



УДК 502.6

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОСВОЕНИИ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### ENVIRONMENTAL AND TECHNOLOGICAL SAFETY CONCERNS IN OFFSHORE DEVELOPMENT

#### Твердохлебова Юлия Ивановна

ведущий специалист,  
Институт международного образования,  
Волгоградский государственный университет  
gidrolog@volsu.ru

#### Твердохлебов Иван Иванович

кандидат геолого-минералогических наук, доцент,  
доцент кафедры региональной и морской геологии,  
Институт географии, геологии, туризма и сервиса,  
Кубанский государственный университет  
ivivtv@mail.ru

#### Доровский Александр Владимирович

начальник отдела морских изысканий,  
ООО «ВолгоградНИИГипрозем»  
dorovsky\_1982@mail.ru

**Аннотация.** Рассматриваются проблемы связанные с техногенной нагрузкой на литосферу. Образующиеся при этом скопления флюидов способствуют возникновению аварийных ситуаций на морских основаниях.

**Ключевые слова:** Черное море, бурение скважин, грязевый вулканизм, техногенные скопления, нефтегазопроявления и грифонообразования.

#### Tverdokhlebova Yulia Ivanovna

Leading Specialist  
Institute of International Education Volgograd,  
Volgograd State University  
gidrolog@volsu.ru

#### Tverdokhlebov Ivan Ivanovich

Ph.D. in Geological and Mineral Sciences,  
Associate Professor,  
Assistant Professor of Regional and  
Marine Geology,  
Institute of Geography, Geology,  
Tourism and Service,  
Kuban State University  
ivivtv@mail.ru

#### Dorovskiy Alexander Vladimirovich

Head of The Department of  
Marine Research,  
Volgogradniigiprozem LLC  
dorovsky\_1982@mail.ru

**Annotation.** The problems associated with man-made load on the lithosphere are considered. The resulting clusters of fluids contribute to the occurrence of emergencies on marine grounds.

**Keywords:** Black Sea, drilling, environmental and technological loads, man-made clusters, oil and gas and griffin formation.

О сенью 2017 г. в Российском секторе Черного моря с плавучей полупогружной буровой установки (ППБУ) Scarabeo-9 начато бурение поисково-оценочной скважины «Мария-1» проектной глубиной 6126 м. Освоение нефтегазовых месторождений, особенно расположенных на акваториях, связаны с техногенной и экологической нагрузкой на литосферу и инженерно-геологические элементы окружающей среды.

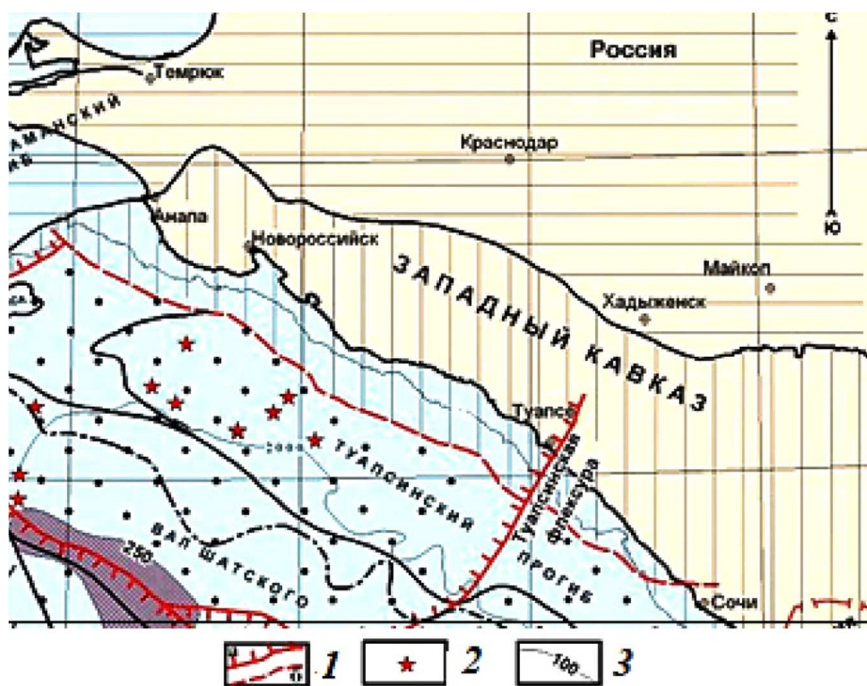
Проблема охраны окружающей среды имеет жизненно важное значение в целях сохранения и поддержания в устойчивом равновесии экологической системы человек-природа. Одной из главных опасностей загрязнения водных бассейнов являются углеводороды.

Успешное решение экологических проблем в период подготовки к освоению акватории Черного моря заключается в проработке информации об окружающей среде, факторах риска и технических средствах, планируемых для производства разведки и разработки нефтегазовых месторождений [1, с. 163]. ПАО «НК Роснефть» ведет поисково-оценочные исследования для выявления скоплений углеводородов в акватории Черного моря в районе Туапсинского прогиба и вала Шатского (рис.). По материалам [2, с. 12, 13] в 2004–2005 гг. в Туапсинском прогибе и на валу Шатского были обнаружены пробоотбором, в комплексе с данными многолучевого эхолота, около полутора десятков грязевых вулканов. На одном из грязевых вулканов Туапсинского прогиба подняты грязевулканическая брекчия и илы с включениями нефти.

Наличие грязевого вулканизма свидетельствует о геотектонической активности района исследований и создает определенные риски при освоении месторождений углеводородов. В этой связи необходимо провести тщательное изучение материалов, в том числе метеорологических условий наиболее важных при освоении морских нефтяных и газовых месторождений. Это обусловлено тем, что гидротехнические сооружения строятся и эксплуатируются в незащищенных акваториях, в тяжелых гидрометеорологических условиях. В экстремальных условиях окружающей среды эти сооружения должны «выстоять» и не разрушиться от стихийных воздействий, обеспечить надежность в рабо-



те на весь период эксплуатации месторождения (25–30 лет). Одной из нерешенных экологических проблем по техногенному воздействию на окружающую среду, являются межпластовые перетоки (флюидопроявления), которые транспортируют высокую энергию из зон высоких пластовых давлений в зоны низких давлений с формированием в разуплотненных породах техногенных скоплений, способствующих непредсказуемым нефтегазопроявлениям и грифонообразованиям.



**Рисунок** – Район лицензионных участков ПАО «НК Роснефть»  
 1 – разломы; 2 – грязевые вулканы; 3 – изобаты

Такие скопления флюидов с аномальными высокими давлениями (АВД) формируются в горизонтах, расположенных гипсометрически выше месторождений и включающих пористые линзы и зоны разуплотнений. Перетоки флюидов из глубоких богатых этажей – объектов современной разведки на нефть и газ осуществляются по тектоническим разрывным нарушениям и трещинам [3, с. 36].

Техногенные скопления могут сформироваться как на стадии поисков и разведки, так и на стадии разработки месторождений с АВД. Они представляют опасность еще и потому, что с ними нельзя бороться чисто технологическими приемами и методами, поскольку скважина на небольших глубинах проходки еще не способна технологическим маневром предотвратить выброс и тем более грифон. Особенно опасны такие встречи для морских мобильных объектов. Опасность связана с выбросами газа, его возгоранием, образованием грифонов под опорой платформы и, как следствие, огромный ущерб, связанный с гибелью дорогостоящей платформы [4, с. 165]. Крупная авария произошла у побережья Бразилии, когда установка Р-36 стоимостью 500 млн американских долларов утонула вследствие взрыва газа и пожара на одной из поддерживающих колонн (Offshore, № 5, 2001)

Аварии, произошедшие на Каспийском море, описаны в книге М.А. Мирзоева «На шельфе Каспия». На ППБУ «Шельф-2» при бурении скважины на месторождении Шираг, во время спуска бурильного инструмента скважина неожиданно под большим давлением выбросила облако газа. Колонна бурильных труб поползла вверх и в какой-то момент была выброшена под кронблок буровой вышки. Деформировалась и сама стальная буровая вышка высотой 53 м. Положение усугубилось тем, что газ внезапно воспламенился, из скважины извергалось пламя высотой 50 м. Все вокруг гудело, металл накалился докрасна.

Было решено: «Немедленно эвакуировать экипаж!». На двух шлюпках, люди были высажены на поверхность моря и подобраны одним из кораблей серии «Нефтегаз», Внезапно фонтан газа прекратился и огонь погас. Однако появилась новая опасность: буквально под понтонами ППБУ появился грифон, который разросся до 35 метров в диаметре. Создалась угроза опрокидывания ППБУ. Благодаря прибывшим на вертолете специалистам-гидравликам, «Шельф-2» была спасена и отбуксирована на берег, где была поставлена на консервацию.

Аналогичная ситуация произошла с установкой СПБУ «Баки», расположенной на площади Банка Ливанова-Восточная в 90 км северо-западнее полуострова Челекен, где бурилась разведочная скважина № 18.



В процессе строительства скважины на глубину 630 м был спущен и зацементирован 508 мм кондуктор. При очередном наращивании бурильного инструмента скважина заработала водой с газом. Высота струи была в пределах 20–25 м. от стола ротора. Пришлось срочно снимать СПБУ с точки бурения. Во время буксировки буровой установки поднялся шторм. Создалась угроза затопления СПБУ. В таких условиях началась эвакуация обслуживающего персонала на находящийся рядом корабль. Вскоре навалившаяся волна накрыла СПБУ. Стальная громада накренилась и в следующий миг исчезла в бурлящем море.

Похожие аварии с формированием техногенных скоплений и грифонов отмечались и в процессе разработки месторождений с АВПД. Интенсивное разбуривание таких объектов и их освоение неизбежно ведет к образованию аварийных скважин и скважин с некачественно изолированными стволами. Эти скважины будут служить каналами для перетоков флюидов (вертикальная миграция), которые способствуют формированию техногенных скоплений с АВД.

На морском газоконденсатно-нефтяном месторождении Бахар, расположенном на юге Каспийского моря [5, с. 62] тектонические нарушения и стволы аварийных скважин сформировали каналы перетоков сжатой газовой смеси из продуктивных этажей в проницаемые пласты вышележащих свит. Наиболее интенсивно и массивно происходит вторжение флюидов на сводовой части структуры, сильно разбитой флюидопроводящими разрывами и трещинами, а также на ее южной переклинали, насыщаемой газовой жидкостью эксгаляциями грязевого вулкана. Формирующиеся приповерхностные флюидные скопления с экстремальными АВД спровоцировали в строящейся скв. № 81 на глубине 500 м сверхмощный фонтан воды (до 250 тыс. м<sup>3</sup>) с экстремальным АВД. Фонтанирование продолжалось с перерывами 28 суток. За это время скважина выбросила около 8 млн м<sup>3</sup> воды и 2 млн м<sup>3</sup> породы. В результате основание и буровое оборудование с вышкой затонули.

На площади банка Губкина в скважинах №1 и № 4 произошел выброс газовой смеси с последующим образованием грифонов.

Возникновения грифонов вызывает наиболее тяжелые последствия. На ликвидацию грифонов, возникающих в процессе бурения, опробования и эксплуатации скважин, затрачивают много времени и средств. В ряде случаев работы по ликвидации грифонов заканчиваются потерей скважин. Кроме того, длительно действующие грифоны могут причинить значительный ущерб месторождению в целом, нарушить нормальную его разработку.

Для контроля формирования техногенных скоплений и грифонообразования следует производить уточнение геологического строения надпродуктивных отложений, что необходимо для обеспечения эффективности мероприятий по борьбе с техногенной загазованностью. Из опыта многолетних работ [6], проводимых на месторождениях, рекомендуются следующие методы исследований: это геолого-промысловые, гидрогеологические, промыслово-геофизические исследования, газогидрохимическое опробование скважин и родников, бурение новых скважин. Необходимо так же проводить биолокационную (БЛС) и газогеохимическую съемки. Биолокационная съемка дает общие предполагаемые контуры возможной техногенной загазованности, причем, как правило, в приповерхностном слое почвогрунтов. Сигнал, регистрируемый оператором БЛС от скоплений газа в приповерхностном слое пород, в несколько раз мощнее по сравнению с сигналом, характерным для заколонных перетоков газа в скважинах. Это затрудняет поиск переточных скважин методом БЛС в зонах скопления техногенного газа в приповерхностном слое почвогрунтов. Однако, учитывая быстроту и невысокую стоимость БЛС, проведение ее следует практиковать и в дальнейшем.

Результаты проведения газогеохимической съемки имеют преимущественно эколого-технологическое значение. Они показывают содержание метана и его гомологов в приземном воздухе и в двухметровом приповерхностном слое почвогрунтов. Важное значение имеет вывод о том, что выявленные аномальные концентрации углеводородных газов не представляют взрывной и экологической опасности.

Промыслово-геофизическим методам принадлежит главная роль в отнесении скважин к возможно переточным, определении нарушений обсадных колонн, интервалов скопления газа в цементном камне и за обсадной колонной, заколонных перетоках газа.

Гидрогеологические исследования в наблюдательных скважинах позволяют по подъему уровня грунтовых вод, вплоть до их самоизлива, зафиксировать раннюю стадию проникновения переточного газа в водоносные горизонты. По химическому составу воды можно определить из какого именно водоносного горизонта исходит развитие гидродинамической напряженности.

Следует добавить, что с учетом различия способа и условий формирования приповерхностных скоплений флюидов с АВД, среди которых выделяют: скопления, образующиеся в результате геотектонических процессов и скопления, образующиеся в результате техногенных процессов. Это предопределяет обоснование и разработку различных методов прогноза, выявления и обнаружения таких скоплений.

Для успешного безаварийного ведения работ поисково-разведочного бурения на новых площадях рекомендовано производство сейсмических исследований территории. Особо следует выделить исследования по прогнозу приповерхностных скоплений газогеохимическими методами, а именно газовую съемку.



Следует учитывать приуроченность скоплений флюидов к сводовым частям структур, где градиенты пластовых давлений максимальны и на которых развита сеть тектонических нарушений и трещин.

В бурящихся поисковых и разведочных скважинах для выявления приповерхностных скоплений флюидов необходимо предусмотреть газовый каротаж при вскрытии верхней части разреза, контроль за водоотдачей промывочной жидкости, постоянную регистрацию содержания газа, воды и температуры. Периодически регистрировать объемную скорость циркуляции промывочной жидкости. Особая роль отводится геофизическим исследованиям (НГК и термометрия) для выделения газонасыщенных горизонтов [4, с. 166].

Таким образом, обязательное применение перечисленных мероприятий, а также опыт освоения месторождений углеводородов Каспийского моря в условиях развития грязевого вулканизма, позволят на новых площадях своевременно выявить предполагаемые либо существующие проблемные скважины и принять соответствующие меры, что позволит избежать газоводопроявлений, аварий и грифонов при бурении скважин.

### Литература:

1. Анисимов Л.А., Чурсина М.Е. Проблемы экологической и технологической безопасности при освоении месторождений Северного Каспия. // В кн. Проблемы освоения Прикаспия и шельфа Каспийского моря. Сб. стат. ООО «Лукойл-Вогоград НИПИморнефть». – 2004. – С. 163–167.
2. Мейснер А.Л. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Туапсинского прогиба и вала Шатского. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – М. : 2010. – 26 с.
3. Приповерхностные проявления АВПД при разведке месторождений нефти и газа / К.А. Аникиев [и др.] // В кн. Методы прогнозирования АВПД и вопросы совершенствования технологии бурения скважин. Сб. науч. Тр. – Ленинград : Изд. ВНИГРИ, 1983. – С. 29–47.
4. Твердохлебова Л.Л. Методы прогнозирования, выявления, и предупреждения АВПД на малых глубинах нефтегазовых площадей Каспийского моря // Южно-Российский Вестник, № 7, Издательский дом «Астраханский университет», 2006. – С. 162–167.
5. Твердохлебов И.И., Омаров А.К., Халилов Э.Н. Методы выявления и предупреждения приповерхностных водогазопроявлений и грифонообразований на площади Бахар // Нефтяное хозяйство. – 1983. – № 4. – С. 61–63.
6. Севастьянов О.М., Захарова Е.Е., Багманова С.В. Методические и практические аспекты изучения газовых залежей переточного происхождения // В кн. Достижения, проблемы, перспективы. Сб. ст. – Оренбург : ИПК «Газпромнефть» ООО «Оренбурггазпромсервис», 2002. – 146 с.

### References:

1. Anisimov L.A., Chursina M.E. Problems of ecological and technological safety in the development of Northern Caspian deposits. // In the book: Problems of development of the Caspian Sea and the Caspian Sea shelf. Collection of Stat. LLC Lukoil-Vogograd NIPImorneft. – 2004. – P. 163–167.
2. Meisner A.L. Geological structure and prospects of oil and gas bearing capacity of the Tuapse trough and Shatskiy rampart. Abstract of thesis for the degree of candidate of geological-mineralogical sciences. – M. : 2010. – 26 p.
3. Subsurface manifestations of AVPD in the exploration of oil and gas fields / K.A. Anikiev [et al.] // In. Methods of forecasting AVPD and issues of improving the technology of drilling wells. Collection of Proc. Proc. – Leningrad : Publishing House VNIGRI, 1983. – P. 29–47.
4. Tverdokhlebova L.L. Methods of prediction, detection and prevention of AVPD at shallow oil and gas areas of the Caspian Sea // South-Russian Bulletin, № 7, Publishing House «Astrakhan University», 2006. – P. 162–167.
5. Tverdokhlebov I.I., Omarov A.K., Khalilov E.N. Methods of detection and prevention of near-surface water-gas occurrences and griffin formation on the Bakhar area // Oil Economy. – 1983. – № 4. – P. 61–63.
6. Sevastyanov O.M., Zakharova E.E., Bagmanova S.V. Methodological and practical aspects of studying of gas deposits of overflow origin // in V. Achievements, problems, prospects. Coll. of papers. – Orenburg : «Gaspromneft» Publishing House Orenburggazpromservice, 2002. – 146 с.