

**П.И. Бухарицин** (Астраханская группа Института водных проблем РАН, Каспийский филиал Института океанологии РАН им. П.П. Ширшова, Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань);  
**А.П. Бухарицин** (Московский финансово-промышленный университет «Синергия», г. Москва);  
**А.Ю. Иванов** (Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова, г. Москва);  
**Б.Н. Голубов** (Институт динамики геосфер РАН, Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова, г. Астрахань).

## **ФЛЮИДЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ** (FLYUIDY CASPIAN EPIDEMIC DEATHES)

Сведения о внезапных выбросах нефти и газа из недр морей известны с древних времен [Очерки..., 1982]. Такие аварии сопровождаются, как правило, подвижками недр, и носят затяжной характер. Характерным примером является серьезная авария на месторождении «Тенгиз» в Казахстане, произошедшая летом 1985 г. на одной из разведочных скважин месторождения «Тенгиз» в Западном Казахстане (северо-восточное побережье Каспийского моря). Еще один трагический пример. В результате внезапного выброса газа и образования грифона 9 сентября 1983 г. буровая установка "60 лет Азербайджана", затонула в Каспийском море, были человеческие жертвы.

Несмотря на неуклонный рост числа подобных аварий, методология прогноза опасных выбросов пластовых флюидов и подвижек недр пока не выработана. Даже после детального изучения структурной геологии и литологии месторождений современными методами морской геофизики и поисково-разведочного бурения вскрытие залежей нефти и газа осуществляется в значительной мере вслепую, без точного знания особенностей геомеханики массива горных пород и режима пластовых флюидов. Т.е. реальная опасность промысла оценивается обычно задним числом, после ввода его в эксплуатацию.

Кроме того, сейчас становится все более очевидным, что опасность выбросов пластовых флюидов возрастает по мере старения промысла, и наиболее характерна для заброшенных беспризорных промыслов. Но, к сожалению, эффективные способы подавления такой опасности и «рекультивации» отживших свой век промыслов неизвестны.

По существу создавшееся ненормальное положение закрепляют «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (ПБ 08-624-03). Они предъявляют жесткие требования Госгортехнадзора России к проектированию строительства скважин (п. 2.2), а также к предупреждению газонефтеводопроявлений и открытого фонтанирования скважин (п. 2.7.7), но вместе с тем не указывают четко способов реализации таких строгих требований. Пробел просматривается и в природоохранных актах нашего государства: они также не оговаривают алгоритма практических действий на заброшенных бесхозных морских промыслах.

Поэтому, следуя таким туманным и расплывчатым "правилам", промысловики вынуждены действовать пока на свой страх и риск, уповая на успех научного поиска надежных способов прогноза опасных процессов в недрах морей.

### **Методология прогноза**

Поиск путей такого прогноза ведется на стыке методов морской геологии и геофизики, океанологии, геомеханики и нацелен на изучение особенностей флюидодинамики осадочных нефтегазоносных бассейнов, а также геологических условий, механизмов и предвестников грифонных выбросов пластовых флюидов из недр морских месторождений нефти и газа.

В общем случае в осадочных нефтегазоносных артезианских бассейнах различают флюидодинамические системы четырех основных типов:

- a. открытого гравитационно-конвекционного;
- b. полуоткрытого элизионного;
- c. закрытого компрессионного;

d. гидротермально-конвекционного [Багдасарова, 2000; Голубов, 2009; 2014; Гуревич, Крайчик, 1987].

В системах открытого гравитационно-конвекционного типа распределение давлений напрямую зависит от веса столба жидкости (при данном распределении его плотности) и от потерь напора при фильтрации. Флюиды, а это в основном подземные воды, здесь имеют связь с дневной поверхностью. Неоднородность их плотности обусловлена различиями минерализации, газонасыщенности, температуры, неровностями рельефа и т.д. На этом фоне осуществляется обычное движение подземных вод в артезианском бассейне от областей питания к очагам их разгрузки. Положение последних под дном моря нетрудно определить на основе структурных карт водоносного или водоупорного горизонтов, получаемых обычно по данным сейсморазведки в сочетании с данными морской геотермии и гидрохимии.

Полуоткрытые системы элизионного типа приурочены к областям новейших нисходящих тектонических движений, где сформировался, и продолжает накапливаться мощный осадочный чехол. Поскольку уплотнение, а также формирование пористости пород чехла не завершилось, то из них здесь все еще отжимаются потоки подземных вод, которые движутся от осевых частей прогибов к их крыльям, и могут разгружаться на дне моря. Методы численной прикидки времени зарождения и интенсивности элизионных потоков базируются на знании особенностей катагенеза глинистых минералов, и в настоящее время хорошо разработаны литологами, особенно в трудах Холодова [2006, 2013]. Он, в частности, на примере кайнозойских толщ Предкавказья выделяет три типа элизионных преобразований, соответствующих уплотнению глин, углей и эвапоритов. Отчетливо показано также почему и как эти преобразования сопровождаются формированием зон аномально-высоких (АВПД) и аномально-низких пластовых давлений (АНПД), резкие перепады которых (в сочетании с катагенетическими

преобразованиями пластических осадочных пород в условиях закрытых физико\_химических систем) порождают множество форм песчаного диапиризма. Такое явление, несомненно, может проявляться и под дном соседней акватории Каспия, где покров кайнозойских отложений сходен с тем, что развит в Предкавказье.

Поскольку очаги потенциальной разгрузки флюидов систем элизионного типа приурочены в основном к бортам осадочных бассейнов, то координаты этих очагов без особого труда определяются по данным морской сейсморазведки.

Закрытые системы компрессионного типа содержат высоконапорные флюиды, заземленные в замкнутом пустотном пространстве массивов горных пород. Эти системы отличаются обычно АВПД флюидов, которые намного превышают гидростатическое давление (оказываемое весом столба жидкости высотой от точки измерения до поверхности жидкости). Как правило, зоны АВПД экранируются мощными флюидоупорами в виде практически непроницаемых толщ каменной соли или глин.

Примером тому являются зоны АВПД в сейсмоактивных областях развития грязевого вулканизма в Южно-Каспийской впадине. Примечательны также зоны АВПД в подсолевом структурном этаже Прикаспийской впадины.

Вскрытие и проходка зон АВПД чрезвычайно опасны. Свидетельством тому служит упомянутая нами выше авария на месторождении Тенгиз, которое расположено на восточном берегу Северного Каспия. Здесь 24 июня 1985 г. с глубины около 5 км из подсолевого структурного этажа из скважины № 37 под давлением почти в тысячу атмосфер вырвался мощный горящий фонтан из нефти и природного газа, насыщенного сероводородом. Фонтан взвился на высоту более 200 м, вышвырнул из скважины на поверхность многотонную колонну бурильных труб, свернув их «макаронами», снес близлежащие строения, и бушевал в течение долгих месяцев. На укрощение аварии была брошена бригада ликвидаторов, оснащенная большегрузным авиатранспортом для доставки оборудования с европейского склада

"Камерон" стоимостью 2 млн. долларов. Аварию удалось ликвидировать лишь через четыреста дней, что сорвало тогда планы повышения добычи нефти в Казахстане от 18,7 млн. т в 1981 г. до 25 млн. т. в 1985 г. и усугубило спад добычи нефти в СССР, наметившийся с 70-х гг. (рис.1).



Рис. 1. Снимок горящего нефтяного фонтана на месторождении «Тенгиз» сделан Бухарициным П.И. с самолёта, с высоты 150 метров.

В обозримой перспективе подобный выброс высоконапорных пластовых флюидов из подсолевого структурного этажа южного борта Прикаспийской впадины может возникнуть и в Северном Каспии на месторождении Кашаган, о чем авторы предупреждали еще несколько лет назад [Бухарицин, Голубов, Иванов, 1986, 1988, 1992, 2015, 2016]. Неоднократные аварийные выбросы пластовых флюидов возникали здесь и раньше, на буровой установке «Сункар», во время испытаний скважин Восточный и Западный Кашаган в период с марта 2000 г. по апрель 2001 г. Показательно также катастрофическое обрушение самоходной плавучей буровой установки (СПБУ) «60 лет Азербайджана», которое произошло 9 сентября 1983 г. вблизи восточного берега Среднего Каспия. Бурением было намечено вскрытие в недрах молодой Туранской плиты доюрских пород пермо-триасового комплекса и палеозойского кристаллического фундамента. Точка бурения располагалась в 23 км от мыса Ракушечный, где глубина моря равна 43 м. Расчетная глубина бурения составляла 4500 м. Но на глубине 445 м, при проходке глини олигоцена, промывочная жидкость была перебита прорывом газонасыщенных пластовых флюидов. При утяжеленном глинистом растворе удалось пробурить еще 60 м, произвести спуск обсадной

колонны диаметром 508 мм и поставить скважину на затверждение цемента, на что требуется обычно от 24 до 30 час. Но уже через шесть часов вновь началось движение глинистого раствора из межколонного пространства. Вскоре из скважины на 50 метровую высоту взвился фонтан газа и начался интенсивный размыв грунта под одной из опор буровой, вышка накренилась, размыло грунт под второй опорой, и вышка рухнула. Авария произошла ночью в штормовую погоду. Погибло два человека. Подоспевшие суда всю ночь вылавливали из воды людей. Спасатели подожгли газ, чтобы он не отравлял атмосферу. Через 5 дней факел погас, и выброс иссяк. Но 5.08.1991 г. аварийная скважина вновь зафонтанировала. Несколько лет тому назад водолазы КАСПНИРХ обнаружили, что грифон подземных флюидов здесь все еще действует. Металлические конструкции вышки не подверглись обрастанию морскими организмами, что объясняется непрерывной активностью грифона,



Рис. 2. Место аварии самоходной плавучей буровой установки (СПБУ) "60 лет Азербайджана".

выбрасывающего из недр в море токсичные газы и подземные воды (рис.2).

Отметим, наконец, подтопление водами Каспийского моря обширной прибрежной полосы суши перед защитной дамбой на северном берегу п-ова Бузачи

в районе нефтяного месторождения Каламкас.

Эта дамба стала подпирать

поток подземных вод, разгружающегося с суши в сторону Каспия, обеспечила заболачивание побережья и вскоре оказалась по существу не на берегу, а посреди воды. Характерно, что еще в 1972 г. геолог Бугарь описал

на этом полуострове 6-ти километровую полосу газоводяных грифонов, которая "ныряет" под дно Каспия.

И вот, новая авария. С середины марта 2019г. на скважине месторождения «Каламкас», расположенного в Тюпкараганском районе Мангистауской области Республики Казахстан, в четырёх километрах от Каспийского моря, развивается внештатная ситуация, связанная с технологической аварией в ходе выполнения буровых работ (рис. 4).

МИА «Казинформ», со ссылкой на пресс-службу Министерства энергетики РК, сообщило, что 13 марта 2019 г. в 17:30 час, на газонефтяном месторождении «Каламкас» при бурении ТОО «Инженерная Буровая Компания «Си Бу» (Актау) скважины № 8237 с проектной глубиной 903 м произошла внештатная ситуация с выбросом газоводяной смеси.

После герметизации устья скважины вокруг буровой площадки появилось водогазопроявление в виде грифонов, при котором на поверхность поднимается рабочая жидкость (буровой раствор), закачанная в скважину, и газ из пласта.

Ликвидацией аварии занималась подрядная организация ТОО «Инженерная буровая компания Си Бу» совместно с недропользователем. Устранение водогазопроявлений в виде грифонов осуществлялось путем закачки специальных растворов.

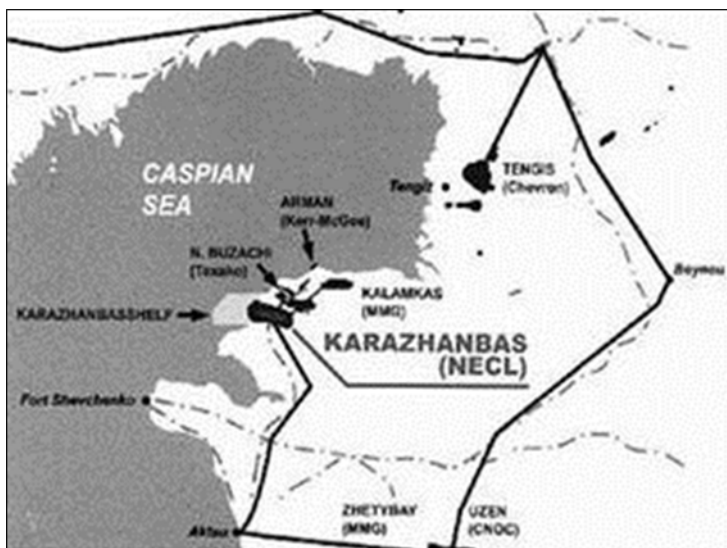


Рис. 4. Месторождение «Каламкас» на карте.

24 марта казахстанская сторона отчиталась о практически полном устранении последствий происшествия. В этот день на «Каламкас» был осуществлён выезд представителей акимата (администрации) Мангистауской области, Природоохранной прокуратуры и

Государственной инспекции в нефтегазовом комплексе для оценки текущей ситуации. В ходе осмотра места аварии было установлено, что сброс нефти на земную поверхность отсутствует, а из первоначальных 13 мест грифонов осталось лишь 5 (из них интенсивность газоводопроявление составляла — 1 сильная, 3 средняя и 1 слабая). Площадь разлива попутной воды вокруг аварийной скважины составляла примерно длиной 1 км, а шириной 0,5 км, что подтверждается сделанными фото/видеосъемками.

Также отмечалось, что расстояние до защитной дамбы Каспийского моря от аварийной скважины составляет 4,5 км, то есть вероятность прямого разлива попутной воды в море однозначно исключалась.

Последствия аварии планировалось полностью устранить к исходу воскресенья, однако 25 марта ситуация в районе происшествия серьёзно осложнилась. Произошло возгорание газоводопроявления грифона высотой 10 метров на площади 900 м<sup>2</sup> (рис.5).





Рис.5. Фото с места аварии. Источник: ИА «ИНФОПОЛЕ».

Для ликвидации пожара изначально были задействованы силы неправительственных противопожарных служб в составе 14 работников и 4 единиц техники» [inform.kz от 25.03.19]. Но быстро ликвидировать возгорание не удалось.

Сообщается, что в ходе тушения были проведены несколько попыток для локализации возгорания переносными лафетными стволами. Однако в связи с отсутствием подъездных путей к очагу возгорания оно не было ликвидировано. Для того чтобы сделать подъездные пути специальные службы по ликвидации ЧС провели отсыпку защитной дамбы и подъездных дорог.

26 марта в 13:30 поступило сообщение, что огонь перекинулся на скважину №8237, где изначально произошла авария. На место происшествия были направлены дополнительные силы пожаротушения, ответственные работники, в том числе первый вице-министр энергетики Казахстана Махамбет Досмухамбетов. На месте находятся аким области, а также руководство АО «Казмунайгаз» [inform.kz от 26.03.19].

Ситуацию на личный контроль взял президент Казахстана Касым-Жомарт Токаев. Он поручил Правительству принять все необходимые меры по локализации очага возгорания и ликвидации ЧП на месторождении Каламкас [inform.kz от 26.03.19].

Очередную попытку ликвидировать пожар на нефтегазовом месторождении планировалось предпринять вечером 26 марта. [Портал «Каспийский вестник»].

В период с 25 марта по 4 апреля 2019 г. оперативная группа из 19 спасателей вела работы по разборке завалов из бурового оборудования, демонтажу основания вышки и рабочей площадки буровой установки и элементов ПВО, демонтажу коренных задвижек вышедшего из строя высокой температурой, после чего авария была полностью ликвидирована.

### **Выводы и рекомендации**

Множество подобных аварий убеждает в необходимости заблаговременной оценки состояния флюидодинамических систем закрытого компрессионного типа до начала бурения скважин. Для решения такой задачи в её первом приближении, по нашему мнению, есть три возможности:

**Первая.** Сводится к определению области, где существуют обязательные условия для формирования АВПД: 1) наличие пласта–коллектора (резервуара), полностью изолированного региональным флюидоупором; 2) признаки деформации этого резервуара (т.е. увеличения массы и объема флюидов в нем и/или уменьшения объема самого резервуара с заземленной в нем постоянной массы флюидов). Нетрудно определить также места, где региональная покрывка нарушена новейшими разломами и поэтому возможны переформирование зон АВПД, межпластовые перетоки флюидов и их возможные выбросы на поверхность моря.

**Вторая.** Эту возможность дают результаты спутникового мониторинга появления пятен нефти на поверхности моря, о чем сказано будет ниже.

**Третья.** Эту возможность предоставляет использование концептуальной модели геомеханической эволюции и устойчивости нефтегазовой системы [Мельников, Калашник, 2008], в которой основным управляющим параметром принята энергия  $W$  [Летников, 2004]. Практическое применение этой модели сводится к определению ожидаемых условий, когда управляющий параметр  $W$  достигнет предельных значений, при которых нефтегазовая система по мере её эксплуатации перейдет в неустойчивую стадию нелинейного развития, т.е. когда возникнет бифуркация массива горных пород, и месторождение с его флюидами пойдет "вразнос".

#### **Источники и литература:**

1. Бухарицин П.И. Фонтан огня // Наука и Жизнь. 1986. № 10. С. 66.
2. Бухарицин П.И. Трудная нефть Северного Каспия. Человек и стихия - 89: сб. - Л., 1988. - с. 105-107.
3. Бухарицин П.И. Черная тень Тенгиза // Наука в России, 1992. № 4. С. 64-67.
4. Бухарицин П.И., Голубов Б.Н., Иванов А.Ю. Результаты и вопросы комплексирования методов спутникового и подспутникового мониторинга пленочных загрязнений моря в условиях экспансии морской нефтегазодобычи // Материалы международной научно-практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности» (16-17 октября 2015 года, Астрахань, Российская Федерация). Астрахань, 2015. С. 143.
5. Бухарицин П.И., Голубов Б.Н., Иванов А.Ю. Особенности гидрологии и строения недр морских месторождений Каспия. Методы прогноза и мониторинга выбросов пластовых флюидов в условиях экспансии морской нефтегазодобычи // Монография. Werlag Издатель: Palmarium Academic Publising 2016. 110с.