

ISSN 1608-8298



АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

№ 11 2013

международный научный журнал

IV ВСЕРОССИЙСКИЙ
СЪЕЗД ПО ОХРАНЕ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
2013 



Министр природных ресурсов и экологии РФ
Сергей Ефимович Донской

2013 год охраны окружающей среды



ISJAEE

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

№ 11 (133)
2013

ISSN 1608-8298

Выходит ежемесячно
Издается с июля 2000 г.



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР А. Л. ГУСЕВ

Руководитель группы компаний «Водород»

А/я 683, 687, Саров, Нижегородская обл., 607183, Россия

Тел.: +7(83130) 94472, 63107, 91846, 90708, +79047884477; факс: +7 (83130) 63107, 90708 E-mail: gusev@hydrogen.ru

НАУЧНЫЙ СОВЕТ

- С.М. Алдошин, акад. РАН (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия), зам. главного редактора ISJAEE
 О.М. Алифанов, чл.-корр. РАН (МАИ, Москва, Россия)
 Р.А. Амерханов, д-р техн. наук, проф. (Кубанский гос. аграрный университет, Краснодар, Россия)
 В.М. Андреев, проф. (ФТИ им. Иоффе, С.-Петербург, Россия)
 В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Ереванский государственный университет, Ереван, Армения)
 А.М. Архаров, д-р техн. наук (МГТУ им. Баумана, Москва, Россия)
 Дж. О'М. Бокрис, проф. (Гейнсвилль, США)
 В.М. Бузник, акад. РАН (ИТЦ РАН, Москва, Россия)
 В.А. Бутузов, д-р техн. наук («Южгеотепло», Краснодар, Россия)
 Т.Н. Везироглу, д-р, проф. (Международная ассоциация водородной энергетики (МАВЭ), Институт чистой энергии (Университет Майами, США), зам. главного редактора ISJAEE)
 А.Г. Галеев, проф. (ФКП НИЦ РКП, Сергиев Посад, Россия)
 А.А. Гарибов, д-р хим. наук (ИРП НАН Азербайджана)
 С.А. Григорьев, канд. техн. наук (РНИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия)
 Е.А. Гудилин, член-корр. РАН (Факультет наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия), зам. главного редактора ISJAEE
 Я.Б. Данилевич, акад. РАН (ОЭЭП РАН, Москва, Россия)
 Ю.А. Добровольский, д-р хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)
 А.М. Домашенко, канд. техн. наук (ОАО «Криогенмаш», Москва, Россия)
 О.Н. Ефимов, канд. хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)
 А.З. Жук, д-р физ.-мат. наук (ОИВТ РАН, Москва, Россия)
 Г.И. Исаков, д-р физ.-мат. наук (Институт физики НАН Азербайджана, Азербайджан), зам. главного редактора ISJAEE
 А.Г. Забродский, чл.-корр. РАН (ФТИ им. Иоффе, С.-Петербург, Россия)
 Ю.К. Завалишин, д-р техн. наук (НИЯУ МИФИ, Саров, Россия)
 Ю.П. Зайков, д-р хим. наук (УрФУ)
 М.А. Казарян, акад. НАН Армении (Ереван, Армения)
 Я. Клеперис, д-р физ.-мат. наук (Латвийский университет, Рига, Латвия)
 А.С. Коротеев, акад. РАН (ФГУП «Центр Келдыша», Москва, Россия)
 Б.Н. Кузык, член-корр. РАН (НИК НЭП, Москва, Россия)
 С.О. Кудря, д-р техн. наук (ИВЭ НАН Украины, Киев)
 В.И. Куприянов, канд. техн. наук, проф. (НТЦ «ТАТА», Саров, Россия)
 В.В. Куршева, канд. хим. наук (НТЦ «ТАТА», Саров, Россия)
 А.М. Липанов, акад. РАН (УдНЦ УрО РАН, Ижевск, Россия)
 В.А. Лопота, член-корр. РАН (РКК «Энергия» им. С.П. Королева, Россия)
 В.В. Луний, акад. РАН (МГУ, Москва, Россия)
 Ч. Марчетти, проф. (Сиени, Италия)
 Г.А. Месяц, акад. РАН (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия)
 Н.Н. Мхитарян, чл.-корр. НАН Украины (ИВЭ НАН Украины, Киев)
 В.Е. Накоряков, акад. РАН (Институт теплофизики СОРАН, Новосибирск-90, Россия)
 И.М. Неклюдов, акад. НАН Украины (Харьковский физико-технический институт, Харьков, Украина)
 В.Н. Пармон, акад. РАН (Институт катализа им. Г.К. Борескова СОРАН, Новосибирск, Россия)
 Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (РНИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия)
 О.С. Попель, д-р техн. наук (Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия)
 В.Я. Попкова, д-р хим. наук (АО «Байер», Москва, Россия)
 М.А. Прелас, проф. (У-т Миссури-Коламбия, Коламбия, США)
 В.С. Рачук, д-р техн. наук, проф. (ОАО «Конструкторское бюро химавтоматики», Воронеж, Россия)
 П.Ф. Рзаев, д-р техн. наук (ИРП НАН Азербайджана)
 Ю.А. Рыжов, акад. РАН (Международный инженерный университет, Москва, Россия)
 В.Ф. Резцов, чл.-корр. НАН Украины (ИВЭ НАН Украины, Киев)
 П. Сан-Грегуар, проф. (Университет Тулон-Вара, Франция), зам. главного редактора ISJAEE
 Е.В. Соломин, д-р техн. наук (Южно-Уральский гос. университет, Челябинск, Россия)
 А.Я. Столяревский, д-р техн. наук (Центр КОРТЭС, Россия), зам. главного редактора ISJAEE
 А.В. Стрелец, канд. техн. наук (ФГБНУ «Дирекция научно-техн. программ», Москва, Россия)
 Б.П. Тарасов, канд. хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)
 Ю.А. Трутнев, акад. РАН (Российский федеральный ядерный центр – ВНИИ экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ), Россия), зам. главного редактора ISJAEE
 В.Е. Форгов, Президент РАН (ОИВТ РАН, Москва, Россия)
 М.Д. Хэмптон, д-р, проф. (Университет Центральной Флориды, США), зам. главного редактора ISJAEE
 А.Ю. Цивадзе, акад. РАН (ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия)
 А.Р. Щекин, ведущий сотрудник (ИВЭ НАН Украины, Киев), зам. главного редактора ISJAEE
 С.Е. Щеклеин, д-р техн. наук, проф. (УрФУ, Россия)

Журнал зарегистрирован Международным центром ЮНЕСКО в 2000 г. (название: "Alternativa energia i ecologia", краткое название: "Alt. energ. ecol."), ISSN 1608-8298. Тематика журнала одобрена Международной ассоциацией водородной энергетики (МАВЭ) и Международным центром развития водородной энергетики Департамента по вопросам промышленного развития ООН (UNIDO-ICHET). Журнал включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» согласно решению Президиума Высшей аттестационной комиссии.

Награды журнала: Медаль Рентгена (2007 г.), Диплом Фонда им. В.И. Вернадского и Комитета по экологии Государственной Думы ФС РФ (2007 г.), Премия «Российский Энергетический Олимп – 2008». Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Журнал включен в каталоги: «Роспечать» (индекс 20487), Объединенный каталог «Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы» (индекс 41935), «Интерпочта-2003».

Полные электронные версии статей представлены на сайте Научной электронной библиотеки <http://e-library.ru>, на сайте Международного научного журнала АЭЭ <http://isjaee.hydrogen.ru>, а также на сайте Международного научного и образовательного портала «Водород» <http://www.hydrogen.ru>.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-21881) от 14 сентября 2005 г.

Показатель Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» в рейтинге SCIENCE INDEX за 2010 г. – 2597. Место Международного научного журнала АЭЭ в общем рейтинге SCIENCE INDEX за 2010 г. – 452; по тематике «Охрана окружающей среды. Экология человека» - 7; по тематике «Энергетика» - 7.

Журнал с 23 октября 2013 г. заявлен в Scopus Content Selection & Advisory Board (CSAB). Транслитерация списка литературы по ISO 9:1995.



ISJAEE

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 11 (133) 2013
© Научно-технический центр «ТАТА», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Солнечная энергетика

- Симакин В.В., Смирнов А.В., Тюхов И.И.*
Концентраторная установка с двусторонним облучением солнечных элементов с вертикальными *p-n* переходами 10
- Киселева С.В., Попель О.С., Тарасенко А.Б., Титов В.Ф., Ткачева Т.С., Усанов А.Б.*
Оценка технико-экономических параметров зарядного терминала для электротранспорта на основе солнечной генерации16

Наноструктуры

- Соклакова О.Н.*
Особенности наноструктуры и электрофизических свойств объемного композита на основе Bi_2Te_3 25

Энергетика и экология

- Глинянова И.Ю., Ботнарь М.М.*
Экологическая оценка состояния окружающей среды г.Волгограда с позиции исследований флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой и сирени обыкновенной29
- Маштаков А.С.*
Оценка комплексного влияния на несущую способность грунтов циклических воздействий и мелкозалегающего свободного газа33
- Поляков И.В.*
О пылевом загрязнении атмосферного воздуха от площадных и нестационарных источников37
- Сергина Н.М.*
Аппараты ВЗП с отсосом из бункерной зоны в инерционных системах пылеулавливания ...43
- Сергина Н.М., Азаров Д.В.*
Теоретическая оценка эффективности вихревых пылеуловителей с отсосом из бункерной зоны47
- Кошкарёв С.А., Соколова Е.В.*
Анализ эффективности методов снижения выбросов паров тяжелых углеводородов АЗС с использованием результатов моделирования их рассеивания в атмосфере52
- Боровков Д.П., Скориков Д.А.*
Применение закрученных потоков в воздуховодах систем аспирации56
- Кошкарёв С.А., Кисленко Т.А.*
О применении аппаратов пылеулавливания с комбинированной схемой сепарации пыли из пылегазового потока в производстве керамзита61
- Маринин Н.А., Николенко М.А., Шульга С.В.*
О применении метода «рассечения» при анализе дисперсного состава пыли в воздушной среде64
- Сидякин П.А., Экба С.И., Семенова Е.А., Боровков Д.П., Маринин Н.А.*
Совершенствование систем обеспыливания на предприятиях деревообрабатывающей отрасли67

УДК 624.042.8:622.242.422 (262.81)

ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ГРУНТОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И МЕЛКОЗАЛЕГАЮЩЕГО СВОБОДНОГО ГАЗА

А.С. Маштак

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть» в г. Волгограде
Россия, 400078, г. Волгоград, пр. Ленина, 96
Тел: +79616746400, e-mail: amashtakov@lukoilmn.ru

Заключение совета рецензентов: 22.09.13 Заключение совета экспертов: 28.09.13 Принято к публикации: 03.10.13

Обосновывается необходимость учета геодинамических и геологических рисков (воздействие мелкозалегающего свободного газа на грунтовое основание, влияние циклических (динамических) нагрузок на сооружения, приводящие к понижению физико-механических свойств грунта) с целью повышения безопасной эксплуатации нефтяных платформ.

Ключевые слова: геодинамические риски, мелкозалегающий свободный газ, северная часть Каспийского моря, нефтяные платформы, самоподъемные буровые установки.



Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

EVALUATION OF INTEGRATED INFLUENCE ON BEARING RESISTANCE OF HEAT CYCLING AND SHALLOW FREE GAS

A.S. Mashtakov

Branch of "LUKOIL-Engineering", LLC "VolgogradNIPImorneft" in Volgograd
96, Lenin Ave., Volgograd, 400078, Russia
Tel.: +79616746400, e-mail: amashtakov@lukoilmn.ru

Referred: 22.09.13 Expertise: 28.09.13 Accepted: 03.10.13

Necessity of consideration of geodynamic and geological risks (impact of shallow free gas in the subgrade, the effect of cyclic (dynamic) loads on structures, leading to decrease in physical and mechanical properties of the soil) in order to improve safe operation of oil.

Keywords: geodynamic risks, shallow free gas, north part of the Caspian sea, oil platform, jack-up rigs.



*Александр Сергеевич
Маштак*

Сведения об авторе: главный специалист по оценке инвестиционных проектов отдела инновационного развития морских проектов "Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть» в г. Волгограде".

Область научных интересов: инженерная геология и геоэкология; основания и фундаменты, проектирование нефтяных платформ.

Публикации: 9.

Строительство и эксплуатация нефтегазодобывающих сооружений вызывают значительные качественные и количественные изменения в механизме, интенсивности, объемах и формах проявления природных процессов, часто являясь причиной активации и образования опасных техногенных процессов.

Аварийные деформации оснований нефтяных сооружений и появление многих опасных техногенных процессов возникают из-за ошибочных заключений изыскателей или проектировщиков, из-за отсутствия комплексных мероприятий инженерной защиты осваиваемых территорий, системы монито-

ринга. По данным Британской Ассоциации нефтегазовой индустрии, на континентальном шельфе за последние 20 лет только на стационарных платформах произошло более 6000 несчастных случаев и опасных событий [1].

В работах зарубежных и отечественных исследователей отмечается, что при добыче нефти и газа, мелкозалегающий свободный газ создает потенциальные риски для искусственных конструкций, к которым относятся нефтяные платформы и самоподъемные буровые установки. Возрастание порового давления в газоносных слоях грунта вызывает снижение несущей способности грунтового основания, либо может вызвать прорыв газа к поверхности дна, образование суффозионных воронок, приводящих к потере устойчивости и разрушению сооружений. Разгерметизация более глубоких газоносных залежей в ходе бурения может привести к прорыву газа по затрубному пространству, нарушая также устойчивость опорного основания нефтяных платформ. Аварии, вызванные вскрытием скоплений мелкозалегающего газа, имели место также при неглубоком поисковом и инженерно-геологическом бурении в Восточно-Сибирском и Черном морях, в том числе на нефтяных месторождениях Каспийского моря. При этом совместно с газом через ствол скважин выбрасывался большой объем водно-грунтовой смеси. Часто «выбросы газа» стимулируются при проведении специальных работ, таких как поднятие буровой трубы или начало извлечения пробных образцов.

Газ в почве может находиться: как газ, растворенный в поровой воде (т.е. газ недонасыщен в поровой воде), как свободный газ (т.е. газ перенасыщен в поровой воде) или как газогидрат (т.е. соединения, образующиеся при определенных термобарических условиях из воды и газа (клатраты)) [2]. Возрастание порового давления в газоносных грунтах при забивке свайных фундаментов нефтяных платформ, либо при постановке на дно самоподъемных буровых оснований вызывает снижение несущей способности грунтового основания, либо может вызвать прорыв газа к поверхности дна, образование суффозионных воронок, приводящих к потере устойчивости, превышение допустимых перемещений сооружений и разрушению конструкций. Разгерметизация более глубоких газоносных залежей в ходе бурения может привести к прорыву газа, нарушая устойчивость опорного основания.

В настоящее время возникает необходимость разработки методики по комплексному учету всех вышеперечисленных проблем при расчетах несущей способности свайных фундаментов нефтяных платформ и опорных колонн самоподъемной плавучей буровой установки (СПБУ). Актуальность данной задачи подтверждается ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» (№117-ФЗ), регламентирующим нормы безопасности при осуществлении деятельности, связанной с проектированием, строительством и эксплуатацией гидротехнических сооружений.

В настоящее время в разработанных стандартах и нормах по проектированию гидротехнических сооружений (СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003, СП 23.13330.2011. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85, СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85, и другие) учитывается, что «неблагоприятные свойства грунтов необходимо учитывать при наличии динамических и сейсмических воздействий», но не учитывается снижение несущей способности грунтов от влияния на них мелкозалегающего свободного газа. Тем более в современных нормативных правилах не сказано о комплексном влиянии на несущую способность грунтов динамических, сейсмических воздействий и воздействий свободного газа.

Проблема выбора методов анализа для оценки геодинамических рисков и рисков по влиянию мелкозалегающего опасного свободного газа в настоящее время является весьма актуальной. Если при расчете несущей способности оснований платформ проектные организации еще учитывают геодинамические риски, то учет влияния мелкозалегающего опасного свободного газа на грунты не производится из-за малой изученности данного процесса.

После проведенных исследований грунтов на Каспии выявлено, что верхняя часть грунтовой толщи (мощностью толщи грунта до 30 м) подвергается влиянию динамических (циклических) воздействий, следовательно, возможно разжижение грунтов.

Полученные данные, характеризующие динамическую прочность несвязных и связанных грунтов при циклических (динамических) воздействиях, приведены в табл. 1.

Таблица 1
Влияние динамического воздействия
на физико-механические параметры грунта
Table 1
Influence of dynamic impact on physical
& mechanical properties of soil

Физико-механические параметры грунтов	Снижение показателя грунта при циклических воздействиях, %
Угол внутреннего трения φ	от 5 до 15
Сопrotивление недренажному сдвигу C_u	
Модуль деформации грунта E	

Из-за присутствия в грунтах мелкозалегающего свободного газа снижены физико-механические параметры грунта, которые приведены в табл. 2.

Из приведенных в табл. 1 и 2 данных видно, что суммарное значение понижения физико-механических показателей грунта при ледовых воздействиях и из-за присутствия в грунтах мелкозалегающего свободного газа составляет примерно 30%.

Таблица 2
Влияние мелкозалегающего свободного газа на физико-механические параметры грунта
Table 2
Impact of shallow lying free gas on physical & mechanical

Физико-механические параметры грунтов	Снижение показателя грунта из-за присутствия в грунтах мелкозалегающего свободного газа, %
Угол внутреннего трения φ	до 20
Сопrotивление недrenированному сдвигу C_u	
Модуль деформации грунта E	

Эти данные рекомендуется использовать в расчетах устойчивости сооружений при обустройстве месторождений на Каспии. Следует отметить, что полученные данные носят рекомендательный характер, а для конкретной площадки требуются дополнительные исследования каждого геологического элемента.

Был проведен анализ и прогноз аварийных ситуаций (для площадок размещения СПБУ и нефтяных платформ на шельфе Каспийского моря), когда «опасный свободный газ» «ухудшит» физико-механические свойства грунта. В расчетных геотехнических программных комплексах (в частности ПК Plaxis 3D Foundation) моделировались грунтовые условия площадок, гидротехническое сооружение и прикладывались внешние нагрузки (ветровые, волновые, сейсмические). Результатом данного исследования являлось получение и анализ величины пенетрации без снижения физико-механических свойств грунтов и после снижения. В табл. 3 представлены результаты значений пенетрации без снижения физико-механических свойств грунтов и после снижения.

В табл. 4 представлены результаты исследований осадок свайных фундаментов нефтяных платформ на грунте с учетом циклических воздействий, а также с учетом ухудшения физико-механических свойств грунта из-за влияния мелкозалегающего опасного свободного газа. Результатом данного исследования являлось получение и анализ величин осадок свайного основания нефтяных платформ без снижения физико-механических свойств грунтов и после снижения.

Таблица 3
Результаты исследования по снижению физико-механических (физ.-мех.) свойств грунтов
Table 3
Investigation results of reducing physical & mechanical properties of soil

Площадка постановки СПБУ	Глубина моря (относительно уровня -28 м БС), м	Величина пенетрации опорных ног СПБУ без снижения (физ.-мех.) свойств грунтов, м	Величина пенетрации опорных ног СПБУ после снижения (физ.-мех.) свойств грунтов, м	Допускаемая величина пенетрации, м	Разница пенетраций, %
Северный Каспий (СПБУ «Астра»)					
Структура "Западно-Сарматская"					
площадка № 1	10	1,9	2,4	7	21
площадка № 2	11	2,0	2,6	7	23
М/р "Сарматское" (площадка № 2)	13	2,0	2,4	7	17
Структура "Ракушечная" (м/р им.В. Филановского)					
площадка № 5бис	6	2,3	2,8	7	18
площадка № 7	7	2,6	3,1	7	16
площадка № 8	5	2,2	2,6	7	15
Структура "Широтная" (м/р им. Ю. Корчагина) (площадка № 5)	12	2,9	3,5	7	17
Центральный Каспий (СПБУ «Нептун»)					
Структура "Хазри" (площадка № 1)	45	7,2	8,7	9	17

Результаты исследования по снижению физико-механических свойств (физ.-мех.) грунтов

Investigation results of reducing physical & mechanical properties of soil

Площадка постановки СПБУ	Глубина моря (относительно уровня -28 м БС), м	Величина осадки свайного основания нефтяных платформ без снижения (физ.-мех.) свойств грунтов, мм	Величина осадки свайного основания нефтяных платформ после снижения (физ.-мех.) свойств грунтов, мм	Допускаемая величина пенетрации, мм	Разница пенетраций, %
М/р им. В. Филановского					
«Райзерный блок»	7,4	76	94	100	19
«Блок-кондуктор»	6,9	38	50		24
«Центральная технологическая платформа»	7,2	58	78		25

Из результатов исследования по снижению физико-механических свойств грунтов (табл. 3 и 4) автором были сделаны следующие выводы:

– в Северной части Каспийского моря разница вдавливания опорных колонн между величинами пенетрации без снижения физико-механических свойств грунтов и после снижения составляет для разных площадок в пределах от 15 до 22% (из этого видно, что для площадок Северного Каспия запас допускаемой величины пенетрации опорных колонн СПБУ достаточно большой, но для площадок Центрального Каспия такой запас отсутствует);

– если не учитывать в расчетах наличие «опасного свободного газа», а также негативные его свойства в грунтах, то могут произойти аварии буровых установок;

– для площадок Центрального Каспия запас допускаемой величины осадки опорных оснований нефтяных платформ отсутствует (что также может привести к аварии СПБУ).

По результатам научных исследований сделаны следующие выводы:

– при расчетах несущей способности свайных фундаментов нефтяных платформ и опорных колонн СПБУ следует учитывать ухудшения несущей способности опорных оснований из-за комплексного влияния на них циклических, сейсмических воздействий и мелкозалегающего опасного свободного газа;

– учет снижения физико-механических свойств грунтов из-за присутствия в грунтах мелкозалегающего свободного газа в расчетах несущей способности опорных оснований сооружений на шельфе рекомендуется включить в разделы нормативного документа «СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85».

Список литературы

1. Accident Statistics for Offshore Units on the UKCS 1990-2007 / The United Kingdom Offshore Oil and Gas Industry Association (Oil and Gas UK). 2009 (April).
2. Sills G.C., Wheeler S.J. The Significance of Gas for Offshore Operations // Continental Shelf Research. 1992. Vol. 12, No. 10. P. 1239-1250.

