

ботаников, лесоводов, почвоведов в начале XX в. стало складываться представление о том, что охрана природы должна включать в себя не только охрану растительного и животного мира, но и более рациональное использование естественных ресурсов, а также преобразование природы на благо человечества.

#### Список использованных источников

1. Березовский Н.И., Костюкевич Е.К. Природные ресурсы и их использование: учебное пособие /Н.И. Березовский, Е.К. Костюкевич. – Мн.: БНТУ, 2005. - 188 с.
2. Воронцов А.П. Рациональное природопользование: Учебное пособие. – М.: ЭКМОС, 2000. – 304 с.

УДК 504.05 (476)

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ И ОПАСНОСТЕЙ**

**Ролевич И.В.**

Белорусский национальный технический университет

В последние годы наблюдается неуклонный рост интереса к методологии количественного анализа риска. Анализ риска – бурно развивающееся междисциплинарное научное направление, область применения которого постоянно расширяется, охватывая всё новые предметные области мирного и военного времени. Важность оценки

рисков обуславливается увеличением численности населения, уровня экологической нагрузки на окружающую среду, концентрации энергии, опасных веществ и информации в городах и на объектах, катастрофическим снижением невозобновляемых ресурсов.

Риск – это мера опасности, а идентификация опасности – процесс выявления и признания, что опасность существует и что можно объективно оценить ее характеристики. Расчетные методы анализа риска позволяют использовать доступную информацию и научно обоснованные прогнозы для оценки опасности воздействия вредных факторов окружающей среды на здоровье человека. В результате, опасность переводится в разряд измеряемых категорий.

В настоящей работе представлена систематизация отечественных и зарубежных методов и моделей идентификации риска и опасности.

Различают следующие методы и модели идентификации риска и опасности: детерминированные; вероятностно-статистические (статистические, теоретико-вероятностные и вероятностно-эвристические); в условиях неопределенности нестатистической природы (нечеткие и нейросетевые); комбинированные, включающие различные комбинации перечисленных выше методов (детерминированных и вероятностных, вероятностных и нечетких, детерминированных и статистических) (рис. 1).

*Детерминированные методы* предусматривают анализ развития аварий, начиная от исходного события через последовательность предполагаемых отказов до установившегося конечного состояния.

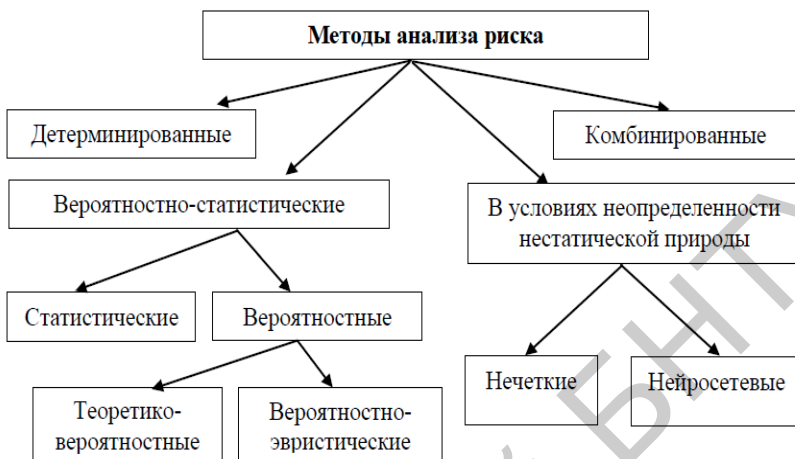


Рисунок 1 - Классификация методов идентификации риска.

Ход аварийного процесса изучается и предсказывается с помощью математических имитационных моделей. Недостатками метода являются: потенциальная возможность упустить редко реализующиеся, но важные цепочки развития аварий; сложность построения достаточно адекватных математических моделей; необходимость проведения сложных и дорогостоящих экспериментальных исследований. К детерминированным относят следующие методы:

- *Качественные методы* – метод проверочного листа (Check-list); «что будет если?» (What-If); предварительный анализ опасности (Process Hazard and Analysis, PHA); анализ вида и последствий отказов (АВПО) (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA); анализ ошибочных действий (Action Errors Analysis, AEA); концептуальный анализ риска (Concept Hazard Analysis, CHA); концептуальный обзор безопасности (Concept Safety Review, CSR); анализ человеческих ошибок (Human Hazard and Operability, HumanHAZOP); анализ влияния человеческого фактора

(Human Reliability Analysis, HRA) и ошибки персонала (Human Errors or Interactions, HEI); логического анализа.

- *Количественные методы* – методы, основанные на распознавании образов (кластерный анализ); ранжирование (экспертные оценки); методика определения и ранжирования риска (Hazard Identification and Ranking Analysis, HIRA); анализ вида, последствий и критичности отказа (АВПКО) (Failure Mode, Effects and Critical Analysis, FMECA); методика анализа эффекта домино (Methodology of domino effects analysis); методика определения и оценки потенциального риска (Methods of potential risk determination and evaluation)); количественное определение влияния на надежность человеческого фактора (Human Reliability Quantification, HRQ).

При *комбинированных методах* используют комбинации детерминированных и вероятностных, вероятностных и нечетких, детерминированных и статистических методов. Различают следующие разновидности комбинированных методов:

- *Качественные* – анализ максимальной возможности возникновения несчастного случая (Maximum Credible Accident Analysis, МСАА); блок-схема надежности (Reliability Block Diagram, RBD); анализ безопасности (Safety Analysis, SA); анализ надежности структуры (Structural Reliability Analysis, SRA); таблицы состояний и аварийных сочетаний, логико-графические методы анализа риска.

- *Количественные*, полные анализы риска – методика оптимального анализа риска (Optimum Risk Analysis, ORA); метод организованного систематического анализа риска (Method Organised Systematic Analysis of Risk, MOSAR); количественная оценка риска (Quantitative Risk Assessment, QRA) и некоторые другие.

*Вероятностно-статистические методы* анализа риска предполагают как оценку вероятности возникновения аварии, так и расчет относительной вероятности пути развития процессов. При этом анализируются разветвленные цепочки событий и отказов, выбирается подходящий математический аппарат и оценивается полная вероятность аварии.

Расчетные математические модели можно существенно упростить по сравнению с детерминированными методами. Основные ограничения метода связаны с недостаточной статистикой по отказам оборудования. Применение упрощенных расчетных схем снижает достоверность получаемых оценок риска для тяжелых аварий.

К вероятностно-статистическим методам относятся:

- *Статистические* – вероятности определяются по имеющимся статистическим данным. Основаны на анализе накопленных статистических данных по различным факторам экологической опасности, реализовавшихся на объектах аналогичного вида деятельности, или связанных с природными процессами, проявившимися на территории данного региона в прошлом. Применяются в тех случаях, когда проявление фактора экологической опасности, могущего причинить вред окружающей среде, не вполне ясное. Однако, для конкретной территории данный фактор экологической опасности характеризуется определённой повторяемостью и по нему накоплена соответствующая информация, по которой можно судить о его частоте и масштабах проявления. Обычно статистические методы используют при определении вероятностей природных факторов экологической опасности: землетрясений, наводнений, смерчей, пожаров и т.п. Накопленная статистика позволяет строить распределение вероятностей таких явлений в зависимости от их силы. Значительную помощь при определении вероятности первичных

экологических рисков и вреда окружающей среде может оказать статистика по авариям на предприятиях-аналогах, которая систематизируется в виде баз данных. Существует несколько типов баз данных, содержащих различные объемы информации. Статистические методы включают в себя качественные методы – карты потоков и количественные методы – контрольные карты.

- *Аналитический метод* базируется на изучении причинно-следственных связей в природно-антропогенной системе территории. Он позволяет оценить вероятность проявления фактора экологической опасности.

- *Экспертный метод* проводит оценку вероятности проявления факторов экологической опасности путем обработки результатов опросов экспертов.

- *Вероятностные методы* состоят из теоретико-вероятностных и вероятностно-эвристических методов.

Таким образом, методы и модели идентификации экологических рисков и опасностей многочисленны. Использование их требует высокой квалификации исполнителей, большого объема информации по аварийности и надежности оборудования на предприятиях, учета особенностей окружающей среды.

УДК 502.1

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Цуприк Л.Н**

Белорусский национальный технический университет

Для всех способов разработки месторождений характерно воздействие на биосферу, затрагивающее