

УДК 330.322.16:629.78

UDC 330.322.16:629.78

01.00.00 Физико-математические науки

Physics and mathematical sciences

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ**ECONOMIC-MATHEMATICAL METHODS IN CONTROL OF INDUSTRIAL AND ECOLOGICAL SAFETY**

Орлов Александр Иванович
д.э.н., д.т.н., к.ф.-м.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 4342-4994

Orlov Alexander Ivanovich
Dr.Sci.Econ., Dr.Sci.Tech., Cand.Phys-Math.Sci.,
professor

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, prof-orlov@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

При рассмотрении экологической безопасностью предприятия, территории и т.п. обычно выделяют постоянный риск и аварийный риск. Постоянный риск определяется используемой технологией и не может быть существенно изменен. Аварийный риск, в отличие от постоянного риска, связан с неопределенностью. Пусть в принятой математической модели неопределенность носит вероятностный характер, а потери описываются одномерной случайной величиной. Функция распределения потерь, как правило, не является нормальной. Подробно обсуждаются 7 характеристик случайного ущерба: математическое ожидание; медиана и, более общо, квантили; дисперсия; среднее квадратическое отклонение; коэффициент вариации; линейная комбинация математического ожидания и среднего квадратического отклонения; математическое ожидание функции потерь. Управление риском может состоять в минимизации этих характеристик и их комбинаций (в различных вариантах многокритериальной оптимизации). Например, в двухкритериальной постановке требуется минимизировать средний ущерб и разброс. Двухкритериальная постановка тем или иным способом сводится к однокритериальной. Кроме вероятностных методов моделирования риска, иногда рассматриваются методы описания рисков с помощью объектов нечисловой природы, в частности, качественных признаков, понятий теории нечетких множеств, интервальных математических и эконометрических моделей и других математических средств. Рассмотрены основные проблемы теории и практики экологического страхования

When considering the ecological safety of industrial productions, territory, etc., we usually allocate the constant (permanent) risk and the accident (emergency) risk. Permanent risk is given by the used technology, and cannot be changed substantially. Emergency risks are associated with uncertainty, in contrast to the constant risks. Let in adopted mathematical model the uncertainty is probabilistic in nature, and the loss describes as one-dimensional random variable. The distribution function of the loss, as a rule, is not normal. We have discussed in detail the seven characteristics of accidental loss: expectation; median and, more generally, quantile; dispersion; standard deviation; coefficient of variation; a linear combination of the expectation and standard deviation; the expectation of the loss function. Risk management may be to minimize these characteristics and their combinations (in different variants of multicriteria optimization). For example, in the two-criteria formulation it is required to minimize the expectation of loss and the standard deviation. Two-criteria formulation one way or another is reduced to a one-criteria formulation. In addition to probabilistic methods of risk modeling, sometimes we consider methods for describing risk using by means of objects of non-numeric nature, in particular qualitative characteristics, concepts of the theory of fuzzy sets, interval mathematical and econometric models and other mathematical tools. The main problems of the theory and practice of ecological insurance have been discussed

Ключевые слова: ЭКОЛОГИЯ, МАТЕМАТИКА, ЭКОНОМИКА, БЕЗОПАСНОСТЬ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, РИСК, ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ, СЛУЧАЙНАЯ ВЕЛИЧИНА, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СТРАХОВАНИЕ, ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ

Keywords: ECOLOGY, MATHEMATICS, ECONOMICS, SAFETY, CONTROL, ECONOMIC-MATHEMATICAL METHODS, RISK, PROBABILITY THEORY, RANDOM VARIABLE, ECOLOGICAL INSURANCE, OPTIMIZATION PROBLEMS

1. Введение

В 1990-х годах в нашей стране большое развитие получило экологическое законодательство. Однако его разработка и сейчас, во втором десятилетии XXI в., еще далеко не закончена. С экономико-математических позиций рассмотрим несколько нерешенных экономико-правовых вопросов, относящихся к экологической безопасности. Обычно они тесно связаны также с макроэкономикой и управлением на различных уровнях.

При рассмотрении экологической безопасностью предприятия, территории и т.п. обычно выделяют постоянный риск и аварийный риск.

Постоянный риск определяется используемой технологией и не может быть существенно изменен. Предприятие выбрасывает в атмосферу, сбрасывает в водную среду отходы своей жизнедеятельности и должно, естественно, возмещать наносимый вред. Фактически речь идет о ренте за использование природных ресурсов, соответствующих налогах и сборах.

Имеется целый ряд нерешенных экономико-правовых вопросов, связанных с постоянным риском. При проведении расчетов для конкретных предприятий часто оказывалось, что предприятию экономически выгоднее отравлять окружающую среду, чем проводить мероприятия по очистке сбрасываемых отходов. Налоги и сборы за использование природных ресурсов, особенно невозполнимых (нефть, газ, уголь, другие полезные ископаемые) представляются весьма заниженными. В результате добывающие отрасли промышленности оказываются в весьма привилегированном положении.

Обычно нормативы устанавливаются в виде предельно допустимых концентраций (ПДК) и аналогичных величин. Однако отходы жизнедеятельности предприятия обычно содержат самые разные вещества, оказывающие вредное действие на организм человека. Возникает проблема

суммарной оценки, т.е. интегрального показателя экологического вреда данного предприятия. Она далека от корректного решения.

Не в последнюю очередь это связано с адекватной оценкой здоровья населения и влияния на него различных экологических факторов. Суть дела в том, что при увеличении обращаемости населения в медицинские учреждения, естественно, увеличивается выявленная заболеваемость. Что же касается латентной, присущей данному контингенту заболеваемости, то она может быть установлена лишь при сплошном обследовании, а потому в большинстве ситуаций остается неизвестной.

Полезными характеристиками здоровья населения могли бы быть коэффициенты смертности (дифференцированные по полу и возрасту) и реальная средняя продолжительность жизни для интересующего нас контингента. Однако в настоящее время подобные характеристики больше зависят от динамики общей социально-политической обстановки в стране, чем от влияния конкретных экологических факторов.

Необходимо отметить, что экологические вопросы часто являются предметом политических спекуляций.

2. Нерешенные проблемы управления аварийным риском

Аварийный риск, в отличие от постоянного риска, связан с неопределенностью. Чтобы продемонстрировать сложность проблемы оценивания аварийного риска и различные существующие подходы, рассмотрим простейший случай. Пусть в принятой математической модели неопределенность носит вероятностный характер, а потери описываются одномерной случайной величиной (а не случайным вектором и не случайным процессом). Другими словами, ущерб адекватно описывается одним числом, а величина этого числа зависит от случая.

Итак, пусть величина потерь моделируется случайной величиной X (в смысле теории вероятностей). Как известно, случайная величина описывается функцией распределения

$$F(x) = P(X < x),$$

где x – действительное число (как пишут, любой элемент действительной прямой, традиционно обозначаемой R^1 или R).

В зависимости от предположений о свойствах функции распределения $F(x)$ вероятностные модели риска делятся на параметрические и непараметрические. В первом случае предполагается, что функция распределения входит в одно из известных семейств распределений – нормальных, экспоненциальных или иных. Однако обычно подобное предположение является мало обоснованным. Тогда необходимо применять непараметрические методы, не предполагающие, что распределение ущерба взято из того или иного популярного семейства. Обычно принимают лишь, что функция распределения $F(x)$ является непрерывной функцией числового аргумента x .

Обсудим два распространенных заблуждения. Во-первых, часто говорят, что поскольку величина ущерба зависит от многих причин, то она должна иметь нормальное распределение. Это неверно. Все зависит от способа взаимодействия причин. Если причины действуют аддитивно (складываются), то, действительно, в силу Центральной Предельной Теоремы теории вероятностей имеем основания использовать нормальное (гауссово) распределение. Если же причины действуют мультипликативно (перемножаются), то в силу той же Центральной Предельной Теоремы теории вероятностей следует приближать распределение величины ущерба X с помощью логарифмически нормального распределения.

Во-вторых, неверно традиционное представление о том, что погрешности измерения нормально распределены. Тщательный анализ погрешностей реальных наблюдений показал, что их распределение в

подавляющем большинстве случаев отличается от гауссова [1]. Прикладники обычно думают, что математики доказали, что погрешности распределены нормально, а математики считают, что прикладники установили это экспериментально. И те, и другие ошибаются.

В экономической литературе имеется масса ошибочных утверждений. Существенная часть ошибок относится к использованию математических методов. Особенно это касается прикладной математической статистики и эконометрики. Причиной этого печального явления посвящена статья [2].

Итак, рассмотрим ситуацию, когда риск (точнее, возможная величина ущерба, связанного с риском), описывается функцией распределения $F(x) = P(X < x)$. Обычно стараются перейти от функции, описываемой бесконечно большим числом параметров, к небольшому числу параметров, лучше всего к одному. Для случайной величины часто рассматривают такие параметры, как

- 1) математическое ожидание;
- 2) медиана и, более общо, квантили, т.е. значения $x = x(a)$, при которых функция распределения достигает определенного значения, а именно, решения уравнения $F(x) = a$;
- 3) дисперсия (сигма-квадрат);
- 4) среднее квадратическое отклонение (сигма);
- 5) коэффициент вариации (среднее квадратическое отклонение, деленное на математическое ожидание);
- 6) линейная комбинация математического ожидания и среднего квадратического отклонения (например, типично желание считать, что возможные значения риска расположены в интервале: математическое ожидание плюс-минус три сигма);
- 7) математическое ожидание функции потерь, и т.д.

Этот перечень может быть значительно продолжен.

Тогда задача оценки риска может пониматься как задача оценки той или иной из перечисленных характеристик по эмпирическим данным (по выборке величин ущербов, соответствующим происшедшим ранее аналогичным случаям). При отсутствии эмпирического материала остается опираться на экспертные оценки.

Задача же управления риском может пониматься как задача минимизации той или иной из перечисленных характеристик. Тогда минимизация риска может состоять:

- 1) в минимизации математического ожидания (ожидаемых потерь),
- 2) в минимизации квантиля распределения (например, медианы функции распределения потерь или квантиля порядка 0,99 (или 0,999999), выше которого располагаются большие потери, встречающиеся редко - в 1 случае из 100 (или крайне редко - в 1 случае из 1000000)),
- 3) в минимизации дисперсии (т.е. показателя разброса возможных значений потерь),
- 4) в минимизации среднего квадратического отклонения, что с чисто математической точки зрения эквивалентно предыдущей задаче минимизации дисперсии;
- 5) в минимизации коэффициента вариации;
- 6) в минимизации суммы математического ожидания и утроенного среднего квадратического отклонения (на основе известного "правила трех сигм"), или иной линейной комбинации математического ожидания и среднего квадратического отклонения (используют в случае близости распределения потерь к нормальному (гауссову) распределению как комбинацию подходов, нацеленных на минимизацию средних потерь и минимизацию разброса возможных значений потерь),
- 7) в минимизации математического ожидания функции потерь (например, в случае, когда полезность денежной единицы меняется в зависимости от общей располагаемой суммы [3], в частности, когда

необходимо исключить возможность разорения экономического агента), и т.д.

Список постановок задач управления риском может быть значительно продолжен.

Обсудим семь перечисленных постановок. Первая из них – минимизация средних потерь – представляется вполне естественной, если все возможные потери малы по сравнению с ресурсами предприятия. В противном случае первый подход не всегда рационален.

Действительно, рассмотрим условный пример. У человека имеется 100000 рублей. Ему предлагается следующее пари. Надо подбросить монету. Если выпадает «орел», то он получает 500000 рублей. Если же выпадает «цифра», он должен уплатить 200000 рублей. Стоит ли данному человеку участвовать в описанном пари? Если подсчитать математическое ожидание дохода, то, поскольку по условию пари каждая сторона монеты имеет одну и ту же вероятность выпадать, равную 0,5, оно равно $500000 \times 0,5 + (-200000) \times 0,5 = 150000$. Казалось бы, пари весьма выгодно. Однако большинство людей на него не пойдет, поскольку с вероятностью 0,5 они лишатся всего своего достояния и останутся должны 100000 рублей, другими словами, разорятся. Здесь проявляется психологическая оценка ценности рубля, зависящая от общей имеющейся суммы – 100000 рублей для человека с обычным доходом значит гораздо больше, чем те же 100000 руб. для миллионера.

Второй подход нацелен как раз на минимизацию больших потерь, на защиту от разорения. Другое его известное применение – исключение катастрофических аварий, например, типа Чернобыльской. При втором подходе средние потери могут увеличиться (по сравнению с первым), зато максимальные будут контролироваться. К сожалению, крайне трудно по статистическим данным делать обоснованные выводы о весьма больших значениях аргумента и соответствующих весьма малых вероятностях. На

профессиональном языке: «трудно работать на хвостах». Например, иногда встречаются утверждения типа «надежность равна шести девяткам», т.е. 0,999999. Другими словами, вероятность нежелательного исхода равна 0,000001. Такую малую вероятность непосредственно по статистическим данным оценить невозможно (для этого объем выборки должен быть не менее 10 000 000). Значит, вывод получен с помощью модели, например, модели экспоненциального распределения. Хорошо известны, что выводы об обнаружении резко выделяющихся наблюдений (выбросов) крайне неустойчивы по отношению к малым отклонениям от предположений модели [4]. Поэтому и к словам типа «надежность равна шести девяткам» надо относиться осторожно.

Во втором подходе заключены еще две идеи. Первая из них – использование медианы как более адекватной характеристики «центральной тенденции», чем математическое ожидание. Дело в том, что математическое ожидание может быть смещено в большую сторону из-за наличия редких, но чрезвычайно больших значений (именно поэтому средняя (арифметическая) зарплата или средний (арифметический) доход весьма завышают доходы «среднего» работника). В математических терминах: медиана – робастная (устойчивая) характеристика центра распределения, а математическое ожидание – нет. Вторая из упомянутых идей – обеспечение защиты от разорения на «среднем» уровне достоверности – с вероятностью 0,95 или 0,99. Для этого достаточно, чтобы квантиль порядка 0,95 или 0,99 не превосходил собственных активов фирмы.

Третий и эквивалентный ему четвертый подходы нацелены на минимизацию разброса окончательных результатов. Средние потери при этом могут быть выше, чем при первом или втором подходах, но того, кто принимает решение, это не интересует. Ему нужна максимальная определенность будущего, пусть даже ценой повышения потерь. В

литературе такой подход часто рекомендуют использовать при составлении портфеля ценных бумаг. Поскольку наиболее прибыльные акции (и вообще экономические решения) обычно являются и наиболее рискованными, то желание сократить риск за счет расширения ассортимента акций представляется рациональным. Это – один из частных случаев диверсификации, универсального способа понижения риска. К сожалению, при изложении третьего и четвертого подходов часто забывают про целесообразность повышения среднего дохода.

Пятый подход дает один из способов избавиться от такой забывчивости – используется не абсолютное значение среднего квадратического отклонения, а относительное. Это – аналог в теории риска общеэкономической идеи рентабельности.

Шестой подход сочетает в себе первый и третий, хотя и довольно примитивным образом. По существу проблема в том, что управление риском в рассматриваемом случае – это по крайней мере двухкритериальная задача. Желательно средние потери снизить (другими словами, математическое ожидание доходов повысить), и одновременно уменьшить показатель неопределенности – дисперсию. Хорошо известны проблемы, возникающие при многокритериальной оптимизации, и практически все они могут быть применены в теории риска, развивая шестой подход.

Наиболее продвинутый подход – седьмой. Но для его применения необходимо построить функцию потерь или ее антипод – функцию полезности. Это – большая самостоятельная задача. Обычно ее решают с помощью специально организованного эконометрического или эколого-статистического исследования. Опыт построения функций полезности по экспериментальным данным накоплен, например, в Центральном экономико-математическом институте РАН, в лаборатории проф. Ю.Н. Гаврильца. Есть и теоретические подходы. Например, в монографии [3],

исходя из некоторого аксиоматического подхода, было установлено, что полезность денежных средств измеряется логарифмом их количества. Другими словами, надо анализировать не абсолютные значения, а относительные отклонения. Из системы аксиом вытекает, что потеря 1 000 руб. для лица, имеющего в реальном распоряжении 10 000 руб., столь же чувствительна, как и потеря 1 000 000 руб. для лица, распоряжающегося 10 000 000 руб.- и в том, и в другом случае речь идет о потере 10% от имеющегося состояния.

Кроме вероятностных методов моделирования риска, иногда рассматриваются методы описания рисков с помощью объектов нечисловой природы, в частности, качественных признаков, понятий теории нечетких множеств, интервальных математических и эконометрических моделей и других математических средств. Пока все эти подходы надо рассматривать как экзотические. Однако вместо статистических данных в них обычно используются оценки экспертов, так что в недалекой перспективе будем иметь два крыла теории риска – вероятностное и экспертное (в качестве аппарата использующее статистику нечисловых данных). Наше представление о современном состоянии теории и практики экспертных оценок дано в работах [5, 6].

Под использованием качественных признаков понимаем, в частности, использование терминов типа «высокий риск», «заметный риск», «малый риск» и аналогичных им. Такого рода оценки, конечно, более соответствуют обыденному сознанию, чем оценки в виде действительных чисел. Это хорошо известно в теории измерений – человеку гораздо легче сравнивать альтернативы по степени риска, чем пытаться говорить о том, что одна из них во столько-то раз лучше или на столько-то лучше. Другими словами, человеку гораздо легче работать в порядковой шкале, чем в шкалах количественных признаков – интервальной, отношений, разностей и др. [7]. Методы анализа

статистических данных, измеренных в порядковой шкале, разработаны в статистике объектов нечисловой природы – сравнительно новой области прикладной математической статистики (выделена в 1970-х годах). Основные результаты статистики объектов нечисловой природы сведены вместе в серии статей [8-10].

Нечеткость, размытость, расплывчатость понятий, используемых в человеческом мышлении, отражается в т.н. теории нечетких множеств. Это направление прикладной математики активно развивается с середины 60-х годов, хотя его истоки лежат еще в апориях философов Древней Греции. Первая книга российского автора о теории нечетких множеств – наша книга [11], выпущенная в 1980 г. Полученное нами в 1970-х годах сведение теории нечетких множеств к теории случайных множеств [7, 11] носит пока лишь теоретический характер, а конкретные расчетные формулы в этих теориях различаются.

Если неопределенность носит интервальный характер, т.е. оценки рисков описываются интервалами, то естественно применить методы статистики интервальных данных (как части интервальной математики), рассчитать минимальный и максимальный возможный доходы и потери, и т.д. Ограничимся здесь ссылками на уже достаточно обширную литературу по интервальным эконометрическим методам [12 - 17].

Как известно, разработаны различные способы уменьшения экономических и экологических рисков, связанные с выбором стратегий поведения, в частности, диверсификацией. Здесь мы их не рассматриваем.

При разработке правового обеспечения методов управления промышленной и экологической безопасностью необходимо учитывать многообразие методов описания рисков. Выбор какого-либо одного определенного метода без должного обоснования может привести к неадекватному управлению риском. Для построения корректного

всестороннего описания рисков могут оказаться полезны и даже необходимы экспертные оценки.

3. Правовые вопросы экологического страхования

Основные идеи страхования жизни или имущества хорошо известны. В последние годы все чаще обсуждается новый вид страхования - экологическое. Это - страхование ответственности за ущерб, нанесенный окружающей природной среде и здоровью людей.

Почему необходимо экологическое страхование? Причина в том, что производственная деятельность многих предприятий наносит тот или иной ущерб окружающей природной среде, а потому и здоровью людей. Мы постоянно сталкиваемся с выбросами вредных веществ в атмосферу, сбросами их в реки и т.д. Более того, отвечающие за экологию государственные органы регулярно дают разрешения на нанесения вреда окружающей природной среде и здоровью людей.

В чем причины подобных действий? Их несколько. Во-первых, многие применяемые в настоящее время технологические процессы не могут не наносить вред окружающей природной среде. Достаточно вспомнить о металлургических и химических заводах. Избавиться от этого вреда можно в настоящее время только одним способом - закрыв подобные предприятия. Все мы знаем, что проектируются новые экологически чистые технологии, ведется работа по выводу экологически опасных предприятий из густонаселенных районов (например, из центра Москвы), но все это - на долгую перспективу.

Известно, что городской воздух больше всего загрязняют выхлопные газы автомобилей. Можем ли мы запретить пользоваться автомобилями? В перспективе - да, перейдя, например, на экологически чистые электромобили, работающие от аккумуляторов. Но не сейчас.

Во-вторых, предприятия не всегда стремятся повысить свою экологическую безопасность. Ведь модернизация очистных сооружений, разработка и внедрение экологически чистых технологий требует средств, и немалых. Иногда выгоднее платить штрафы за загрязнение окружающей среды. Такие установлены штрафы.

Наконец, бывают неожиданные аварии - взрывы, пожары, выбросы и утечки опасных веществ и др. Они причиняют крупный материальный ущерб, а зачастую приводят к человеческим жертвам. В каждом конкретном случае предсказать подобную аварию нельзя, но в целом по стране их число достигает сотен и тысяч.

Естественно возникает вопрос - кем и как должен возмещаться ущерб, нанесенный окружающей природной среде и населению? Напрашивается ответ: возмещать должен виновник нанесения ущерба. Однако виновное предприятие может не иметь необходимых для этого средств. Например, совершенно ясно, что последствия известной катастрофической аварии 1986 г. на Чернобыльской АЭС не могли быть возмещены за счет самой АЭС. Работы по ликвидации последствий аварии и возмещения ущерба оплачивало государство.

А откуда берет деньги государство? Из резервных фондов или сокращая другие расходы. В ситуации, когда предприятия обладают экономической самостоятельностью, а многие - находятся в частной собственности, нелогично возлагать на государство обязанность возмещения экологического ущерба. Это должны делать сами предприятия с помощью системы экологического страхования [18].

Основные понятия и принципы экологического страхования.

Традиционным является страхование с помощью страховых компаний. Кратко напомним основные термины и принципы страхования [19]. Предприятие, именуемое в данной ситуации страхователем, заключает договор с организацией специального типа - со страховой компанией

(страховщиком). Согласно этому договору страхователь уплачивает страховой взнос, т.е. вносит плату за страховую услугу. А услуга состоит в том, чтобы при наступлении страхового случая выплатить предприятию страховое возмещение, дающее страхователю средства для возмещения ущерба.

Рассмотрим пример. Предположим, что руководство завода "Амперметр" решило застраховаться от последствий аварийного сброса экологически опасных сточных вод. Оно вступает в переговоры со страховой компанией "Экострах". Сначала им надо с точки зрения экономики и с учетом действующих правовых норм оценить возможный ущерб от аварийного сброса. А именно, надо выяснить, каким физическим и юридическим лицам может быть нанесен ущерб, и в каком объеме. Если произойдет страховое событие - аварийный сброс экологически опасных сточных вод, то претензии заводу "Амперметр" могут быть выдвинуты многими лицами и организациями. Наверняка они последуют со стороны экологических органов, отвечающих за здоровье населения. Со стороны расположенных ниже по течению реки предприятий, потребляющих воду. Со стороны рыбаков, а также отдельных граждан, здоровье которых пострадало в результате аварийного сброса, и др. Оценив возможные потери, стороны договариваются о страховой сумме, т.е. объеме страховой ответственности, принимаемой на себя страховщиком. Предположим, что в результате всестороннего анализа согласована оценка возможных потерь (страховая сумма) в размере 1000000 руб. Если произойдет аварийный сброс экологически опасных сточных вод (т.е. осуществится страховое событие), то страховая компания "Экострах" выплатит пострадавшим эту сумму.

Завод "Амперметр" может, конечно, держать на своем банковском счету резервный фонд в 1000000 руб., который будет расходоваться лишь в случае аварийного сброса экологически опасных сточных вод (другими

словами, заниматься самострахованием). Однако такое поведение экономически невыгодно, если вероятность осуществления рассматриваемого страхового события мала. Резервный фонд почти наверняка не понадобится, и замороженные в нем средства не будут приносить дохода предприятию.

Поэтому выгоднее заплатить страховой компании "Экстрах" страховой взнос, равный произведению страховой суммы на страховой тариф. Например, если страховой тариф равен 0,05 или 5%, то завод "Амперметр" выплатит страховой компании "Экстрах" $0,05 \times 1000000 = 50000$ руб. Заводу обычно выгоднее выплатить 50 тысяч, чем заморозить миллион.

А в чем выгода страховой компании? Она основана на законе больших чисел и других положениях теории вероятностей. Если "Экстрах" имеет дело с большим числом предприятий типа "Амперметра" (например, с тысячью заводов), а вероятность аварийных сбросов мала, например, равна 0,02 (т.е. происходит в среднем на 2 предприятиях из 100, другими словами, на 1 из 50), то страховая компания будет иметь неплохой доход.

Проведем ориентировочный расчет. Тысяча предприятий выплатит по 50 тысяч руб., всего 50 миллионов. Выбросы произойдут в 2% случаев, т.е. на $0,02 \times 1000 = 20$ предприятиях. Им "Экстрах" выплатит 20×1000000 руб., т.е. 20 миллионов. В распоряжении "Экстраха" останется $50 - 20 = 30$ миллионов. Часть из этих 30 миллионов направляется в резервный фонд, предназначенный для компенсации отклонения выплат от среднего значения (величину этих отклонений можно рассчитать на основе теории вероятностей). У "Экстраха" есть расходы на собственное содержание, на выплату налогов и др. Но существенная часть 30 миллионов - его чистая прибыль, которая может быть направлена, в частности, на природоохранные мероприятия.

Различные виды экологического страхования. Страхование - обширная область человеческой деятельности, в которой разработаны различные варианты организации взаимоотношений между страхователями и страховщиками. Методы соответствующих расчетов (их называют также актуарными) иногда достаточно сложны. Экологическое страхование является частью системы экологической безопасности [20].

Кроме двусторонней схемы "предприятие - страховая компания", заслуживает внимания многосторонняя схема взаимного страхования. Она напоминает хорошо известную "кассу взаимопомощи" предприятия: сотрудники сдают взносы, из которых выдаются ссуды нуждающимся, которые затем погашаются. Каждый может выйти из "кассы взаимопомощи", получив обратно все свои взносы.

При взаимном экологическом страховании общую "экологическую кассу" образуют не люди, а предприятия, а в роли ссуд выступают выплаты на компенсацию экологического ущерба. Преимуществом такой формы страхования является отсутствие в организационной схеме коммерческой организации - страховой компании, ориентированной на получение прибыли, а не на оздоровление окружающей природной среды. Недостатком является большая сложность организационной схемы по сравнению со стандартной схемой "предприятие - страховая компания".

Экологическое страхование бывает обязательным и добровольным. В России подготовлен проект федерального Закона "Об обязательном экологическом страховании". В соответствии с ним государственные органы выделяют экологически опасные предприятия, подлежащие обязательному страхованию. При этом назначаются и страховые тарифы в соответствии с классом опасности объекта. Ряд положений проекта федерального Закона уточнен по результатам экспериментов в ряде регионов страны, в частности, в Ногинском районе Московской области.

Добровольное экологическое страхование не нормируется государством. Его можно сравнить с добровольной сертификацией продукции или с добровольным получением свидетельства об экологической безопасности предприятия (по результатам экологического аудита). Добровольная экологическая активность предприятия повышает его престиж среди населения, а потому и конкурентоспособность продукции. Российские потребители уделяют большое внимание экологической безопасности продуктов. Так, одним из результатов проведенного нами в 1994 г. изучения предпочтений потребителей растворимого кофе было обнаружение неожиданно сильной установки потребителей на экологическую безопасность продукта [21]. В частности, потребители были готовы платить на 10-15% больше за кофе, экологическая безопасность которого официально установлена государственными органами Бразилии и России.

Расчетные методы и экспертные оценки. Выразить в рублях ущерб, нанесенный природной среде и здоровью людей, весьма сложно. Если же одним из последствий аварии является гибель людей, то с точки зрения экономики появляется необходимость выразить в рублях жизнь человека. Можно ли это делать? Многие считают, что из этических и религиозных соображений недопустимо оценивать человеческую жизнь в денежных единицах.

Весьма трудно и оценить вероятность аварии, скажем, на химическом производстве или атомной электростанции. Ведь если бы можно было предсказать, когда произойдет авария, то можно бы и принять нужные меры, чтобы ее предотвратить или, во всяком случае, существенно смягчить последствия!

Поэтому расчетные методы могут играть лишь ограниченную роль в экологическом страховании. Необходимо широко использовать экспертные методы, основанные на интуиции специалистов и

математических методах сбора и анализа их мнений. Опишем один из вариантов применения экспертных оценок при организации обязательного экологического страхования.

На первом этапе рассматриваемые предприятия разбиваются на четыре класса по степени экологической опасности: неопасные, слабо опасные, опасные и весьма опасные. Чтобы получить такое разбиение, в соответствии с разработанным коллективом под руководством проф. В.Г. Горского методом сначала проводится опрос экспертов по многим вопросам, сгруппированным в четыре группы:

насколько опасны вещества, используемые или производимые на данном предприятии?

насколько безопасны технологии, используемые на предприятии ?

насколько хорошо экологически подготовлены работники предприятия и системы аварийной защиты?

насколько опасно расположение предприятия с точки зрения возможного влияния на окружающую природную среду и здоровье людей? Затем полученные ответы подвергаются достаточно изощренной математической обработке, в результате которой получается искомое разбиение [22].

Страховые тарифы устанавливаются в зависимости от класса опасности предприятия. Например, для неопасных предприятий - 0,5% от валовой продукции (вариант - от добавленной стоимости), для слабо опасных - 1 % от валовой продукции, для опасных - 2 % и для весьма опасных - 4 %. Эти нормативы также могут устанавливаться с помощью экспертных оценок.

В настоящее время проблемы экологического страхования активно разрабатываются в нашей стране. В частности, регулярно проводятся Всероссийские и Международные конференции "Теория и практика экологического страхования". Условием широкого внедрения является

качественное правовое обеспечение. В частности, рассмотренные выше процедуры экспертного оценивания должны иметь соответствующий правовой статус.

Вопросы экологического страхования рассмотрены нами в [23]. Итоги двадцати лет научных исследований проблем управления экологической безопасностью и преподавания соответствующих дисциплин подведены нами в монографии [24]. Социально-экологическим вопросам управления в современной экономике посвящена статья [25].

Литература

1. Орлов А.И. Часто ли распределение результатов наблюдений является нормальным? // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 1991. Т.57. № 7. С.64-66.
2. Орлов А.И. О перестройке статистической науки и ее применений // Вестник статистики. 1990. № 1. С.65-71.
3. Пиндайк Р., Рубинфельд Д. Микроэкономика. - М.: "Экономика"- "Дело", 1992. - 510 с.
4. Орлов А.И. Неустойчивость параметрических методов отбраковки резко выделяющихся наблюдений // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 1992. Т.58. № 7. С.40-42.
5. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование : учебник : в 3 ч. Ч.2. Экспертные оценки. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. — 486 с.
6. Орлов А.И. Теория экспертных оценок в нашей стране / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №09(093). С. 1652 – 1683. – IDA [article ID]: 0931309114. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/114.pdf>
7. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. - М.Наука,1979. - 296 с.
8. Орлов А.И. О развитии статистики объектов нечисловой природы / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №09(093). С. 273 – 309. – IDA [article ID]: 0931309019. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/19.pdf>
9. Орлов А.И. Многообразие объектов нечисловой природы / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №08(102). С. 32 – 63. – IDA [article ID]: 1021408002. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/02.pdf>
10. Орлов А.И. Вероятностные модели порождения нечисловых данных / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный

ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №01(105). С. 39 – 66. – IDA [article ID]: 1051501003. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/03.pdf>

11. Орлов А.И. Задачи оптимизации и нечеткие переменные. - М.: Знание, 1980. - 64 с.
12. Сборник трудов Международной конференции по интервальным и стохастическим методам в науке и технике (ИНТЕРВАЛ-92). Тт. 1,2. - М.: МЭИ, 1992.
13. Шокин Ю.И. Интервальный анализ. - Новосибирск: Наука, 1981.
14. Воцинин А.П., Сотиров Г.Р. Оптимизация в условиях неопределенности. - М.: МЭИ - София: Техника, 1989.
15. Orlov A.I. Interval statistics // Interval Computations. 1992. №1(3). P.44-52.
16. Орлов А.И. Основные идеи статистики интервальных данных / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №10(094). С. 867 – 892. – IDA [article ID]: 0941310060. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/60.pdf>
17. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с.
18. Моткин Г.А. Основы экологического страхования. - М.: Наука, 1996. - 192 с.
19. Гвозденко А.А. Основы страхования. - М.: Финансы и статистика, 1998. - 304 стр.
20. Серов Г.П. Основы экологической безопасности. - М.: Изд-во МНЭПУ, 1993.
21. Орлов А.И. Эконометрика. Изд. 4-е, доп. и перераб. Учебник для вузов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. - 572 с.
22. Горский В.Г., Гриценко А.А., Орлов А.И. Метод согласования кластеризованных ранжировок // Автоматика и телемеханика. 2000. №3. С.179-187.
23. Орлов А.И. Экологическая «любовь» в предпринимательстве (экологическое страхование) // Российское предпринимательство. 2000. №11. С.104-108. №12. С.52-55.
24. Орлов А.И. Проблемы управления экологической безопасностью. Итоги двадцати лет научных исследований и преподавания. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2012. – 344 с.
25. Орлов А.И. Социально-экологические вопросы управления в современной экономике / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №01(105). С. 67 – 93. – IDA [article ID]: 1051501004. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/04.pdf>

References

1. Orlov A.I. Chasto li raspredelenie rezul'tatov nabljudenij javljaetsja normal'nym? // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 1991. T.57. № 7. S.64-66.
2. Orlov A.I. O perestrojke statisticheskoj nauki i ee primenenij // Vestnik statistiki. 1990. № 1. S.65-71.
3. Pindajk R., Rubinfel'd D. Mikrojekonomika. - М.: "Jekonomika"- "Delo", 1992. - 510 s.
4. Orlov A.I. Neustojchivost' parametricheskih metodov otrakovki rezko vydelyajushhihsja nabljudenij // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 1992. T.58.

№ 7. S.40-42.

5. Orlov A.I. Organizacionno-jekonomicheskoe modelirovanie : uchebnik : v 3 ch. Ch.2. Jekspertnye ocenki. — M.: Izd-vo MGTU im. N. Je. Baumana, 2011. — 486 s.

6. Orlov A.I. Teorija jekspertnyh ocenok v nashej strane / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. — Krasnodar: KubGAU, 2013. — №09(093). S. 1652 – 1683. — IDA [article ID]: 0931309114. — Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/114.pdf>

7. Orlov A.I. Ustojchivost' v social'no-jekonomicheskikh modeljah. - M.Nauka,1979. - 296 s.

8. Orlov A.I. O razvitii statistiki ob#ektov nechislovoj prirody / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. — Krasnodar: KubGAU, 2013. — №09(093). S. 273 – 309. — IDA [article ID]: 0931309019. — Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/19.pdf>

9. Orlov A.I. Mnogoobrazie ob#ektov nechislovoj prirody / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. — Krasnodar: KubGAU, 2014. — №08(102). S. 32 – 63. — IDA [article ID]: 1021408002. — Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/02.pdf>

10. Orlov A.I. Verojatnostnye modeli porozhdenija nechislovyh dannyh / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. — Krasnodar: KubGAU, 2015. — №01(105). S. 39 – 66. — IDA [article ID]: 1051501003. — Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/03.pdf>

11. Orlov A.I. Zadachi optimizacii i nechetkie peremennye. - M.: Znanie, 1980. - 64 s.

12. Sbornik trudov Mezhdunarodnoj konferencii po interval'nym i stohasticheskim metodam v nauke i tehnike (INTERVAL-92). Tt. 1,2. - M.: MJeI, 1992.

13. Shokin Ju.I. Interval'nyj analiz. - Novosibirsk: Nauka, 1981.

14. Voshhinin A.P., Sotirov G.R. Optimizacija v uslovijah neopredelennosti. - M.: MJeI - Sofija: Tehnika, 1989.

15. Orlov A.I. Interval statistics // Interval Computations. 1992. №1(3). P.44-52.

16. Orlov A.I. Osnovnye idei statistiki interval'nyh dannyh / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. — Krasnodar: KubGAU, 2013. — №10(094). S. 867 – 892. — IDA [article ID]: 0941310060. — Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/60.pdf>

17. Orlov A.I., Lucenko E.V. Sistemnaja nechetskaja interval'naja matematika. Monografija (nauchnoe izdanie). — Krasnodar, KubGAU. 2014. — 600 s.

18. Motkin G.A. Osnovy jekologicheskogo strahovanija. - M.: Nauka, 1996. - 192 s.

19. Gvozdenko A.A. Osnovy strahovanija. - M.: Finansy i statistika, 1998. - 304 str.

20. Serov G.P. Osnovy jekologicheskoy bezopasnosti. - M.: Izd-vo MNJePU, 1993.

21. Orlov A.I. Jekonometrika. Izd. 4-e, dop. i pererab. Uchebnik dlja vuzov. — Rostov-na-Donu: Feniks, 2009. - 572 s.

22. Gorskij V.G., Gricenko A.A., Orlov A.I. Metod soglasovanija klasterizovannyh ranzhirovok // Avtomatika i telemekhanika. 2000. №3. S.179-187.

23. Orlov A.I. Jekologičeskaja «ljubov'» v predprinimatel'stve (jekologičeskoe strahovanie) // Rossijskoe predprinimatel'stvo. 2000. №11. S.104-108. №12. S.52-55.

24. Orlov A.I. Problemy upravlenija jekologičeskoj bezopasnost'ju. Itogi dvadcati let nauchnyh issledovanij i prepodavanija. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2012. – 344 s.

25. Orlov A.I. Social'no-jekologičeskie voprosy upravlenija v sovremennoj jekonomike / A.I. Orlov // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №01(105). S. 67 – 93. – IDA [article ID]: 1051501004. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/04.pdf>