

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ В ОЗЕРНЫХ АКВАТОРИЯХ ЦУНАМИ-СЕЙШ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ

*Воробьев А.Е., РУДН, г. Москва, Чекушина Е.В., Фрайбергская горная академия, Германия,  
Рыгзынов Ч.Ц., РУДН, г. Москва*

*Проанализирован рост чрезвычайных ситуаций за последние годы. Рассмотрены возможные основные природные чрезвычайные ситуации в акватории озера Байкал. Разработана классификация аквальных залежей газовых гидратов по степени их опасности для окружающей среды. Механизм возникновения чрезвычайных ситуаций при разрушении залежей газовых гидратов на озере Байкал.*

Согласно №9-ФЗ от 11.02.2013 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» в ст. 1 под **чрезвычайной ситуацией** понимается обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления и т.д., которые могут повлечь или повлекли за собой жертвы или ущерб здоровью людей и окружающей среде.

Наблюдаемый демографический рост населения и существенные социально-экономические изменения во всем мире постоянно увеличивают потребность освоения новых территорий для хозяйственных нужд и проживания людей, что неизбежно увеличивает вероятность развития различных опасных процессов.

При анализе природных катастроф в XX веке наблюдается тенденция увеличения их числа с начала века по конец XX века в 20 раз. Так, в мире в начале столетия регистрировалось в среднем 10 крупных природных катастроф в год, в середине века – 65, а в конце XX века - уже почти 200. В результате происходя-

щих стихийных бедствий в мире погибло свыше 8 млн. человек за одно столетие: от наводнений – почти 32%, от тропических штормов – 32%, от землетрясений – 11 %, от засухи – 10% и т.д. [1].

При чем, в последнее время из-за природных катастроф быстро возрастают материальные потери. Так, с периодичностью 7 лет экономические потери возрастают в 2 раза (эта тенденция выявлена за последние 50 лет).

В частности, только в период с конца XX века по начало XXI века экономический ущерб, нанесенный всего лишь шестью видами опасных природных процессов в среднем составил 150 млрд. долл. в год. При этом в последнее время из-за разрушительных природных явлений за этот период количество жертв увеличилось на 4,3%, а в целом пострадавших - на 8,6% [1].

Россия входит в пятерку экспортеров энергетического сырья в мире, поэтому характерно встает вопрос о сохранности сооружений добычи и разработки при нарастании угроз в природно-техногенной сфере, а техногенные и природные катастрофы становятся постоянно действующими факторами.

Среднестатистически ежегодно в России происходит около 240 чрезвычайных ситуаций природного характера (рис. 1).

По данным МЧС России наиболее частыми природными ЧС являются: атмосферного характера (ураганы, бури, смерчи, шквалы) – 28%; землетрясения – 24%; наводнения – 19%; оползни и отвалы – 4%; лесные пожары и т.д. – 25%.

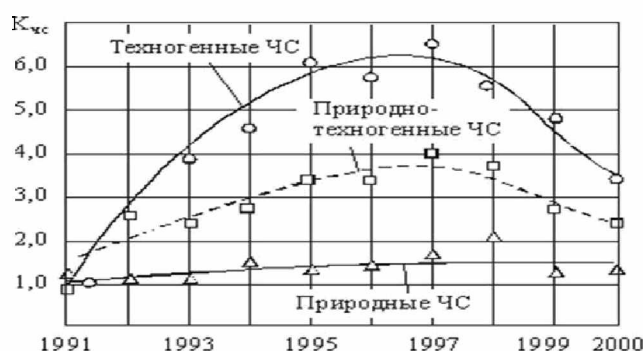


Рис. 1. Динамика коэффициента относительного роста числа чрезвычайных ситуаций (<http://www.900igr.net>)

Таблица 1

Классификация газогидратных залежей оз. Байкал по степени опасности

Вид ЧС	Катастрофы, связанные с выбросом СН <sub>4</sub> из ГТЗ	По масштабу распространения	Характер экологического проявления ЧС	Характеристика показателей залежей газовых гидратов	Типы газогидратных структур	Причины возможных катастрофических разрушений ГТЗ
Природные	Образование цунами	Локальные	Изменение состояния, состава и свойств гидросферы	Глубина залегания под дном воды	Массивная	Землетрясение
	Образование подводных оползней			Низкие пластовые температуры		
Техногенные	Нарушение стабильности дна акватории	Местные	Изменение состояния, состава и свойств атмосферы	Плотность и состав природного газа	Корковая	Потепление водной массы
				Различные гидратообразующие компоненты	Порфировая	
	Эманации парниковых газов в гидросферу, а затем – в атмосферу	Региональные	Воздействие на прибрежные территории	Пористость отложений или коэффициент гидратонасыщения (степень заполнения гидратами порового пространства)	Линзовидная	Изменение состава прилегающих вод
				Коэффициент расширения при разложении гидратов метана	Слоистая	
			Размеры залежей (площадь)			

В связи с разнообразием условий территории Российской Федерации существует значительное разнообразие и видов чрезвычайных ситуаций, важными среди которых являются ситуации связанные своим появлением различным крупным акваториям.

Байкал является глубочайшим озером на Земле и одним из самых больших по площади. Он занимает центральную часть Байкальской рифтовой зоны. Длина этого озера составляет 635 км, ширина варьирует от 25 до 80 км, а максимальная глубина – 1642 м. Мощность осадочных пород во впадинах оз. Байкал достигает 8-10 км. Скорость осадконакопления оценивается в среднем – 4 см/1000 лет.

Нами была разработана классификация аквальных залежей ГГ по степени их опасности для окружающей среды (табл. 1). Даже довольно небольшое изменение температуры или давления может привести к превращению прочно сцементированных гидратосодержащих пород в разжиженную массу и к освобождению огромного количества газа, делающего этот процесс необратимым (теплота разложения гидрата метана на газ и жидкую воду составляет 54,2 кДж/моль).

В настоящее время в пределах Байкальской рифтовой зоны отмечаются более 3 тыс. сейсмических толчков в год магнитудой от 1,7 и выше.

За последние 200-300 лет в пределах БРЗ отмечено около 30-40 сильных землетрясений с  $M \geq 6,0$ , а с учетом палеоземлетрясений, полученные на основе изучения палеосейсмодислокаций почти в 2 раза больше.

Наиболее активные сейсмические процессы для территории Байкальской котловины ориентированы по простиранию БРЗ в направлении северо-восток – юго-запад. Чаще всего происходят землетрясения в пределах котловины: район дельты реки Селенги и о. Ольхон, а также юго-западная часть п-ва Святой Нос.

Постоянное изучение процессов газовой выделению на Байкале необходимо, т.к. так же в условиях активизации тектонических движений возможен самопроизвольный выброс больших количеств метана, что может повлиять на экосистему озера и значительно сказаться на прибрежной зоне.

Разрушение газогидратов при погружении осадочной толщи ниже нижней границы их стабильности приводит к возникновению значительных скоплений свободного газа (рис. 2).

Краткотечное разложение аквальной залежи газогидратов представляет значительную опасность, прежде всего для людей, населенных пунктов и предприятий, расположенных в прибрежной зоне Байкала, прежде всего за счет образования и последующего воздействия мощных волн (получивших название «сейш»).

Так, кинетическая энергия подобных волн высотой 1 м, протяженностью 1 км побережья с периодом 10 сек. развивает мощность более  $26,1 \cdot 10^6$  Дж/сек. или около  $14,2 \cdot 10^3$  Дж/сек на 1 м берега (в зависимости от района и рельефа прибрежного дна).

При сейшах происходит колебания всей массы воды, при котором возникает одна или несколько узлов сейши. При условии, что если узлы сейши ударяются в береговые расщелины, то вода может подняться на 100-200 метров по побережью при этом захватывается и сжимается до большого давления находящийся в ущелье объем воздуха и возникает эффект схожий с пневмовыстрелом (давление может достигать до 65-85 т/м<sup>2</sup>).

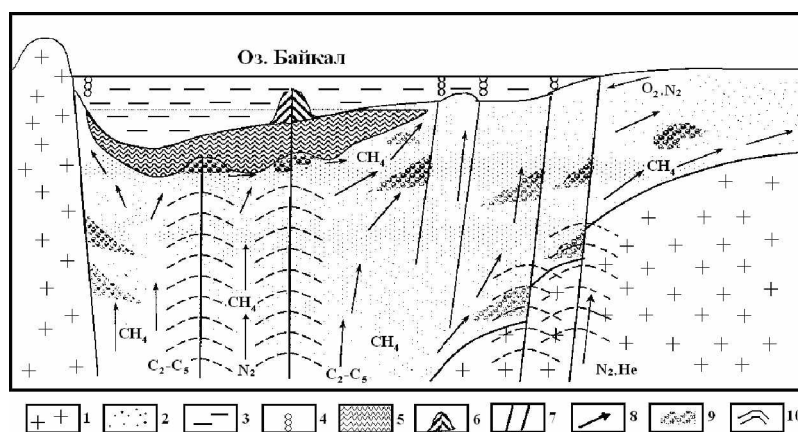


Рис. 2. Принципиальная схема формирования газовых потоков, пропарин и грязевых вулканов на оз. Байкал (по Исаеву В.П., 2001 г.):

1 – магматические и метаморфические породы, 2 – осадочная толща, 3 – водная толща Байкала, 4 – пропарины, 5 – газогидратный слой, 6 – грязевой вулкан, 7 – разломы, 8 – направления газовых потоков, 9 – скопления горючих газов, 10 – тепловые потоки

Промышленное извлечение газов из акватории уменьшит его избыточное количество и снизит пластовое давление, что приведет к уменьшению или полному прекращению естественных газопроявлений, которые наблюдаются в настоящее время.

Кроме этого, существенный экономический эффект связан с переводом энергетической отрасли байкальского региона на газ.

#### Литература

1. Осипов В.И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России // Экология и жизнь. №11-12 (96-97), 2009. – С. 6-15.
2. Воробьев А.Е., Малюков В.П., Рыгзынов Ч.Ц. Экспериментальное исследование образования газовых гидратов // Вестник РУДН. Серия Инженерные исследования. №2, 2012. – С. 85-93.
3. Воробьев А.Е., Малюков В.П., Рыгзынов Ч.Ц. Осложнения при гидратопроявлениях в акваториях Баренцева моря и озера Байкал. Монография. М.: Изд-во РУДН, 2010. – 189 с.
4. Воробьев А.Е. – д.т.н., проф., заведующий кафедрой Нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела РУДН;
5. Чекушина Е.В. – аспирант ФГА;
6. Рыгзынов Ч.Ц. – аспирант кафедры Нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела РУДН.

УДК 699. 841

### ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ РИСКА ОТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

*Сеитов. Б.М., Ордобаев, Б.С., Абдыкеева Ш.С.  
Кыргызско-Российский Славянский университет,  
Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: [ordobaev@mail.ru](mailto:ordobaev@mail.ru)*

### ENGINEERING TECHNIQUES TO REDUCE THE RISK OF EARTHQUAKES

*Kyrgyz-Russian Slavic University, Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic  
e-mail: [ordobaev@mail.ru](mailto:ordobaev@mail.ru)*

*В статье приведены новые идеи и инженерные мысли о решении проблем по обеспечению сейсмостойкости зданий и сооружений, а также принципы проектирования строительства сейсмостойких строительных конструкций и зданий.*

*In article are brought new ideas and engineering thoughts about decision of the problems on provision seismic stability buildings and buildings, as well as principles of the designing construction seismic stability building design and buildings.*

Землетрясения приносят большие человеческие жертвы и огромные материальные убытки. При землетрясении 1 сентября 1923 г. в Японии погибло 150 тыс. чел. и полностью разрушено около 130 тыс. зданий. Землетрясение 23 января 1939 г. в Чили привело к гибели около 40 тыс. чел. При землетрясении 16 декабря 1920 г. в Ганьсью (Китай) погибло 100 тыс. чел., 28 декабря 1958 г. в Мессине (Италия) погибло 100 тыс. чел. и т.д. Землетрясение, как известно, характеризуется короткими толчками, исчисляющимися в доли секунды, в несколько секунд. Но этого времени достаточно, чтобы разрушить все слабо укрепленные, не обладающие особой прочностью и гибкостью здания и сооружения. Действительная причина землетрясений обусловлена перемещением блоков земной коры, которые теснейшим образом связаны с процессами тектонического порядка. Эти всплески удары распространяются от точки сдвига, наплыва, разлома на громадные пространства в виде детонационных отзвуков и полос. Разрушительные землетрясения происходят и на территории Средней Азии, в том числе нашей Республике и в России. Современное строительство в условиях сейсмического риска тесно связано такими направлениями как сейсмология, сейсмостойкость и сейсмостойчивость здания и сооружения. Ниже рассмотрим кратко каждый из направлений.

Сейсмология – наука о землетрясениях зародилась примерно 100 лет назад. Разрушительные действия землетрясений описаны еще в античной литературе. В середине XVII в. гениальный русский ученый М. В. Ломоносов [5] дал первую гипотезу возникновения землетрясения: «...вековые колебания суши, наступления и отступления морей, постоянное движение береговой линии» объясняются «трясением земли». Многие сведения о землетрясениях, происходивших в Армении и соседних с ней странах, начиная с V в. до нашей эры, содержатся в богатой рукописной литературе Матенадарана [6] Армянской Республики (Матенадаран - государственное хранилище древних рукописей). О катастрофическом землетрясении в рай-

Промышленное извлечение газов из акватории уменьшит его избыточное количество и снизит пластовое давление, что приведет к уменьшению или полному прекращению естественных газопроявлений, которые наблюдаются в настоящее время.

Кроме этого, существенный экономический эффект связан с переводом энергетической отрасли байкальского региона на газ.

### Литература

1. Осипов В.И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России // Экология и жизнь. №11-12 (96-97), 2009. – С. 6-15.
2. Воробьев А.Е., Малюков В.П., Рыгзынов Ч.Ц. Экспериментальное исследование образования газовых гидратов // Вестник РУДН. Серия Инженерные исследования. №2, 2012. – С. 85-93.
3. Воробьев А.Е., Малюков В.П., Рыгзынов Ч.Ц. Осложнения при гидратопроявлениях в акваториях Баренцева моря и озера Байкал. Монография. М.: Изд-во РУДН, 2010. – 189 с.
4. Воробьев А.Е. – д.т.н., проф., заведующий кафедрой Нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела РУДН;
5. Чекушина Е.В. – аспирант ФГА;
6. Рыгзынов Ч.Ц. – аспирант кафедры Нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела РУДН.