

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

© Г.М.Эфендиев, К.А.Джафаров, 2009

ОЦЕНКА И КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ АВАРИЙ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ИХ ПОСЛЕДСТВИЙГ.М.Эфендиев¹, К.А.Джафаров²

1 – *Институт геологии НАН Азербайджана*
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А

2 – *Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия*
AZ1010, Баку, просп. Азадлыг, 20

Статья посвящена анализу аварийности при бурении и оценке на этой основе риска. В результате статистического анализа и нечёткого кластер-анализа по времени, затраченному на ликвидацию аварий, и материальному ущербу для рассматриваемого случая установлено пять классов, каждый из которых характеризуется степенью тяжести аварий. Предложен обобщённый показатель последствий аварий и получена зависимость частоты аварий от данного показателя. Установлен показатель риска, численно равный произведению частоты (вероятности) возникновения аварии на обобщённую характеристику последствий с показателем степени, равным степени гиперболической зависимости, описывающей кривую риска. Дана классификация аварийных ситуаций по вероятности их возникновения, последствиям и риску.

Введение

В последнее время в различных областях широко используют понятие риска (Хенли, Кумамото, 1984; Караев, 2000). Вопросам риска посвящено большое количество работ, приводятся различные определения. Обычно риск выражается вероятностью и последствием неконтролируемых случайных происшествий. При этом риск невозможно количественно выразить только одной величиной, он должен содержать как минимум две отдельные величины (обычно частоту происшествий и их последствия) (Караев, 2000). К настоящему времени накопилось большое количество исследований, посвященных анализу различных аварийных ситуаций, их динамики, прогнозированию и борьбе с ними. Несмотря на это, при оценке рисков вследствие характеристики последствий, выраженной в ряде случаев не одним, а более признаками возникают трудности. Поэтому в таких случаях последствия целесообразно выражать с помощью объединённого параметра, учитывающего эти при-

знаки, и на этой основе производить анализ риска возникновения аварий.

Постановка задачи и методика исследований

Один из основных принципов оценки риска был сформулирован в 1967 году Фармером, (Farmer, 1967). Согласно данному принципу, строится зависимость частоты (вероятности) аварий от их последствий. При этом предложена зависимость между средним количеством выброса радиоактивных веществ в атмосферу и вероятностью возникновения события в виде гиперболической кривой, которая названа граничной или кривой постоянного риска (она также называется по имени автора «кривой Фармера») (Хенли, Кумамото, 1984). Настоящая кривая делит координатную плоскость на две области и позволяет отделить область недопустимого, большого риска, расположенную выше и правее линии постоянного риска, от области допустимого риска, расположенной ниже и левее упомянутой линии.

Таким образом, кривую можно использовать в качестве критерия безопасности, определяющего верхнюю границу допустимой вероятности. Согласно исследованиям, посвященным оценке и анализу риска (Хенли, Кумамото, 1984; Караев, 2000), анализ риска предусматривает:

- установление вероятности возникновения аварийной ситуации;
- оценку возможных причин аварий;
- оценку возможных последствий аварий.

Первый этап позволяет идентифицировать риск на основе статистических данных, теоретическим и экспериментальным путем, методом опросов и т.д. Большое значение имеет моделирование аварийных ситуаций с целью изучения причин их возникновения, характера развития во времени и других обстоятельств, способных повлиять на безопасность эксплуатации технических средств и вероятность аварийных ситуаций. На основе анализа частот аварийных ситуаций и последствий проводится классификация рисков по категориям. С целью оценки риска от аварий при бурении скважин с учётом положений, отмеченных в различных, в частности вышеприведенных, исследованиях, нами предлагается следующий подход:

- сбор и статистическая обработка данных; проведение классификации по комплексу признаков, характеризующих последствия аварийных ситуаций; объединение признаков в единый параметр с учётом весового вклада каждого признака следующим образом:

$$N = \alpha_1 t + \alpha_2 c, \quad (1)$$

где N – обобщённая характеристика последствий аварий, α_1 и α_2 – весовые коэффициенты временных и материальных затрат соответственно; t – относительное время, затраченное на ликвидацию аварий; c – материальные затраты на ликвидацию аварий;

- построение зависимости частоты явлений (аварий) от параметра, характеризующего последствия (обобщённой характеристики последствий); аппроксимация данной зависимости, анализ и интерпретация.

В процессе такого анализа производят-

ся также классификация вероятностей (частот) последствий и рисков. Риск рассчитывается как произведение вероятности возникновения аварийной ситуации на обобщённую характеристику последствий с показателем степени, равным степени гиперболической зависимости, описывающей кривую риска.

Результаты исследований

По собранным фактическим данным об авариях при бурении скважин на морских месторождениях предварительно проведена статистическая обработка с анализом законов распределения. Анализу были подвергнуты значения удельных материальных расходов на ликвидацию аварий, т.е. затрат, приходящихся на одни сутки. Ранее были изложены результаты данного анализа и приведены значения отмеченных интервалов, соответствующая частота аварий, материальные затраты, а также рассчитанные значения рисков (Эфендиев, Джафаров, 2008). Такая оценка риска способствует наиболее обоснованному выбору техники и технологии бурения скважин, а также планированию необходимых мероприятий по снижению риска ещё на стадии проектирования, позволяя наиболее правильно спланировать распределение материальных средств. Однако, как показывает анализ аварийности при бурении скважин, в данном случае целесообразно рассмотреть в качестве последствий двух признаков (времени, затраченного на ликвидацию аварий, и материальных затрат на эти мероприятия) одновременно. В связи с этим на основе данных об авариях произведена классификация методом нечёткого кластер-анализа по двум отмеченным признакам, выражающим последствия аварий. При этом данные были разделены на пять кластеров (однородных групп). Для этого была использована программа нечёткого кластер-анализа (Bezdek, 1984). Реализация данной программы позволяет с помощью функций принадлежности отнести данные к тому или иному классу (Хисметов и др., 2009).

Выделенные таким образом кластеры показывают степень тяжести аварии. Степени тяжести аварий для каждого кластера можно выразить следующими словами: очень серьезные, серьезные, значительные, большие,

незначительные. В таблице 1 показаны границы значений классификационных признаков для каждого класса. Исходя из того, что последствия аварий выражаются двумя признаками, при анализе и оценке риска целесообразно их одновременное использование. В связи с этим нами предлагается рассмотрение обобщенного показателя, выражающего последствия аварий и одновременно учитывающего как затраты времени, так и средств

на их ликвидацию.

Результаты расчетов обобщенного показателя последствий аварий для рассматриваемых данных приведены в таблице 2. В этой же таблице приведены значения остальных характеристик, рассчитанных в процессе статистического анализа.

На рисунке 1 показана зависимость частоты (вероятности) аварий от обобщенного показателя последствий.

Таблица 1

Границы значений классификационных признаков для различных кластеров

Последствия аварий \ Классификационные признаки	Относительное время ликвидации аварий, %	Материальные затраты на ликвидацию аварий, AZN
Незначительные	0,1 - 6,2	6040 - 49767,6
Большие	0,888	588363,6
Значительные	5,7 – 16,6	56371,2 - 326629,8
Серьезные	23,64	720056
Очень серьезные	15,934 – 19,535	981331,6 - 1100126,6

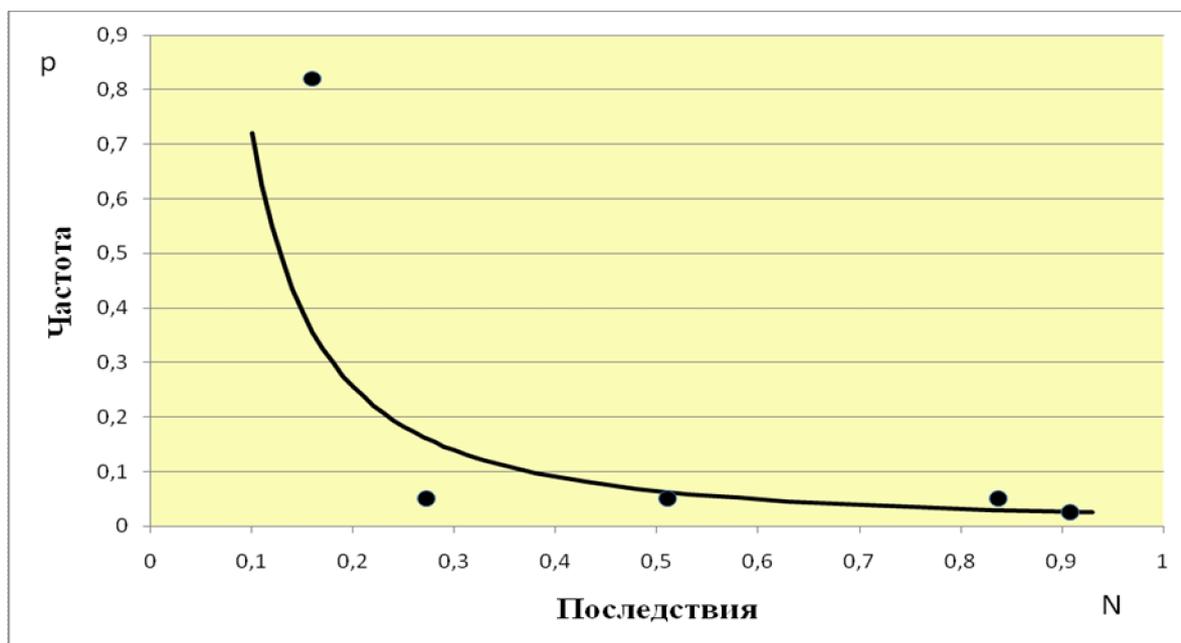


Рис. 1. Зависимость частоты аварий от обобщенного показателя последствий (кривая постоянного риска)

Таблица 2

Результаты расчетов риска аварий при бурении скважин

Относительное время ликвидации аварий		Расходы на ликвидацию аварий		Обобщённый показатель $N=\alpha_1t+\alpha_2c$	Частота аварий	Относ. частота аварий, p	$K=N^{1,4982}$	Риск, Kp
Абс. значения	Отн. значения, t	Абс. значения	Отн. значения, c					
6,2	0,26	49767,6	0,05	0,16	32	0,82	0,07	0,05
0,888	0,04	588363,6	0,54	0,27	2	0,05	0,14	0,007
16,6	0,70	326629,8	0,297	0,51	2	0,05	0,37	0,02
23,64	1	720056	0,66	0,84	2	0,05	0,77	0,04
19,535	0,83	1100126,6	1	0,91	1	0,03	0,87	0,02
Σt	2,83	Σc	2,55					

Отмеченная зависимость аналитически аппроксимируется следующим образом:

$$p = 0,0229 N^{-1,4982} \quad (2)$$

В таблице 2 приведены также результаты расчётов риска аварий при бурении скважин. Для этого параметр K умножается на вероятность аварий. С целью дальнейшей классификации рисков аварий данный показатель риска был рассчитан для всех возможных вариантов сочетаний последствий и вероятностей.

Отмеченные выше категории степени тяжести аварий (последствия) характеризуются следующим образом. **Очень серьёзными** называются последствия, характеризующиеся полным нарушением технологического процесса, материальными затратами на ликвидацию аварий на сумму более 1 млн. долл. и относительными временными затратами более 15%. **К серьёзным** относятся последствия, характеризующиеся существенным нарушением технологического процесса, материальными затратами на сумму 0,5-1,0 млн. \$, при относительных затратах времени на ликвидацию аварий 17-24%. **К значительным** относятся последствия, характеризующиеся нарушениями технологического процесса, приводящими к материальным и временным затратам до 0,2 млн. \$ и 5-13% соответственно. **Большой тяжести** считаются последствия, характеризующиеся относительно незначительным нарушением технологического процесса, при материальных затратах 0,2-0,5 млн. \$ и небольших

затратах времени на ликвидацию. **К незначительным** относятся легко устранимые и требующие небольших финансовых и временных затрат (до 0,05 млн. \$ и 7% соответственно) последствия. Для характеристики вероятности (частоты) аварий при бурении целесообразно использовать не только количественные, но и качественные оценки.

Приняты следующие категории вероятностей: высшая (частое), средняя (вероятное), умеренная (возможное), малая (редкое), очень малая (невероятное). К высшей категории относятся события (аварии), происходящие довольно часто на протяжении времени ведения буровых работ с вероятностью 0,81-1,0; к средней категории относятся аварии, происходящие несколько раз в процессе бурения скважин с вероятностью 0,61-0,81; к умеренной категории относятся события, когда, возможно, могут иметь место аварии, но в небольшом количестве, с вероятностью 0,42-0,61; к малой категории относятся события (авария), которые вряд ли произойдут за время бурения скважины, однако возникновение их не исключается, с вероятностью 0,22-0,42; к очень малой категории относятся события, при которых возникновение аварии – событие весьма неправдоподобное, в данном случае ситуация не относится к аварийной, вероятность данного события 0,03-0,22. С учётом отмеченного и использованием фактических данных устанавливается соответствие последствий и вероятностей, оценивается категория риска (Хисметов и др.,

2009) и согласно этому выделяется пять категорий (очень высокий, высокий, средний, низкий, очень низкий). Очень высокий уровень риска, например, может быть идентифицирован для очень серьёзных последствий частых и вероятных событий (коэффициенты равны 1 и 3 соответственно, рис.2) или для серьёзных последствий частого события (коэффициент равен 2). Выше было отмечено, что участок, расположенный выше относительно кривой постоянного риска, является зоной недопустимого риска, а ниже расположена зона допустимого риска. Однако и в данном случае могут иметь место различные градации риска, то есть точки, попавшие в

область недопустимого риска, не всегда будут относиться к одной категории риска. Согласно классификации рисков в пределах каждой из этих зон также выделяются разные категории рисков, что видно из рисунка 2. Здесь на фоне кривой постоянного риска отчётливо видны участки, соответствующие отдельным категориям рисков.

Выводы

1. Предложен вероятностно-нечеткий подход к оценке риска возникновения аварийных ситуаций при нескольких признаках, характеризующих последствия аварий.

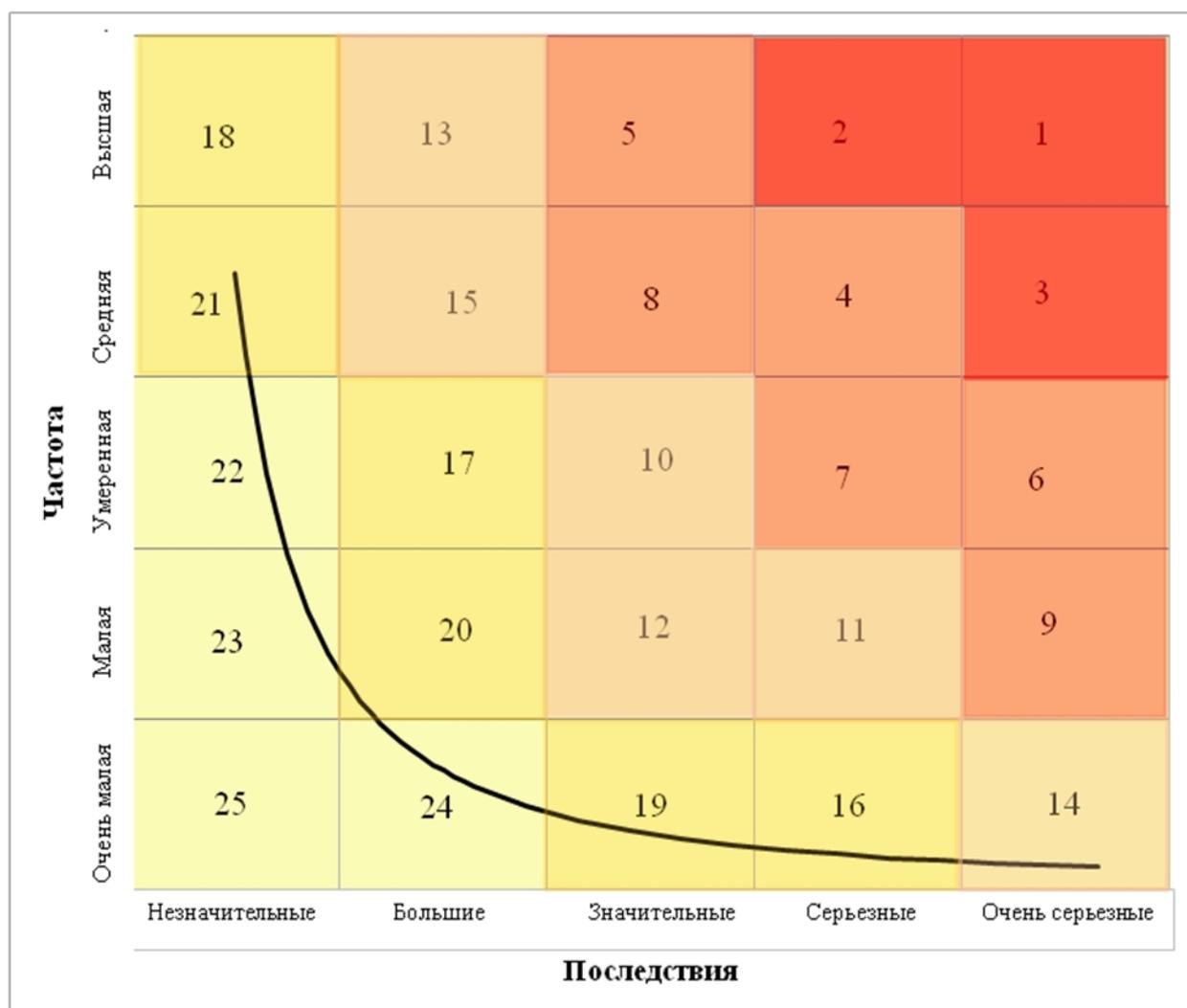


Рис. 2. Взаимное соответствие частоты и степени тяжести (последствий) аварий при бурении скважин

2. В результате статистического анализа и нечёткого кластер-анализа по двум признакам, определяющим последствия аварии, установлено пять классов по степени опасности аварии, предложен обобщённый показатель последствий аварий и получена зависимость частоты аварий от данного показателя.

3. Предложен показатель риска, численно равный произведению частоты (вероятности) возникновения аварии на обобщённую характеристику последствий с показателем степени, равным степени гиперболической зависимости, описывающей кривую риска.

4. Предложена классификация аварийных ситуаций по вероятности их возникновения, последствиям и риску.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность академику М.Т. Абасову за полезные в процессе обсуждения статьи советы и замечания.

ЛИТЕРАТУРА

- КАРАЕВ, Р.Н. 2000. Выживание на море. Элм. Баку. 192.
- ПУСТОВОЙТЕНКО, И.П. 1988. Предупреждение и ликвидация аварий в бурении. Недра. Москва. 276.
- ХЕНЛИ, Э.Дж., КУМАМОТО, Х. 1984. Надежность технических систем и оценка риска. Машиностроение. Москва. 528.
- ХИСМЕТОВ, Т.В., ЭФЕНДИЕВ, Г.М., ДЖАФАРОВ, К.А., АБДИРОВ, А.А. 2009. Анализ и оценка степени риска аварий при бурении скважин. *Нефтяное хозяйство*, 10.
- ЭФЕНДИЕВ, Г.М., ДЖАФАРОВ, К.А. 2008. Анализ аварий при бурении и оценка риска их возникновения. *Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле*, 3, 52-55.
- BEZDEK J. C., EHRLICH, FULL W. 1984. The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers and Geosciences*, 10, 191-203.
- FARMER, F.R. (ed.) 1967. Siting criteria – a new approach. In: *Containment and siting nuclear power plants*. International Atomic Energy Agency, Vienna, 303 -329.