

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАЙОНИРОВАНИЯ ЗОН СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Влацкий В.В., отдел геоэкологии УрО РАН, г. Оренбург

Задача анализа сейсмической активности состоит в определении района, временного отрезка, магнитуды возможных сейсмических событий. Рассмотрение методов классификации, описанных прикладной статистикой, показало, что имея такую задачу, как задача классификации узлов сейсмической активности, наиболее подходящим оказывается метод кластерного анализа. Как отправная точка, было рассмотрено два вида признаков – геофизические признаки и статистические признаки. Статистические признаки основаны на данных с сейсмических станций. Геофизические признаки основаны на экспертных данных о геоморфологических узлах. Применение кластерного анализа для рассмотрения 10 случайных узлов и прилегающих районов. В классифицированных районах рассматривались события, произошедшие за два предыдущих месяца. В результате, в районе 80 % узлов, отнесенных к уровню слабой сейсмической активности, в следующие полгода событий не наблюдалось. В районе 75% узлов, отнесенных к уровню сильной сейсмической активности, произошло одно или более событие. Более полные результаты представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Результаты классификации узлов на ретроспективных данных

№ узла	Классифицированный уровень активности	Количество событий за последующие полгода
1	Высокая активность	2
2	Средняя активность	1
3	Низкая активность	0
4	Высокая активность	2
5	Низкая активность	0
6	Низкая активность	0
7	Высокая активность	0
8	Высокая активность	3
9	Низкая активность	0
10	Низкая активность	1

Таблица 2. Результаты проверки качества классификации по уровням

Уровень сейсмической активности	Количество классифицированных узлов	Количество узлов, в районе которых произошли события	Процент от общего числа узлов	Количество узлов, в районе которых не произошли события	Процент от общего числа узлов
Низкий	5	1	20%	4	80%
Средний	1	1	100%	0	0%
Высокий	4	3	75%	1	25%

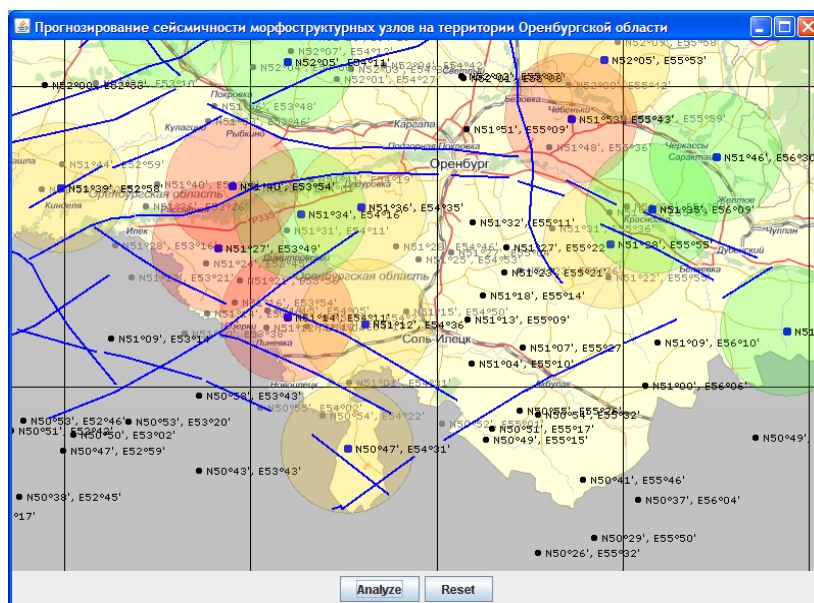


Рисунок 1- Результат классификации морфоструктурных узлов на месторождениях УВ в Южном Предуралье

На карте отображена координатная сетка, тектонические нарушения, морфоструктурные узлы, события и их координаты до проведения классификации. Узлы и зоны вокруг них выделены различным цветом, в зависимости от класса, в который они попали после классификации.

По данным пятилетних наблюдений за сейсмичностью на месторождениях УВ в Южном Предуралье, выявлено, что в пределах 5 км от разломов плотность событий составляет 0,00263 ед./км²год. В полосе на расстоянии от 5 до 10 км от разлома она уменьшается на 23 % - до 0,00203. За пределами 10 км

от разлома количество событий уменьшается в 2 – 3 раза в сравнении с их количеством в зонах ближе 5 км и близко к средней плотности сейсмических событий во всей контролируемой сети сейсмических станций территории нефтегазоносного Южного Предуралья, равной 0,0008 ед./км²год. В зоне разломов, составляющей 1 % контролируемой сейсмическим мониторингом территории Южного Предуралья, происходит около 30 % всех событий.

За пределами разрабатываемых месторождений УВ на удалении от них более чем 15 км выделившаяся энергия сейсмических событий менее 10⁴ Дж/км² · год и заметного влияния на суммарную выделившуюся энергию в регионе не оказывает.

В расчете на тысячу квадратных километров за год в зоне планетарно-тектонической трещиноватости происходит около 9 событий с выделением сейсмической энергии на некоторых участках до 10⁹ Дж/км² · год, а в среднем в зоне разломов выделяется 7,03 · 10⁶ Дж/км² · год. На всей контролируемой сейсмической сети территории в расчете на тысячу квадратных километров за год происходит 2-3 события с выделением сейсмической энергии до 1,14 · 10⁶ Дж/км² · год. Это в 7 раз меньше среднего ее выделения в зоне разломов и более чем в 1000 раз больше, чем среднее выделение энергии при сейсмических событиях внутри блоков на расстоянии более 15 км от разломов.

Для выявления и исследования закономерностей распределения сейсмической активности в районах разработки месторождений углеводородов построены полосовые и полигональные буферные зоны с различным шагом.

Таблица 3. Анализ сейсмической активности в районе месторождений углеводородов в зависимости от расстояния до разломов за 2008 – 2015 гг.

Расстояние до разлома, км	Площадь зоны, км ²	Среднее количество событий в среднем за год	% от общего числа событий	Среднее количество событий 10-3 ед./км ²	Суммарная выделившаяся энергия, Дж/год	Плотность выделившейся энергии, Дж/км ² · год
0 – 5	3532	16	27	4,4	3,69 · 10 ¹⁰	1,04 · 10 ⁷
5 – 10	3444	10,7	17	2,9	2,40 · 10 ¹⁰	0,69 · 10 ⁷
10 - 15	3494	5	7	1,2	0,66 · 10 ¹⁰	0,20 · 10 ⁷
15 – 20	4010	3,8	7	0,9	<10 ⁹	<10 ⁶
Южное Предуралье	661706	57,7	100	0,8	7,56 · 10 ¹⁰	0,11 · 10 ⁶

Используя эти данные о расстояниях от сейсмических событий до разломов, построена гистограмма распределения, которая представлена на рис. 8, математическое ожидание $M=3,43$ км и среднеквадратическое отклонение $S=30$ км.

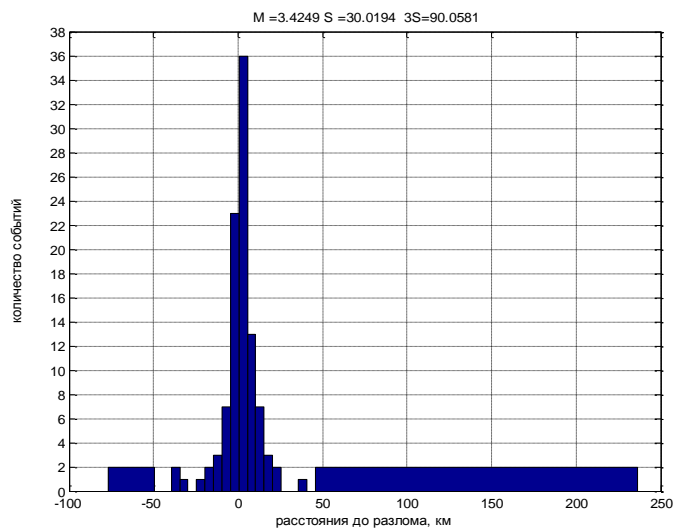


Рисунок 2- Гистограмма распределения всех сейсмических событий каталога в зависимости от расстояния до разломов.

Анализ распределения сейсмической активности недр показывает, что основная часть сейсмических событий располагается в районах интенсивно разрабатываемых месторождений углеводородов (табл. 4). Территории, удаленные от зон техногенных нарушений (центральная и восточная части Предуральского краевого прогиба, юго-восток Прикаспийской синеклизы и др.) имеют значительно меньшую частоту сейсмических событий и вероятно они вызваны естественными тектоническими процессами. События, произошедшие в зонах техногенных нарушений геологической среды (добыча нефти и газа и др.) происходят более часто и имеют более сложную природу, и их, по-видимому, следует относить к техногенным или природно-техногенным.

Таблица 4. Плотность зарегистрированных событий и выделившейся сейсмической энергии в районе месторождений УВ

Расстояние до месторождения км	Площадь, км ²	Событий в год	% от общего числа событий	Плотность событий, ед./км ² год	Сумм. выделившаяся энергия, Дж/год	Плотн. выделившейся энергии, Дж/км ² ·год
В контуре месторождений	3582	9,7	17	0,0027	$1,01 \cdot 10^{10}$	$2,81 \cdot 10^6$
0-5	3129	4,7	8	0,0015	$0,93 \cdot 10^{10}$	$2,96 \cdot 10^6$

5-10	4360	6,7	12	0,0015	$0,56 \cdot 10^{10}$	$1,29 \cdot 10^6$
Южное Предуралье	661706	57,7	100	0,0008	$7,56 \cdot 10^{10}$	$0,11 \cdot 10^6$

Выявлено, что в контурах месторождений нефти и газа плотность событий составляет в среднем $0,0027$ ед./км² в год. В полосовой зоне ограниченной расстояниями до 10 км от месторождения она уменьшается на 44 % до 0,0015. За пределами 10 км от месторождений количество событий уменьшается в 3-4 раза в сравнении с их количеством в контуре месторождений с плотностью $0,0008$ ед./км² в год. Следовательно, на 1,6 % территории в контуре месторождений и 10 км вокруг них происходит более 35 % всех событий на контролируемой сейсмическим мониторингом общей территории Южного Предуралья.

Список литературы

1. *Нестеренко М.Ю., Никонорова О.А. Распознавание геодинамических неустойчивых зон районов эксплуатируемых нефтегазовых месторождений // Устойчивое развитие территорий: управление природными, техногенными, пожарными, биолого-социальными и экологическими рисками: материалы международной научно-практической конференции 5-7 октября 2011 года. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2011. – 236 с. – С.185 – 188.*
2. *Bradley, P. Scaling clustering algorithms to large databases [Текст] / P. Bradley, U.M. Fayyad, C.A. Reina. – Proc. 4th Int. Conf. Knowledge Discovery and Data Mining, AAAI Press, Menlo Park, Calif., 1998. - pp.9-15.*
3. *Котов, А. Кластеризация данных [Текст] / А. Котов, Н.С. Красильников. – СПб.: БХВ-Петербург, 1998. – 36 с.*