



УДК 550.380; 551.508; 551.501

ЭКСПЕРТИЗА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

А.В. Тертышников, Ю.В. Писанко, В.Е. Давыдов, М.Д. Зинкина, А.В. Константинова

Методом попарного сравнения и анализа иерархий проведено ранжирование предвестников сейсмической активности по физической обоснованности, проявляемости и возможности регистрации. В анализе использованы также оценки, полученные с помощью поисковых машин в Интернете.

Использованный подход полезен при оценке перспектив развития мониторинга сейсмической активности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ, ПРЕДВЕСТНИКИ, ОЦЕНКИ, ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ, МОНИТОРИНГ, ЭКСПЕРТИЗА

1. ВВЕДЕНИЕ

Эволюция сейсмотектонических аномалий, связанных с землетрясениями, проявляется в морфологии сейсмогенных возмущений геофизических полей – предвестниковых эффектах землетрясений [1]. Их классификация, в соответствии с известными механизмами взаимодействия геосфер, представлена на рис. 1 [2].

Характеристики известных способов краткосрочного прогнозирования землетрясений представлены в табл. 1 [3].

Знак «+» в таблице означает наличие или учет параметра, обозначение «-/» означает, скорее, отрицательный результат исследований.

Сложность диагностики предвестников землетрясений заключается не только в возможности мониторинга геофизических полей, но и в малой амплитуде проявления, которая маскируется на фоне естественных шумов [4].

Биологические предвестники в представленной таблице включены в категорию комплексных. В них можно включить активность поведения социума, которая отражается в использовании массовых коммуникаций и интернета.

Популярность и изученность различных видов предвестников землетрясений анализировалась в [5] по потоку ссылок на тематические публикации в интернете. Пример результатов контентного поиска публикаций по различным видам предвестников землетрясений с помощью популярных поисковых систем российского сегмента всемирной сети Интернет: Rambler, Yandex, Google в 2007 г. представлен на рис. 2.

Для поиска задавался первичный запрос для поисковых машин со словосочетанием «предвестники землетрясений». В полученном наборе ссылок анализировалось соотношение ссылок по выделенным группам предвестников. Возникающие при этом сложности были обусловлены регулярной корректировкой алгоритмов поисковых систем и их активной коммерциализацией в продвижении сайтов, что негативно отражалось на результатах поиска, особенно по критерию релевантности (степени соответствия запроса и найденного, т.е. в уместности результата), в полноте базы, в учёте морфологии языка. Тем не менее, полученные результаты можно рассматривать, как вариант решения задачи оперативной экспертизы по перспективности предвестников землетрясений.



Рис. 1. Классификация предвестников землетрясений

Таблица 1. Характеристики способов краткосрочного прогнозирования сейсмической активности

Тип используемых Характеристик	Оценка коэффициента корреляции с землетрясением / заблаговременность	Характер наблюдений				Анализируемая характеристика		Учет модели землетрясения	Учет солнечных эффектов
		в точке	по траверсу	по полю	регулярность	амплитуда (A) и ΔA	спектр вариаций		
Гидрогеохимические	~ 0,2 / до нескольких недель	+	-/+	-/+	-	+	-/+	-/+	-
Сейсмические	до 0,8 / месяцы	+	+	-	-	+	+	-/+	-
Электромагнитные	До 0,35 / несколько суток – часы	+	-/+	-/+	-/+	+	+	-	-/+

Продолжение таблицы 1.

Гравитационные	До ~ 0,5 / месяцы – несколько суток	+	-	-	-	+	-/+	-	-
Геотермические	~ 0,2 / месяцы - несколько недель	+	-	-/+	-	+	-	-	-
Деформационные	~ 0,3 / месяцы	+	+	-	-	+	-	-/+	-
Акустические	~ 0,2 / часы	+	-	-	-	+	-/+	-	-
Потоки энергичных частиц	~ до 0,7 / часы	-	+	-	-	+	-/+	-	+
Астрономические	< 0,1 / недели	+	+	-	+	+	-	-	+
Комплексные	До ~ 0,5 / несколько суток – часы	+	+	-	-	-	-	-	-/+
Метеорологические	~ до 0,5 / несколько суток – часы	+	+	-	+	+	+	-/+	+

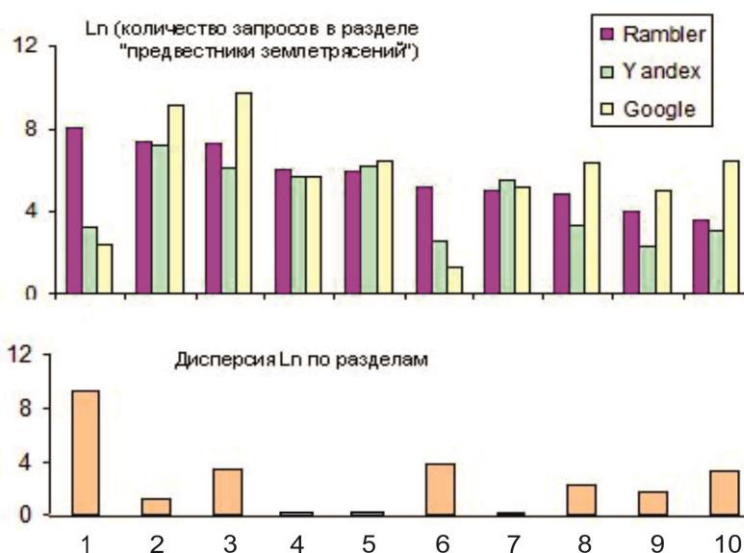


Рис. 2. Количество ссылок по различным видам предвестников землетрясений в 2007 г. по трём поисковым системам Интернета:

- 1 – сейсмогравитационные эффекты, 2 – электромагнитные предвестники, 3 – облака, 4 – аэрозоли, 5 – ионосферные предвестники, 6 – КНЧ-ОНЧ шумы, 7 – температура верхней ионосферы, 8 – свечение ночного неба, 9 – ИК-излучение, 10 – высыпания частиц.

2. МЕТОДИКА РАНЖИРОВАНИЯ ПРЕДВЕСТНИКОВ

Традиционный подход при ранжировании перспективности предвестников предполагает наличие экспертов. Если их много, то можно использовать метод попарного сравнения [6]. Если экспертов мало, то метод анализа иерархий [7].

Экспертов для использования метода попарного сравнения выбирали среди старшей возрастной группы, имеющей публикации по предвестникам землетрясений и вопросам сейсмического мониторинга. Они должны были выбрать наиболее информативные и перспективные предвестники для мониторинга сейсмической опасности, понимая, что в качестве предвестников используются факторы, которые не удовлетворяют условию полноты системы (сейсмотектонической аномалии), так как вероятность появления хотя бы одного из предвестников не равна единице.

Каждая группа предвестников оценивалась по трем критериям: физическая обоснованность, возможность регистрации и проявляемость. Для однородности и сравнимости оценок использовалась равномерная шкала от нуля до единицы.

С помощью метода попарного сравнения можно получить наиболее точное отражение субъективных предпочтений, так как на выбор налагается гораздо меньше ограничений, чем при других методах оценивания. При этом каждый раз приходится делать выбор из двух альтернатив, то есть решать задачу, уровень неопределенности которой не высок и не превышает одного бита. Один бит информации требуется при сравнении только одной пары из n объектов, а сравниваемых пар $\frac{n(n-1)}{2}$. Парные сравнения объектов $A_i, i = 1, \dots, N$ проводятся по таблице, в которой количество строк равно количеству столбцов. Значение элемента, стоящего на пересечении i -ой строки и j -ого столбца, определялся как:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & A_i < A_j \\ 1, & A_i \approx A_j \\ 2, & A_i > A_j \end{cases} \quad (1)$$

На пересечении i -ой строки и j -ого столбца должен стоять 0, если объект с номером i по мнению эксперта менее значим, чем объект с номером j , 1 если объекты равнозначны и 2, если i объект превосходит j . При этом в полностью заполненной квадратной матрице $A, a_{ij} + a_{ji} = 2$.

Метод вычисления весовых коэффициентов, в соответствии со значениями которых ранжируются сравниваемые объекты, представляет собой итерационную процедуру:

$$p^t = A \cdot p^{(t-1)}, \quad (2)$$

где p — весовые коэффициенты; t — номер шага итерации.

$$p^0 = (1, 1, \dots, 1), \quad (3)$$

Чтобы избежать получения чрезвычайно больших весовых значений в промежуточных вычислениях, компоненты вектора p^t на каждом шаге нормируются путем деления на величину:

$$\lambda^t = \sum_i p_i^t = \sum_i \sum_j a_{ij} p_j^{t-1}, \quad (4)$$

При этом:

$$p^t = \frac{1}{\lambda^t} \cdot A \cdot p^{t-1}, \quad (5)$$

что приводит к получению весовых коэффициентов p_i в виде относительных величин, так как $\sum_i p_i^t = 1$. Вычислительный процесс продолжается до тех пор, пока весовые коэффициенты, на смежных итерациях, будут незначительно отличаться друг от друга:

$$\max_i |p_i^t - p_i^{t-1}| < \varepsilon, \quad (6)$$

где ε — достаточно малое положительное число, задающее точность расчетов (величина ε была выбрана равной 0.005).

Матрица парных сравнений неотрицательна ($a_{ij} \geq 0$ для любых i, j) и неразложима. Среди номеров строк и столбцов нельзя выделить такие подмножества I и J , что $a_{ij} = 0$ для всех $i \in I$ и $j \in J$. У таких матриц максимальное собственное значение является действительным положительным числом λ , которому отвечает собственный вектор p с положительными

компонентами. Причем и собственное число, и собственный вектор получаются в виде предельных значений:

$$\lambda = \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda^t ; p = \lim_{t \rightarrow \infty} p^t , \tag{7}$$

представляя, по сути, результат применения итерационной процедуры.

Полученная оценка весовых коэффициентов позволяет оценить значимость сравниваемых характеристик. Согласованность мнений привлекаемых экспертов можно оценить с помощью расчета коэффициентов конкордации или сравнением полученных по каждому эксперту векторов P_M , где M – общее число экспертов.

Проблема подбора нескольких квалифицированных экспертов может решаться проверкой полученных результатов оценивания значимости сравниваемых факторов с помощью метода анализа иерархий (МАИ [7]), который является систематической процедурой для иерархического представления анализируемых элементов. В нем производится декомпозиция проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшая обработка последовательности суждений лица, принимающего решения, по парным сравнениям. Результатом использования МАИ являются оценки относительной степени (интенсивности) взаимодействия элементов в сформированной иерархии сравниваемых характеристик.

Метод анализа иерархий включает в себя процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений. Такой подход к решению проблемы выбора исходит из естественной способности людей думать логически и творчески, определять события и устанавливать отношения между ними. Иерархия в МАИ обычно строится через промежуточные уровни, на которых оцениваются приоритеты (вес) факторов, затем групп факторов, затем перспектив анализируемых факторов.

Сравнение одного фактора i с другим j и назначение оценки a_{ij} производится в соответствии со шкалой относительной важности (Табл. 2 [7]).

Таблица 2. Шкала относительной важности в методе МАИ.

Значение относительной важности	Соответствие	Объяснение
0	Несравнимы	Эксперт затрудняется в сравнении
1	Равная важность	Равный вклад двух видов деятельности в цель
3	Умеренное превосходство одного над другим	Опыт и суждения дают легкое превосходство одному виду деятельности над другим
5	Существенное или сильное превосходство	Опыт и суждения дают сильное превосходство одному виду деятельности над другим
7	Значительное превосходство	Одному из видов деятельности дается настолько сильное превосходство, что оно становится практически значительным
9	Очень сильное превосходство	Очевидность превосходства одного вида деятельности над другим подтверждается наиболее сильно

Продолжение таблицы 2

2,4,6,8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями	Применяются в компромиссном случае
Обратные величины приведенных выше чисел	Если при сравнении одного вида деятельности с другим получено одно из вышеуказанных чисел (например, 3), то при сравнении второго вида деятельности с первым получим обратную величину (т.е. 1/3)	

На основе указанной шкалы производится сравнение одного фактора **i** с другим **j** и назначается оценка a_{ij} . Соответственно, $a_{ji} = 1/a_{ij}$ (наличие отклонений от этой величины может свидетельствовать о разногласиях в позиции эксперта, но необходимо получить обратно симметричную матрицу).

Относительная сила, величина или вероятность каждого отдельного объекта в иерархии определяется оценкой соответствующего ему элемента собственного вектора матрицы приоритетов $\{a_{ij}\}$, нормализованного к единице. Процедура определения собственных векторов матриц поддается приближению с помощью вычисления геометрической средней.

Пусть для $A_1...A_n$ - множества из N элементов определены a_{ij} :

Тогда оценка компонент вектора производится по схеме:

$$X_N = \sqrt[N]{\prod_{j=1, \dots, N} a_{Nj}}, \tag{8}$$

Весовые коэффициенты:

$$W_{ei}(A_N) = \frac{X_N}{\sum_{i=1 \dots N} (X_i)}, \tag{9}$$

Максимальное собственное значение λ_{max} матрицы $\{a_{ij}\}$ получается путём решением характеристического уравнения, например для уравнения четвёртого порядка, решение которого уже довольно громоздко:

$$\det \begin{pmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ 1/a_{12} & a_{22} - \lambda & a_{23} & a_{24} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & a_{33} - \lambda & a_{34} \\ 1/a_{14} & 1/a_{24} & 1/a_{34} & a_{44} - \lambda \end{pmatrix} = 0, \tag{10}$$

Человек, принимающий решения, всегда субъективен. Поэтому:

$$\begin{pmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ 1/a_{12} & a_{22} - \lambda & a_{23} & a_{24} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & a_{33} - \lambda & a_{34} \\ 1/a_{14} & 1/a_{24} & 1/a_{34} & a_{44} - \lambda \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} = \lambda_{max} \cdot \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix}, \tag{11}$$

при $\sum_{i=1}^4 a_i = 1$.

Рассматриваемая матрица $\{a_{ij}\}$ является положительной (все её элементы строго больше нуля).

Условие $\sum_{i=1}^N a_i = 1$ выделяет единственный собственный вектор с положительными координатами, причём:

$$\min_{1 \leq i \leq N} \sum_{j=1 \dots N} a_{ij} \leq \lambda_{\max} \leq \max_{1 \leq i \leq N} \sum_{j=1 \dots N} a_{ij}, \quad (12)$$

Анализ адекватности присвоения весовых коэффициентов каждому рассматриваемому фактору в дальнейшем (предвестнику землетрясения), проведённый с помощью метода анализа иерархий, заключается в вычислении отношения согласованности (ОС), которое должно быть порядка не более 20% [7]. Если величина ОС более 20 %, то это большая рассогласованность начальных данных.

Величина отношения согласованности рассчитывается из так называемого индекса согласованности оценок a_{ij} :

$$IS = \frac{\lambda_{\max} - N}{N - 1}, \quad (11)$$

где N – размерность матрицы, λ_{\max} – наибольшее собственное значение анализируемой обратно симметричной матрицы [7]:

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1 \dots N} \text{Vec}(A_j) \sum_{i=1 \dots N} a_{ij}, \quad (12)$$

С целью снижения уровня несогласованности используется коррекция исходных данных самим экспертом. При большой степени рассогласованности «веса» предвестников переписываются и процедура расчёта повторяется. Таким образом, формируется группа наиболее перспективных предвестников сейсмической активности.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Основные группы краткосрочных предвестников землетрясений были сформированы по результатам анализа доступных публикаций [1-3]. Сейсмогенные деформации земной поверхности перед землетрясениями были отнесены к среднесрочным предвестникам землетрясений.

После формирования перечня краткосрочных предвестников землетрясений оценивался «вес» каждого предвестника с помощью опроса семи экспертов. Перед формированием групповой оценки рассчитывался ранговый коэффициент корреляции Спирмена, так как результаты экспертного опроса были представимы в ранговой шкале. Его величина позволила оценить степень параллелизма между двумя количественными рядами изучаемых признаков и оценить тесноту связи (в том числе квалификацию экспертов) [8].

В дальнейшем во всех расчетах использовались групповые экспертные оценки, являющиеся среднеарифметическими оценками для каждого критерия (физическая обоснованность, возможность регистрации и проявляемость).

С помощью метода парных сравнений была оценена перспективность краткосрочных предвестников сильной сейсмической активности для мониторинга сейсмических условий (Табл. 3).

Таблица 3. Среднеарифметические показатели «веса» предвестников землетрясений

п/п	Характеристика предвестника землетрясения	Физ. обоснованность	Возможность регистрации	Проявляемость
1	Вариации электронной концентрации в максимуме слоя F2 ионосферы	0,20	0,25	0,15
2	Вариации температуры верхней ионосферы (ионов и электронов)	0,18	0,15	0,1
3	Изменения спектра мощности потока частиц высоких энергий	0,35	0,15	0,30
4	Вариации распределения ионосферных эмиссий 555,7 и 630 нм	0,30	0,30	0,25

Продолжение таблицы 3.

5	Вариации параметров электромагнитного поля (напряженности и индукции)	0,25	0,1	0,2
6	Вариации интенсивности ИК-излучения земной поверхности	0,20	0,20	0,15
7	Изменения орбитальных характеристик КА, обусловленные, в том числе сейсмогравитационными эффектами	0,30	0,25	0,26
8	Интенсивность КНЧ-ОНЧ шумов на орбите КА ДЗЗ	0,20	0,30	0,15
9	Аномальные облачные образования на снимках Земли из космоса	0,36	0,25	0,25
10	Состав аэрозолей и малых газовых составляющих сейсмогенного происхождения в атмосфере	0,20	0,05	0,15
11	Астрономические предвестники (ритмы)	0,05	0,8	0,1

В расчётах использовались оптимистические и пессимистические оценки.

Пример одного из этапов расчетов приведен ниже:

$$\{a_{ij}\} \times \{Wei_i\} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0.333 & 0.333 & 0.5 & 1 & 0.333 & 1 & 0.333 \\ 0.5 & 1 & 0.333 & 0.333 & 0.333 & 0.5 & 0.3 & 0.5 & 0.333 \\ 3 & 3 & 1 & 2 & 3 & 3 & 2 & 3 & 0.5 \\ 3 & 3 & 0.5 & 1 & 2 & 3 & 1 & 3 & 0.5 \\ 2 & 3 & 0.333 & 0.5 & 1 & 2 & 0.5 & 2 & 0.333 \\ 1 & 2 & 0.333 & 0.333 & 0.2 & 1 & 0.333 & 1 & 0.333 \\ 3 & 3 & 0.5 & 1 & 2 & 3 & 1 & 3 & 0.5 \\ 0.5 & 2 & 0.333 & 0.333 & 0.5 & 1 & 0.333 & 1 & 0.333 \\ 3 & 3 & 2 & 2 & 3 & 3 & 2 & 3 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.035 \\ 0.02 \\ 0.351 \\ 0.193 \\ 0.074 \\ 0.035 \\ 0.193 \\ 0.035 \\ 0.557 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.613 \\ 0.522 \\ 1.998 \\ 1.363 \\ 0.839 \\ 0.591 \\ 1.363 \\ 0.595 \\ 2.628 \end{pmatrix}$$

После получения предварительных оценок, из перечня ранжируемых предвестников из-за малости «весов» были исключены астрономические предвестники, а также «вариации распределения ионосферных эмиссий 555,7 и 630 нм». Итоговые результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4. Оценка перспективности предвестников сейсмической опасности.

п/п	Характеристика предвестника землетрясения	Итоговая перспективность предвестника
1	Вариации параметров электромагнитного поля (напряженности и индукции)	0,28 ± 0,01
2	Геохимические предвестники	0,28 ± 0,02
3	Изменения спектра мощности потока частиц высоких энергий на высоте орбиты КА	0,27 ± 0,01
4	Интенсивность КНЧ-ОНЧ шумов	0,26 ± 0,01
5	Аномальные облачные образования	0,22 ± 0,03
6	Вариации электронной и ионной концентрации на высоте орбиты спутника	0,20 ± 0,01
7	Изменения орбитальных характеристик КА, обусловленные сейсмогравитационными эффектами	0,19 ± 0,02
8	Вариации интенсивности ИК-излучения земной поверхности	0,18 ± 0,01
9	Вариации температуры электронов и ионов на высоте орбиты КА	0,14 ± 0,01

Итоговая перспективность в правой колонке таблицы объединяет физическую обоснованность, возможность регистрации и проявляемость предвестника.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Значительный «вес» у экспертов получили геохимические предвестники, вариации параметров высокочастотного электромагнитного поля у земной поверхности и потоков высокоэнергичных частиц, что объясняется большим количеством публикаций по данным вопросам, и физической обоснованностью этих групп предвестников. В вопросе аномальных облачных образований эксперты ориентировались преимущественно на возможное влияние барических градиентов атмосферы (публикации А.Д. Сытинского и В.Н. Бокова) на срыв созревших напряжений в земной коре.

Проверка полученных результатов с помощью метода анализа иерархий, показала, что во всех трёх группах величина согласованности превысила допустимую норму, что свидетельствует о диспропорции присвоения весовых коэффициентов предвестникам с помощью метода парного сравнения. Удовлетворительная согласованность была достигнута только в группе «физическая обоснованность», что подтвердило правильность схемы рис. 1 и теоретический уровень экспертов. Для улучшения качественных показателей второй и третьей групп нужна дополнительная систематизация экспериментальных данных и анализ публикаций.

По мнению экспертов, анализируемые группы предвестников оказались близки по своей перспективности для мониторинга сейсмических условий. Существенного преимущества какого-либо предвестника нет.

В этой ситуации можно вновь обратиться к содержанию интернет-экспертизы (рис. 2) и скорректировать полученные оценки экспертов. При этом можно ориентироваться на коэффициент вариации потока ссылок по различным видам предвестников землетрясений на рис. 2. Чем он больше, тем больше риск в появлении новых технологических решений.

Исходя из этих соображений, можно признать, что наиболее изученными являются предвестники по ЭМИ, геохимии, ионосфере [9], температуре верхней ионосферы. Для наблюдения на орбите КА ДЗЗ перспективными предвестниками сейсмической активности оказались вариации концентрации, состава и температуры заряженных частиц, вариации орбиты КА.

5. ВЫВОДЫ

На основе метода попарного сравнения и метода анализа иерархий оценена перспективность различных предвестников землетрясений для мониторинга сейсмических условий. Однородность мнений экспертов о предвестниках землетрясений скорректирована результатами, полученными с помощью поисковых машин Интернета.

Наиболее перспективными предвестниками признаны:

- геохимические изменения состава аэрозолей и малых газовых составляющих атмосферы;
- вариации параметров электромагнитного поля Земли;
- изменение спектра мощности потока частиц высоких энергий на высоте орбиты КА.

Недооценена роль предвестника «вариации температуры электронов и ионов на высоте орбиты КА» и вариации орбиты КА.

Благодарности. Авторы признательны В.В. Платонову за помощь в проведении расчетов и обсуждение результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тертышников А.В. Предвестники землетрясений и особенности их регистрации. – СПб.:ВИКА. 1996. 128 с.
2. Тертышников А.В. Сейсмоозонные эффекты и проблема прогнозирования землетрясений – СПб.: ВИКУ, 1999.
3. Тертышников А.В. Основы мониторинга чрезвычайных ситуаций. Учебное пособие.– Москва-Обнинск, 2013. 278 с.
4. Тертышников А.В. Организация прогнозирования природных чрезвычайных ситуаций. – Москва,

2013. 268 с.

5. Платонов В.В., Тertyshnikov A.B. Перспективы мониторинга сейсмических условий из космоса//Исследовано в России, 2007.
6. Давнис В.И., Тинякова В.В. Прогнозные модели экспертных предпочтений. – Воронеж: Издательство Воронежского, государственного университета, 2005.
7. Саати Т. Принятие решений: методы анализа иерархий – Москва.: Радио и связь, 1993.
8. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика: Учебное пособие для ВТУЗОВ. – М.: Высшая школа, 1984. – 248с.
9. Липеровский В.А. Ионосферные предвестники землетрясений, Москва: Наука, 1992.

EXAMINATION OF THE PROSPECTS OF EARTHQUAKE PRECURSORS

Tertyshnikov A.V., Pisanko Yu. V., Davydov V.E., Zinkina M.D., Konstantinova A.V.

The method of pairwise comparison and analysis of hierarchies was used to rank the precursors of seismic activity by physical validity, manifestation and possibility of registration. The analysis also used estimates obtained by search engines on the Internet.

The approach used is useful in assessing the prospects for the development of seismic activity monitoring.

KEYWORDS: EARTHQUAKE PRECURSORS, EVALUATION, PERSPECTIVE, MONITORING, EXAMINATION