не имеющем пока юридического признания «иранском секторе» Каспия могут составлять более 4 млрд. тонн.

Согласно прогнозам экспертов, к 2010 году страны Каспийского региона в основном разрешат проблемы, связанные с недостатком экспортной инфраструктуры и пограничными спорами. Таким образом, факторы, сдерживающие полномасштабное освоение нефтегазовых месторождений Каспия, перестанут оказывать заметное влияние на развитие экономики региона. Объемы добычи углеводородного сырья многократно

возрастут. Данные по добыче нефти прикаспийскими государствами за 2004-2005 годы и прогноз объемов ее добычи к 2010 году (без учета Ирана) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Добыча нефти на шельфах Каспия (в млн.т. в год)

Страны	2004г.	2005г.	Прогноз 2010г.
Россия	Не добывалось	Не добывалось	30,0
Казахстан	Не добывалось	Не добывалось	150,0
Туркменистан	0,64	1,1	20,0
Азербайджан	15,5	20,0	50,0
Итого	16,14	21,1	250

Как видно из таблицы, к 2010 году нагрузка на экосистему Каспийского моря, в связи с введением в эксплуатацию новых месторождений увеличится по сравнению с 2004 годом более чем в 15 раз (см. рис.1).

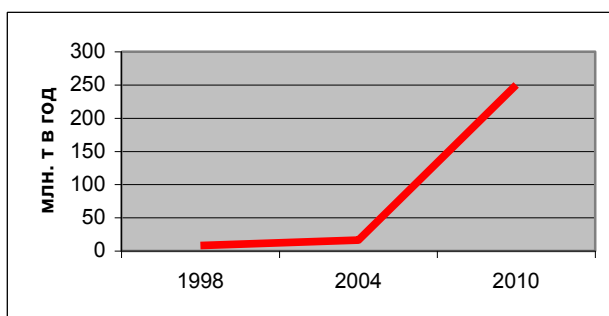


Рис. 2.1. Рост объемов добычи нефти на шельфах Каспия

В настоящее время, по данным экспертов, за период эксплуатации только одной скважины на Каспии в море попадает от 30 до 120 тонн нефти⁵. Резкий скачок объемов нефтедобычи на шельфе в ближайшие три года может привести к колоссальному нефтяному загрязнению акватории Каспия. Согласно общепринятым расчетам, на каждый миллион тонн добытой в мире нефти приходится в среднем 131,4 тонны потерь. Эксперты отмечают, что

для Каспийского моря этот показатель может оказаться выше⁶. Исходя из ожидаемой добычи в 250 млн. тонн в год, в целом по Каспию потери составят до 33 тыс. тонн в год. Большая часть придется на Северный Каспий – около 24 тыс. тонн в год. При этом вклад российского сектора в загрязнение Каспийского моря нефтью составит около 5 тысяч тонн в год.

Свою долю в общий объем загрязнения моря нефтепродуктами (НП) будет также внесен и танкерами. Разливы небольшого масштаба случаются, как правило, во время транспортировки нефти с танкера на танкер и с танкера на нефтеперерабатывающий завод. Также во время сложных погодных условий увеличивается риск аварии при транспортировке нефти с буровой установки на баржу. В настоящее время в Каспийском море танкеры ежегодно перевозят от 12 до 14 млн. тонн нефти. За год танкеры совершают около 2500 рейсов⁷. Столь интенсивное движение, особенно в условиях суровых зимних штормов и неудовлетворительном техническом состоянии судов, значительно увеличивает вероятность крупных аварий⁸. В связи с этим, в 2006 году Международный социально-экологический союз обратился с письмом-обращением в адрес Министерства природных ресурсов РФ и Росприроднадзора, в котором была обозначена проблема резкого увеличения перевалки и перевозки нефти и нефтепродуктов по Каспийскому морю. Экологи обратили внимание чиновников на то, что транспортировка ведется на непригодных танкерах с одинарной обшивкой корпуса, без внедрения систем управления движением, без оценки последствий возможного загрязнения акватории Каспийского моря.

Каспийское море представляет собой очень чувствительную экосистему. Ученые отмечают, что за последние десятилетия под воздействием антропогенных и биохимических факторов резко ухудшилось ее состояние в целом и, особенно, в северной части моря, в которой наблюдаются основные признаки низкой сопротивляемости к загрязнению НП: отсутствие твердых субстратов и крайний недостаток гидробионтов способных к разложению углеводов. Экосистема Каспия оценивается

как предкризисная. Ее состояние может заметно ухудшиться из-за резкого роста объемов добычи углеводородного сырья. Специфика Каспия, особенно его мелководной северной части, такова, что достаточно одного серьезного разлива нефти, чтобы нанести фатальный удар по осетровому стаду и гнездовьям птиц⁹. По подсчетам экспертов, ежегодный ущерб от утраты рыбных богатств Каспия для всех прикаспийских государств может достигать 15 миллиардов долларов. К сожалению, подсчитать потери всей экосистемы Каспийского моря ученые в настоящее время не в состоянии¹⁰. При этом необходимо помнить, что большая часть Северного Каспия продолжает оставаться заповедной зоной¹¹. Поэтому нефтегазодобывающие компании могут здесь работать только при строжайшем соблюдении экологических требований¹².

Таким образом, прогнозируемое увеличение загрязнения Каспия нефтью может привести к необратимым экологическим последствиям, увеличению себестоимости добываемой нефти из-за роста штрафных выплат добывающими компаниями и общему снижению уровня качества жизни населения прибрежных районов прикаспийских государств. Помочь в решении проблемы могут биологические методы защиты акватории от загрязнения нефтепродуктами. Одним из эффективных и сравнительно дешевых средств защиты могут стать искусственные рифы.

Рифовые поля

Визуально донный ландшафт северокаспийского дна на большей части акватории представлен однообразной пустынной равниной с трудно различимыми признаками жизни. Появление в водной среде площадей субстрата создает условия для формирования обрастаний сообществами живых организмов (рисунок 1; 2). Видовой состав организмов в основном состоит из фильтраторов, способных к активной очистке воды.

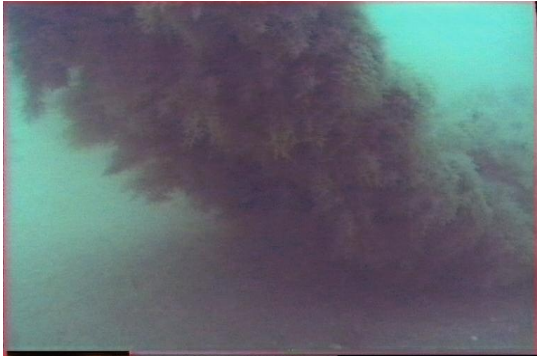


Рис. 1 Обрастания с биомассой 8 кг/м². Утяжеленная конструкция мягкого рифа ложится на поверхность дна.

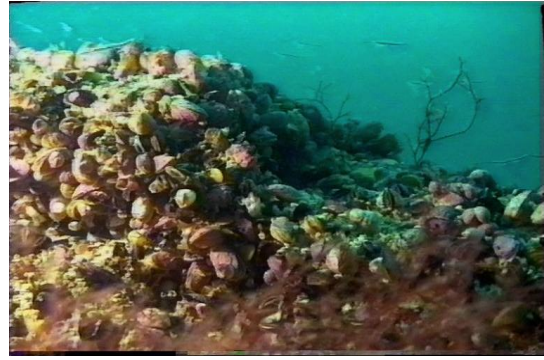


Рис. 2 Биоценоз моллюсков, усоногих раков и полипов на неподвижных рифовых конструкциях

Исследованию искусственных рифов в Каспийском море уделялось немало внимания¹³. Однако, реализовать полученные знания по ряду причин так и не удалось. Основным препятствием для многолетних наблюдений была ограниченная жизнестойкость рифовых конструкций. Камнем преткновения стала штормоустойчивость искусственных рифовых конструкций в условиях Северного Каспия. Исследования мягких конструкций, состоящих из полипропиленовых тросов, волокон и ткани показали их низкую жизнестойкость по отношению к условиям среды. Срок существования рифов не превысил 8 месяцев. Причинами деструкции модулей в большей степени являлись: волновая динамика моря и многократное утяжеление конструктивных элементов организмами-обрастателями, вследствие чего, риф ложился на дно и замывался подвижными грунтами (рисунок 1). В тоже время твердые рифовые элементы, состоящие из неподвижных конструкций, успешно адаптировались к условиям среды (рис. 2).

Изучение жизнестойкости конструкций в условиях среды Северного Каспия позволили создать прочную рифовую станцию, срок службы которой превышает 50 лет (рисунок 3).

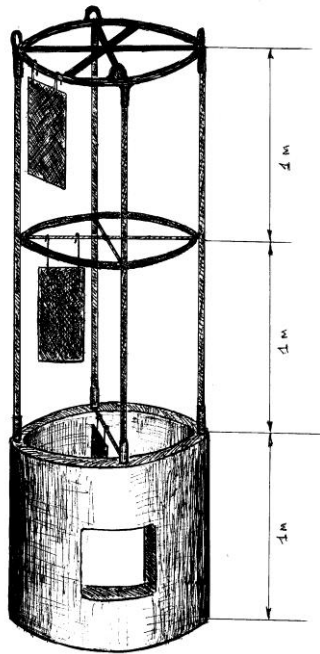


Рис. 3
Рифовая станция для увеличения продуктивности и самоочистки водной экосистемы

Станция состоит из бетонного кольца, представляющего собой основание, над которым возвышается металлический каркас. Высота станции в зависимости от глубины места постановки от 1,5 до 3 м, вес 500 - 600 кг.

Бетонное кольцо является субстратом для образования нижнего уровня сообществ. Его конструктивные элементы исключают замывание в грунт и создают условия для развития большинства бентосных организмов.

Два верхних уровня располагаются на металлическом каркасе. Их конструктивные элементы предназначены для формирования организмов перифитона и фитобентоса.

На всех уровнях помещаются съемные учетные площадки ($0,5\text{ м}^2$) для оценки разнообразия и продуктивности формирующегося на них биоценоза, и его интродукции в другие районы моря, с последующим помещением на подобную станцию. В зависимости от цели на каждом уровне станции может помещаться до 20 съемных площадок.

Зона влияния рифовой станции на окружающую среду имела радиус 7 – 10 м, при этом площадь с повышенной продуктивностью экосистемы составила более 200 м^2 . Себестоимость станции 3,5 тыс. руб. Срок службы из расчета коррозии при использовании арматурного железа в качестве материала для металлического каркаса 50 лет, при использовании не корродирующих материалов не ограничен. По материалам исследований микроорганизмы, обитающие на модуле длиной 100 м, за вегетационный период могут утилизировать более 500 кг нефти¹⁴.

Для усиления самоочищающей способности моря и повышения жизнестойкости ранее испытываемых мягких пелагических рифов (рис. 1;2), между рифовыми станциями, которые можно использовать в качестве мертвых якорей, можно растянуть сеть пелагических рифовых элементов, субстрат которых выполнен из полипропиленовых канатов и ершей. Такие рифовые элементы адаптированы для развития нефтеокисляющих бактерий. Положение в толще воды исключит их износ, который возникал в результате трения о поверхность дна и многократно увеличит жизнестойкость. В целом

рифовый комплекс будет представлять собой разветвленную сеть, состоящую из отдельных модулей. На рисунке (рис. 4) представлен модуль рифовой системы с расстоянием между станциями 50 м, между которыми натянуты фильтрующие рифовые элементы, выполненные из полипропиленовых ершей. Стоимость полипропиленовых материалов не велика. Для формирования зоны повышенной продуктивности и самоочистки площадью 1 км² потребуется 100 рифовых модулей на сумму 1,4 млн. руб.

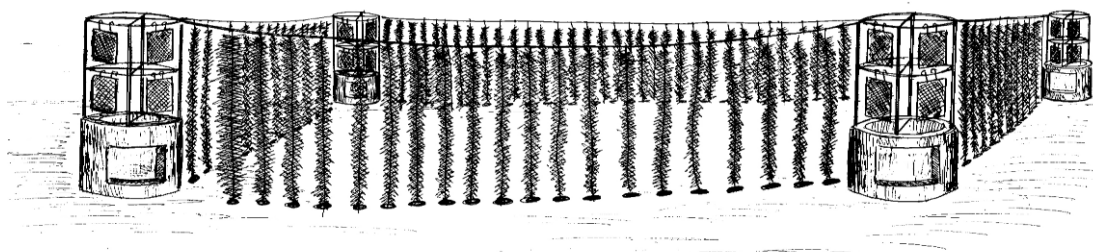


Рис. 4 Универсальный рифовый модуль для увеличения биопродуктивности экосистемы и самоочистки водной среды

Условная ситуация эксплуатации искусственного рифового комплекса в соответствии с летней розой ветров представлена на Рис. 5.

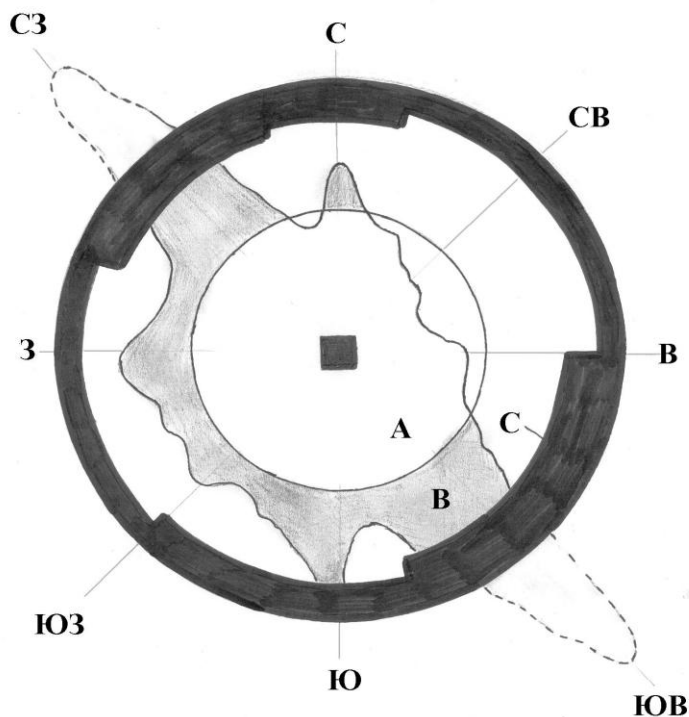


Рис. 5. Схема установки искусственных рифовых заграждений вокруг нефтедобывающей платформы в соответствии с летней розой ветров

A – Зона нефтяного пятна на поверхности воды

B – Зона эмульгации и осаждения нефти

C – Зона искусственных рифовых заграждений

■ - Нефтедобывающая платформа

С первых же секунд контакта НП с морской средой в ней начинает развиваться сложнейшая картина превращений, ход, длительность и результаты которых зависят от свойств и состава самой нефти и от конкретной ситуации и параметров окружающей среды. Процессы трансформации НП представлены в различных зонах следующим образом.

В Зоне «А» происходит растекание НП, в ходе которой сырая нефть быстро теряет свои летучие и водорастворимые компоненты. В виде пленки нефть дрейфует преимущественно в направлении ветрового потока.

Следующим этапом трансформации НП являются их эмульгирование и седиментация: образование стойких эмульсий, сорбирование НП на взвеси и осаждение их на дно (Зона «В»)².

² Воды Северного Каспия в штормовых условиях имеют большое количество взвешенных частиц, которые способствуют активной седиментации нефти и осаждению ее на дно.

Трансформированная таким образом нефть попадает в зону искусственных рифовых заграждений (Зона «С»), на которых концентрируется большая часть НП. В этой зоне начинается активное химическое окисление нефти, ее фотохимическое разложение под воздействием ультрафиолетовой части солнечного спектра, а также микробиологическое разложение, процесс, который определяет конечную судьбу НП в морской среде. Скорость биodeградации во многом зависит от степени диспергированности НП, температуры среды, содержания биогенных веществ и кислорода, а также от видового состава и численности нефтеокисляющей микрофлоры¹⁵. Таким образом, искусственные рифовые зоны, являясь мощными биофильтрами, задерживают седиментированные частицы нефти и подвергают их разложению микроорганизмами. Мощность рифовых конструкций будет тем больше, чем больше будет вероятность переноса НП в данный район.

Оптимальное расположение рифовых зон, их мощность и объемы строительства можно будет определить с помощью Планов ликвидации аварийных разливов нефти и карт чувствительных зон моря. Анализ этих документов позволит описать сценарии развития событий. На их основе будет рассчитан возможный коммерческо-социальный эффект проекта.

В целом, построение искусственных рифовых зон приводит к следующим положительным эффектам: усиливается сопротивляемость моря к нефтяному и прочему загрязнению; увеличивается рыбопродуктивность моря; сохраняется его биоразнообразие; пресекается браконьерский вылов ценных видов рыб, создаются зоны нагула и защиты рыбы; развивается подводный экологический туризм; создаются условия для фундаментального изучения законов жизнедеятельности рифовых сообществ, их влияния на экосистему и разработку технологий аквакультуры искусственного формирования биоресурсов. Вложения компенсационных средств нефтяных компаний в этом направлении при невысоких затратах дадут наибольшую эффективность и исключат возможность их нецелевого использования.

Послесловие

Самые значительные запасы углеводородов сосредоточены на континентальном шельфе северных морей России. По мнению некоторых экспертов, они превышают 20% мировых запасов нефти. Освоение этих ресурсов позволит человечеству отодвинуть проблему энергетического кризиса еще лет на двадцать в будущее. Но нельзя забывать о возможных экологических последствиях, связанных с интенсивным освоением месторождений на Арктическом шельфе. Использование технологии строительства искусственных рифов в зоне возможных нефтяных разливов позволит значительно смягчить антропогенную нагрузку на уникальную природу северных морей России.

¹ Александр Кокшаров. Два полюса Каспийского моря // Эксперт №20 (327) / 27 мая 2002.

² С. Смирнов. Ау, я тебя все равно найду. Газовые реалии Казахстана // Нефтегазовая Вертикаль. – 2001. - №10.

³ Митяева Е.В. Проблема Каспия в российско-американских отношениях. Научный доклад. РАН. Институт США и Канады. — М., 1999 г.

⁴ Лукин О. Год активного бурения // Нефтегазовая вертикаль. – 2005. - №14.

⁵ Голубчиков С., Книжников А. Защитят ли экологи Каспий? // Книжное обозрение. 2001.

⁶ Беркелиев Т., Книжников А. Каспий для всех? // Волга, №37, 14 марта 2001.

⁷ M. Kinman, A. Knizhnikov. The need for Public Participation in Resolving the Complex Oil Spill Prevention and Response Issue Facing the Caspian Sea // Crude Accountability, 2004.

⁸ Так, 2 октября 2002 года в 130 километрах от побережья Азербайджана затонул танкер «Меркурий-2». В результате утечки нефти из его трюмов образовалось обширное нефтяное пятно площадью 120 км².

⁹ Трансграничный диагностический анализ Каспийского моря. Баку: Изд-во «КЭП», 2002. Т. 2. С. 136.

¹⁰ Аладин Н.В., Плотников И.С. Угроза крупномасштабной экологической катастрофы на Каспийском море // Вестник Каспия. – 2000. - №4

¹¹ Постановление правительства РСФСР от 31 января 1975 года "Об объявлении заповедной зоны в северной части Каспийского моря"

¹² Постановление правительства РФ № 317 от 14 марта 1998 года «О частичном изменении правового режима заповедной зоны северной части Каспийского моря».

¹³ Бугров Л. Ю., Лапшин О. М., Муравьев В. Б. Эколого-инженерные аспекты подводной технологии по созданию искусственных биотопов // Тезисы докладов Международного симпозиума по современным проблемам марикультуры в социалистических странах. - М.: ВНИРО, 1989.- С. 62-64; Беляева В.Н., Колмыков Е.В., Степанова Т.Г. Экспериментальные искусственные рифы в Каспийском море // Тез. докл. Всесоюзной. конф. "Научно-технические проблемы марикультуры в стране". – Владивосток. – 1989. – С.71 – 73; Лапшин О.М. Эффективность прибрежного рыболовства на комплексных искусственных рифах // Техника промышленного рыболовства. Вопросы теории, практики промысла и поведения гидробионтов. - М.: ВНИРО, 1993. - С. 210-218.

¹⁴ А.Ф. Сокольский, Н.В. Попова, Е.В. Колмыков, А.А. Курапов. Биологические основы и практические результаты разработки системы защиты биологического разнообразия Каспийского моря от нефтяного загрязнения // ООО «Каспийская нефтяная компания», Астрахань 2005.

¹⁵ Л.И. Лобковский, Д.Г. Левченко, А.В. Леонов, А.К. Амбросимов. Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий. М.: Наука, 2005, С. 144 – 148.