

УДК 69.035.4

**Е.Ю. Куликова**

## **КОНЦЕПЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ В ГОРОДСКОМ ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Дан анализ современных представлений о безопасности в сфере подземного строительства, безопасность градирована по степени защищенности природно-технической системы «породный массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда».*

*Ключевые слова: безопасность, подземное строительство, природно-техническая геосистема, концепция, риск.*

---

**П**од концепцией безопасности понимается принятая система взглядов и подходов к оценке уровня безопасности, выраженного определенной количественной мерой, и определению допустимой величины этого уровня.

Концепция формулируется с учетом опасностей и угроз, категорий людей и объектов, которые могут оказаться подверженными вредным воздействиям, социально-экономических и других факторов, а также путем осуществления необходимых мер и действий по обеспечению безопасности.

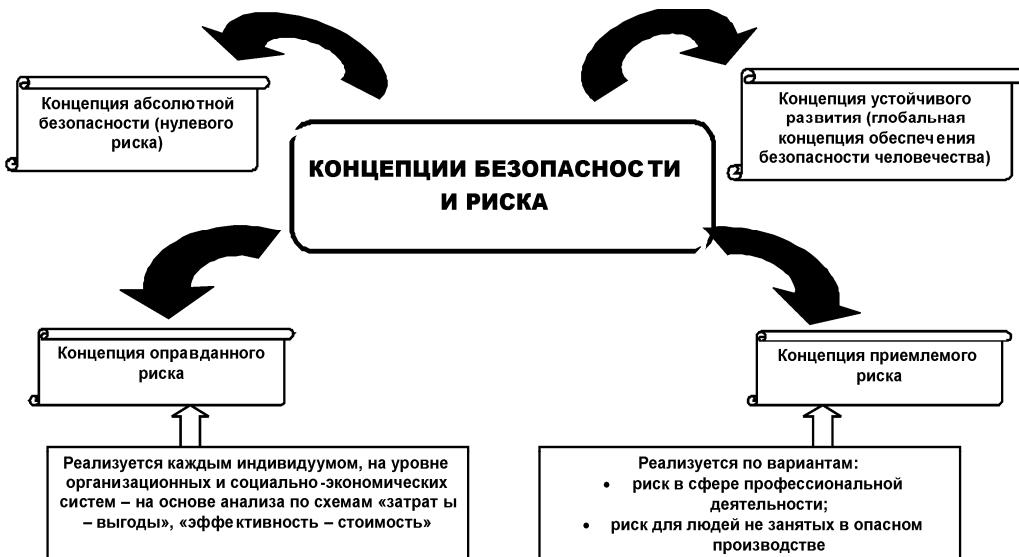
Уровень безопасности в подземном строительстве, соответствующий тому или иному состоянию природно-технической системы «породный массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда», ее техническим, экономическим, технологическим, ресурсным и другим возможностям имеет стохастическую природу и определяется целым рядом случайных факторов. Его принято характеризовать вероятностью реализации тех или иных опасностей и угроз, возникающих явлений и процессов, которые сопровождаются формированием негативно действующих на человека и окружающую среду фак-

торов, а также математическим ожиданием наиболее важных видов ущерба.

Обычно при выработке концептуальных основ безопасности делается упор на современные взгляды, касающиеся анализа и оценки риска (рисунок). До недавнего времени в основу концепции по обеспечению любого вида безопасности был положен принцип нулевого риска. Концепция абсолютной безопасности сегодня признается неадекватной внутренним законам техносферы. В связи с этим в настоящее время принята концепция приемлемого риска, иногда называемая «концепцией ненулевого риска».

В соответствии с этой концепцией уровень безопасности устанавливается и регулируется государством. При этом учитываются два варианта: риск для профессионалов и риск для людей, не занятых в опасном производстве.

Одновременно с этой концепцией применяется концепция оправданного риска, уровня которого регулируется в соответствии с субъективными представлениями о качестве жизни и безопасности. В природно-технической геосистеме «породный массив – технология – подземное сооружение –



**Рис. 1. Концепции безопасности и риска**

окружающая среда» установление уровня оправданного риска производится на основе анализа по схемам: «затраты – выгоды»; «эффективность – стоимость».

Для решения практических задач в сфере безопасности подземного строительства, наряду с принятыми для руководства концепциями безопасности, важное значение имеет оценка уровня безопасности природно-технической геосистемы и правильный выбор количественной меры этого уровня. В качестве количественной меры безопасности природно-технической геосистемы может служить обратная величина нормированного системного риска или нормированного комплексного системного риска.

Под нормированной величиной риска здесь понимается отношение системного риска или комплексного системного риска к соответствующему значению предельно допустимого уровня риска. Нормирование также может проводиться по величине приемлемого риска (системного или комплексного системного).

При таких количественных мерах значение уровня безопасности меньше 1 будет свидетельствовать о недостаточной (недопустимо низкой) степени защищенности подземного объекта. При уровнях безопасности, равных 1 или больше 1, степень защищенности будет достаточной. Формулы для определения системного уровня безопасности и комплексного системного уровня безопасности имеют вид:

$$B_c = \frac{1}{\overline{\overline{R}}_c}; B_{kc} = \frac{1}{\overline{\overline{R}}_{kc}}, \quad (1)$$

где  $B_c$  – системный уровень безопасности (уровень безопасности природно-технической геосистемы), определяемый, исходя из математического ожидания того или иного вида ущерба, с учетом всех деструктивных факторов, процессов и опасных событий, которые могут иметь место в рамках рассматриваемой системы;  $B_{kc}$  – комплексный системный уровень безопасности, определяемый с учетом всех деструктивных факторов, процессов и опасных событий, а также

Таблица 1

**Шкала безопасности при оценке ее уровня в системном контексте**

<b>Степень защищенности объектов безопасности</b>	<b>Значения системного риска (интегрального системного риска)</b>	<b>Значения системного уровня безопасности (интегрального системного уровня безопасности)</b>
Недопустимо низкая	Превышает ПДУ	Меньше 1
Удовлетворительная	В пределах: приемлемый риск – целевой уровень риска	В пределах от 1 до 10
Хорошая (надежная)	В пределах: целевой уровень риска – пренебрежимый риск	В пределах от 10 до 100
Очень хорошая (очень надежная)	Менее величины пренебрежимого риска	Более 100

Таблица 2

**Шкала безопасности природно-технических геосистем (подземного объекта), в контексте сохранения им состояния, когда риск аварии (катастрофы), а также нанесения ущерба не превышает приемлемых значений**

<b>Уровень безопасности (степень защищенности)</b>	<b>Значения риска возникновения аварии (катастрофы) или нанесения ущерба здоровью людей, снижения качества окружающей среды</b>	<b>Показатель безопасного функционирования природно-технических геосистем, подземного объекта (уровень безопасности населения, показатель сохранения качества окружающей среды)</b>
Недопустимо низкая	Превышает ПДУ	Меньше 1
Удовлетворительная	В пределах: приемлемый риск – целевой уровень риска	В пределах от 1 до 10
Хорошая (надежная)	В пределах: целевой уровень риска – пренебрежимый риск	В пределах от 10 до 100
Очень хорошая (очень надежная)	Менее величины пренебрежимого риска	Более 100

всех видов ущерба или основных из них, которые влияют на системообразующие элементы и связи;  $\bar{R}_c$  – нормированный системный риск;  $\bar{R}_{kc}$  – комплексный нормированный системный риск.

В настоящее время проводить по этим формулам расчеты в полном объеме не представляется возможным, из-за отсутствия необходимых данных для определения предельно допустимых и приемлемых значений математического ожидания различных видов ущерба. Определенное исключе-

ние составляет оценка системного уровня безопасности, когда в расчет принимается только ущерб, наносимый людям.

При определении уровня безопасности, когда она трактуется как определенное свойство и способность природно-технической геосистемы (подземного объекта) сохранять состояние, при котором риск возникновения аварий и катастроф, а также ущерб для населения и территорий не превышает приемлемых значений, в качестве количественной меры уровня безопасности могут быть использованы:

Таблица 3  
**Границы приемлемости различных видов риска**

Вид фактора		Контролируемый риск				Неконтролируемый риск			
		Обычный		Катастрофический		Обычный		Катастрофический	
		Непосредственный	Отложенный	Непосредственный	Отложенный	Непосредственный	Отложенный	Непосредственный	Отложенный
Природный	Техногенный	Техногенный	Техногенный	1,3·10 <sup>-6</sup>	4·10 <sup>-5</sup>	5·10 <sup>-8</sup>	1,5·10 <sup>-6</sup>	3·10 <sup>-7</sup>	1·10 <sup>-5</sup>
Вынужденный	Добровольный	Вынужденный	Вынужденный	1,3·10 <sup>-7</sup>	4·10 <sup>-6</sup>	5·10 <sup>-9</sup>	1,5·10 <sup>-7</sup>	3·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>
Известный	Неизвестный	Известный	Неизвестный	1,3·10 <sup>-4</sup>	4·10 <sup>-3</sup>	5·10 <sup>-6</sup>	1,5·10 <sup>-4</sup>	3·10 <sup>-5</sup>	1·10 <sup>-3</sup>
				1,3·10 <sup>-5</sup>	4·10 <sup>-4</sup>	5·10 <sup>-7</sup>	1,5·10 <sup>-5</sup>	3·10 <sup>-6</sup>	1·10 <sup>-4</sup>
				1,3·10 <sup>-5</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	-	6·10 <sup>-6</sup>	2·10 <sup>-4</sup>

– обратная величина нормированного значения риска возникновения аварии или катастрофы на подземном объекте;

– обратная величина нормированного значения ущерба, наносимого здоровью населения в районе подземного строительства;

– обратная величина нормированного значения риска снижения качества окружающей среды.

Формулы для определения показателей уровня безопасности в этом случае имеют вид:

$$B_o = \frac{1}{\overline{\overline{\overline{R}}}_{ab}}; B_n = \frac{1}{\overline{\overline{\overline{R}}}_{zh}}; B_{oc} = \frac{1}{\overline{\overline{\overline{R}}}_{csc}}, \quad (2)$$

где  $B_o$  – показатель безопасного функционирования природно-технической геосистемы (подземного объекта);  $B_n$  – уровень безопасности населения;  $B_{oc}$  – показатель сохранения окружающей средой своих качеств;  $\overline{\overline{\overline{R}}}_{ab}, \overline{\overline{\overline{R}}}_{zh}, \overline{\overline{\overline{R}}}_{csc}$  – нормированные значения риска возникновения аварии или катастрофы, нанесения ущерба здоровью людей, снижения качества окружающей среды соответственно.

Основываясь на изложенных представлениях, в работе [1] предложены шкалы безопасности (табл. 1 и 2).

Для решения практических задач в сфере обеспечения безопасности весьма важное значение имеет научное обоснование приемлемых уровней риска и установление их нормативных значений с учетом различных факторов и видов риска. При этом, в зависимости от сферы возникновения, в числе видов риска выделяют: техногенный, природный, экологический, социально-политический и др.

Различают также такие парные виды риска, как: контролируемый и неконтролируемый; обычный и катастрофический; непосредственный и отложенный; вынужденный и добровольный; известный и неизвестный. Иногда в табличном представлении приемлемых рисков не-

которые виды рисков называют «факторами риска» (табл. 3).

Рассмотрение техногенного и экологического рисков, связанных с возможными авариями и катастрофами на подземных объектах, показывает, что в наибольшей степени изучены и освоены анализ и количественная оценка их уровней. Тем не менее, установление приемлемых уровней этих рисков представляет довольно сложную задачу, требующую проведение научного анализа экономических, социальных, экологических, демографических и других факторов, определяющих развитие общества, при их связи и взаимозависимости.

Качественное проведение такого анализа представляется возможным лишь при наличии адекватных критериев выбора оптимального уровня безопасности в рамках тех требований, которые предъявляются к нему обществом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов В.А., Владимиров В.А., Измалков В.И. Катастрофы и безопасность; МЧС России. – М.: Деловой экспресс, 2006. – 392 с.
2. Куликова Е.Ю. Экологическая безопасность при освоении подземного пространства в крупных городах. – Учеб. пособ. для студентов специальности «Шахтное и подземное строительство». – М.: Изд-во МГТУ, 2002. – 376 с.
3. Куликова Е.Ю. Управление экологической безопасностью городов на основе анализа рисков. – Материалы конф. «Экологическая безопасность городов юга России и рацион. природопольз.», Ростов-на-Дону, Новошахтинск. – 18-19 октября, 2006. – Изд. РАЕН, 2006, с.167-172. ГИАБ

#### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Куликова Елена Юрьевна — доктор технических наук, профессор, Московский государственный горный университет, uid@msmu.ru

