

# **ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## **О НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВАХ РАНЖИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ОПАСНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, ПО СТЕПЕНИ ИХ ОПАСНОСТИ**

**П.Е. Марченко**

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук  
Институт информатики и проблем регионального управления (ИИПРУ КБНЦ РАН)  
*ул. Балкарова, Нальчик, Кабардино-Балкарская республика, Россия, 360002*

В рамках развиваемого энергетического подхода рассмотрены основные научно-методические положения ранжирования территорий, подверженных опасным природно-техногенным процессам, по степени их опасности. В качестве основного критерия используются значения интегральных показателей природно-техногенной опасности.

В настоящее время международное сообщество уже осознало степень опасности, которую представляют для государств природные и техногенные катастрофы. Стало очевидно, что борьба за уменьшение ущерба от них — важный элемент стратегии всех стран в достижении устойчивого развития. При этом необходим переход от ликвидации последствий к концепции прогнозирования и предотвращения опасных природно-техногенных процессов (ОПТП). Международный опыт показал, что затраты на прогнозирование и обеспечение готовности к природным и техногенным событиям чрезвычайного характера примерно в 15 раз меньше по сравнению с предотвращенным ущербом [1]. Уже не является редкостью, когда экономические потери только от природных катастроф в отдельных странах превышают величину валового национального продукта, ставя экономику этих стран в критическое положение. Учитывая, что наряду с природными бедствиями наблюдается аналогичный рост технических катастроф, в перспективе экономика многих стран будет не в состоянии восполнить потери от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [2].

Несмотря на вышесказанное, на сегодняшний день отсутствуют общепринятые методики получения интегральных оценок природно-техногенной опасности и риска (очевидно, что эти две оценки связаны неразрывно): каждый из авторов рассматривает проблему и возможные пути ее решения исходя из предметной области своих научных интересов. Об универсализации, даже на уровне понятий-

ного аппарата, речь и не идет. В то же время без единого подхода к анализу состояния любой из территорий невозможно их корректное сравнение на предмет подверженности ОПТП, принятие адекватных мер по обеспечению безопасной жизнедеятельности, обеспечение комплекса мероприятий по управлению рисками.

Как показал анализ, отсутствует само определение термина «показатель (интегральный показатель) природно-техногенной опасности территории», не говоря уже о каком-то системном изложении методики его определения. Да и в определении термина «природная (природно-техногенная, техногенная) опасность» единства мнений среди исследователей нет. Единичные известные попытки [напр. 3] перейти от оценок отдельных видов опасности (для различных генетических типов опасностей разработаны свои шкалы) к интегральным показателям (когда учитывается возможное одновременное проявление на данной территории опасностей различных генетических типов), как правило, сводятся к механическому сложению оценок для различных ОПТП, абсолютно не учитывая при этом особенности их проявления во времени и в пространстве, а также присущие каждому ОПТП характеристики.

Поэтому, говоря о научно-методических аспектах задачи, необходимо определиться с терминами и самим объектом исследований (учитывая при этом особенности решаемой задачи), должен быть обоснован физический принцип, лежащий в основе определения степени опасности природно-техногенного процесса и предложена методика применения этого физического принципа к исследованию объекта.

Объект исследований нами определен с учетом следующих условий [4]:

— объект представляет из себя реальную территорию, а его описание — адекватную ландшафтно-географическую и антропогенную ситуации на этой территории;

— объект имеет координатную привязку, т.е. взаимно-однозначное соответствие с картографической информацией;

— описание объектов должно позволять осуществлять их адекватное сравнение по степени опасности;

— объект должен позволять осуществление генерализации без изменения структуры его описания для перехода к объекту более высокого ранга, являющегося объединением более мелких объектов;

— объект должен быть таким, чтобы детализация входной информации не меняла его структуры.

Полагаем, что вышеперечисленным условиям удовлетворяет понятие элементарного таксона.

Под элементарным таксоном (в дальнейшем — таксоном) будем понимать определенную площадь земной поверхности (конкретное значение площади определяется необходимой степенью детализации на анализируемой территории) с описанием ландшафтно-географической, техногенной и других ситуаций и на которой задается перечень и характеристики ОПТП (в общем случае с учетом динамики по времени) и которой ставится во взаимно однозначное соответствие определенное интегральное значение, характеризующее степень ее опасности.

Так как территория может состоять из какого угодно числа таксонов, интегральное значение ее природно-техногенной опасности — это результат соответствующей обработки матрицы (вектора), элементами которой являются значения интегральной опасности таксонов, ее составляющих.

В результате проведенного анализа [4] предложен и обоснован ряд положений, адекватно соотносящих ОПТП и степень природно-техногенной опасности таксона (или территории, так как таксон может выступать либо как вся анализируемая территория, либо как ее часть). В качестве параметра, определяющего степень опасности природно-техногенного процесса, принимается величина плотности потока энергии (энергетическая облученность)  $E_3$ . Для определения показателя опасности таксона на него накладывается равномерная сетка (сетка — прямоугольная решетка, информация в каждой ячейке которой считается сосредоточенной), шаг которой определяется исходя из необходимой в каждом конкретном случае степени детализации и из наличия соответствующей информации и к узлам которой привязывается информация.

При этом, с точки зрения методики, считаются выполняющимися следующие условия.

1. С ростом количества узлов таксона, подверженных действия ОПТП, оценка его опасности возрастает при прочих равных условиях.

2. Таксоны считаются эквивалентными по опасности, если при прочих равных условиях (частотных и энергетических характеристиках) количество узлов, подверженных ОПТП, на них совпадают.

3. В узлах, в которых действует более одного ОПТП одновременно, оценка опасности не является аддитивной.

Таким образом, таксон представляется в виде вектора (или матрицы) с числом элементов, равным числу узлов. Оценка вектора — определение интегрального показателя природно-техногенной опасности таксона (ИППОТс) — осуществляется в соответствии с формулой:

$$D_n = \frac{1}{M} \left( \sum_{i=1}^m E_{\Delta_i}^n \right)^{1/n}, \quad (1)$$

где  $E_{\Delta_i}$  — значение опасности в узле (имеет энергетический смысл, как это указано выше),  $n$  — показатель степени нормы,  $M$  — общее количество узлов таксон (понятно, что в узлах, не подвергающихся воздействию ОПТП,  $E_3 = 0$ , поэтому реально суммирование проводится до  $m$ , где  $m$  — количество узлов, подвергающихся воздействию ОПТП). При  $n = 2$  мы получаем евклидову норму,  $n = 1$  соответствует т.н. расстоянию Хемминга.

Отметим, что при одновременном воздействии на  $i$ -й узел  $N$  ОПТП имеет место выражение:

$$E_{\Delta_i} = \sum_{j=1}^N E_{\Delta_{ij}}. \quad (2)$$

Полагаем также, что в большинстве случаев, как при проведении модельных расчетов, так и практической реализации в (1), достаточно ограничиться значе-

ниями  $n = 2, 3$ . Дальнейшее увеличение  $n$ , особенно в случаях, когда речь идет о воздействии на таксон значительного числа ОПТП, возможных пересечениях площадей и конфигураций воздействия, может привести к необоснованной громоздкости всего процесса определения ИППТОТс. Мы не привлекаем для анализа ситуаций оценки вида  $D_1$ , так как они не позволяют идентифицировать случаи воздействия на таксон одного или совокупности ОПТП, учитывающих, в том числе, конфигурации их совместного воздействия (под конфигурацией воздействия понимается то, как пересекаются между собой площади воздействия различных ОПТП на таксон — они могут вовсе не пересекаться, а могут и полностью накладываться друг на друга).

Мы не будем останавливаться на вопросах чувствительности показателей вида (1) к изменению соотношений между энергетическими характеристиками ОПТП, воздействующих на таксон, или конфигураций воздействия — несмотря на безусловную важность, эти вопросы не являются основным предметом рассмотрения настоящей работы.

Учитывая вышеизложенное, сравнение территорий по степени их подверженности ОПТП осуществляется посредством сравнения оценок вида (1) для таксонов (если каждая из территорий представляется одним таксоном) либо путем сравнения оценок, получившихся после перехода для каждой из сравниваемых территорий от ИППТОТс к интегральным показателям природно-техногенной опасности всей территории (ИППТОТр), учитывающих количество таксонов, составляющих территорию.

Указанный переход осуществляется в соответствии с выражением (по аналогии с определением ИППТОТс и, например, для  $n = 2$  из (1)):

$$D_{2_{\text{тер}}} = \left( \sum_{j=1}^K D_{2_{j_{\text{такс}}}}^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

где  $D_{2_{\text{тер}}}$  — значение интегрального показателя природно-техногенной опасности территории, состоящей из  $K$  таксонов;  $D_{2_{j_{\text{такс}}}}$  — значение интегрального показателя природно-техногенной опасности  $j$ -го таксона этой территории.

Пока, говоря о методике определения ИППТО-таксона (или территории из нескольких таксонов), за рамками рассуждений оставался тот факт, что интегральный показатель природно-техногенной опасности определяется посредством энергетических характеристик ОПТП, проявляемых не только в *определённом месте*, но и в *определённое время*. И в связи с этим отметим, что, как правило, в исследованиях, посвященных рассматриваемой проблеме, этот вопрос либо остается вообще за рамками проводимого авторами анализа (что может приводить к абсурдной ситуации, когда, пытаясь определить совместное воздействие ряда ОПТП на ту или иную территорию, механически складываются разномасштабные и разновременные показатели), либо вскользь отмечается, что ОПТП проявляется в данном месте и в данное время, но как методически все это учесть и поступать на практике, не рассматривается. Существуют лишь еди-

нические работы [напр., 5], где указывается, что опасность экзогенных геологических процессов напрямую связана с их энергетическими характеристиками, местом и временем проявления. Однако вопрос — как все-таки определить интегральный показатель природно-техногенной опасности территории, желательно в виде числа, не рассматривается. При этом необходимо иметь в виду, что учет пренебрежимо малых вероятностей проявления каких-то ОПТП на данной территории является абсолютно ненужной педантичностью, не имеющей, по сути, практического значения. Знать, что реально происходило на территории, допустим, в течение 10 (или 50) последних лет — это действительно может иметь важное значение для мониторинга и прогноза состояния как природных, так и природно-технических систем.

Таким образом, само понятие, смысл термина «интегральный показатель природно-техногенной опасности территории», в зависимости от конкретной, решаемой исследователем научной задачи (или практической задачи, решаемой различными государственными или иными структурами), может принципиально различаться.

1. Если мы говорим об интегральном показателе природно-техногенной опасности для данной территории за какой-то *конкретный* промежуток времени (декада, сезон, год, 5 лет, 10 лет, 100 лет и т.д.), то речь идет о вполне определенном количестве проявлений ОПТП различного генетического типа на данной территории с определенными значениями их энергетических характеристик за определенный промежуток времени, то есть показатель опасности — это конкретное фактическое число (если применить изложенную выше методику свертки вектора (матрицы)), свободное от влияния вероятностных параметров.

В этом случае вполне естественно определить этот показатель как «фактический интегральный показатель природно-техногенной опасности таксона (территории)» (ФИППТОТ) для конкретно указанного промежутка времени.

2. Можно рассматривать вопрос об интегральном показателе природно-техногенной опасности территории в другом аспекте, когда он приобретает вероятностный смысл. Поясним, о чем идет речь.

Сегодня многие исследователи, говоря об опасности природно-техногенных процессов, имеют в виду возможность проявления данного типа ОПТП в данном месте, в заданный промежуток времени и с определенными характеристиками, то есть в этом случае опасность — категория вероятностная. Определения опасности, приводимые в ряде ГОСТов [напр., 6], даны также в вероятностных категориях.

Однако необходимо иметь в виду, что вероятность проявления совокупности тех или иных ОПТП, в общем-то, числом не является — это некая сложная функция априорно неизвестного вида, которая связывает энергетические характеристики набора ОПТП, и вероятность проявления каждого из них за какой-то конкретный период времени, на какой-то площади. Таким образом, в этом случае термин «интегральный показатель природно-техногенной опасности территории» объединяет, в общем, бесконечное семейство чисел, каждое из которых соответствует суммарному воздействию ОПТП, для какой-либо из возможных энергетических

ческих характеристик каждого из ОПТП и их площади воздействия со своим значением вероятности. (Отметим также и тот факт, что большинство из рассматриваемых ОПТП, если говорить о погрешностях в значениях вероятности проявления конкретного ОПТП с теми или иными энергетическими характеристиками на той или иной территории, имеют различные временные ряды наблюдения за ними и будут иметь свои весовые коэффициенты при определении итоговых значений ИППТОТр). Поэтому в этом случае показатель опасности вполне естественно определить как «потенциальный интегральный показатель природно-техногенной опасности территории (ПИППТОТр)», имея в виду при этом возможные погрешности в соответствии с указанным выше.

Исходя из изложенного, приведем некоторые определения.

*Потенциальная природно-техногенная опасность территории* — возможность проявления совокупности конкретных опасных природно-техногенных процессов с определенными энергетическими характеристиками, на конкретной территории, за определенный промежуток времени.

*Фактическая природно-техногенная опасность территории* — фактически имевшее место проявление совокупности конкретных опасных природно-техногенных процессов с определенными энергетическими характеристиками, на конкретной территории, за определенный промежуток времени.

*Показатель (оценка) природно-техногенной опасности* — количественная мера (определяется на основе энергетического подхода) опасных природно-техногенных процессов, действующих в определенном месте. Учитывая вышеприведенные определения, он может определяться либо как фактический, либо как потенциальный.

Таким образом, факты должны учитываться как при определении интегральных показателей природно-техногенной опасности таксона (в общем случае — территории), так и при решении задачи ранжирования территорий по степени их подверженности ОПТП.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World. Guidelines for Natural Disaster Prevention, Preparedness and Mitigation. World Conference on Natural Disaster Reduction. Yokohama, Japan, 23—27 May, 1994. — United Nations, New York and Geneva, 1995.
- [2] *Осипов В.И.* Природные катастрофы на рубеже веков // Вестник РАН. — 2001. — Т. 71. — № 4. — С. 291—302.
- [3] *Шагин С.И.* Географические аспекты оценки природно-техногенной опасности территории Кабардино-Балкарской республики: Автореф. дисст. на соиск. уч. ст. к. г. н. — Нальчик, 2005.
- [4] *Балкаров Б.Б., Марченко П.Е.* Задача построения оценок природно-техногенной опасности территории. — Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 1999.
- [5] Природные опасности России. Т. 3. Экзогенные геологические опасности / Под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. — М.: КРУК, 2002.
- [6] ГОСТ 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.

**ON SCIENTIFIC-METHODICAL BASIS OF RANKING  
OF TERRITORIES LIABLE TO INFLUENCE OF DANGEROUS  
NATURAL-TECHNOGENIC PROCESSES ACCORDING  
TO THE DEGREE OF THEIR DANGER**

**P.E. Marchenko**

Kabardin-Balkar scientific center of RAS  
Institute of informatics and regional management problems  
*Balkarova, 2, KBR, Nalchik, Russia, 360002*

Within the frames of energetic approach being developed by the author, basic scientific-methodical notions of ranking of territories liable to influence of dangerous natural-technogenic processes according to the degree of their dangerousness are examined.

The meanings of integral factors of natural-technogenic danger are used as a main criterion.