

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 4, Number 308 (2016), 53 – 60

УДК 550.348

## FORMALISED ASSESSMENT OF THE EARTH CRUST SEISMIC POTENTIAL ( $M_{max}$ ) OF KAZAKHSTAN BASED ON A COMPLEX OF SEISMOGEOPHYSICAL PARAMETERS

T. Abakanov<sup>1</sup>, A.B. Sadykova<sup>2</sup>, A.N. Li<sup>3</sup>, N.P. Stepanenko<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Director, Doctor of Technical Sc., KazNANS academician, LLP «Institute of Seismology», Almaty;

<sup>2</sup> Head of the Laboratory, Doctor of Physical and Mathematical Sc., LLP «Institute of Seismology», Almaty;

<sup>3</sup> Deputy of Director, Candidate of Physical and Mathematical Sc., corresponding member of KazNANS, LLP  
«Institute of Seismology», Almaty;

<sup>4</sup> Head of the Laboratory, Candidate of Technical Sc., LLP «Institute of Seismology», Almaty

**Keywords:** seismogenic zones, seismic potential, magnitude, seismological and geophysical parameters, the earth crust.

**Abstract:** The studies on spatial distribution of seismological and geological-geophysical parameters on a formalized basis were carried out to determine seismogenic zones and define their seismic potential  $M_{max}$  when assessing seismic hazard and general seismic zonation (GSZ) of the territory of Kazakhstan. The procedures of factor analysis and methods of automatic (without a teacher) classification of objects were used as a mathematical model for the statistical studies of seismogeophysical data.

## ФОРМАЛИЗОВАННАЯ ОЦЕНКА СЕЙСМОПОТЕНЦИАЛА ( $M_{max}$ ) ЗЕМНОЙ КОРЫ КАЗАХСТАНА ПО КОМПЛЕКСУ СЕЙСМОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Т. Абаканов<sup>1</sup>, А.Б. Садыкова<sup>2</sup>, А.Н. Ли<sup>3</sup>, Н.П. Степаненко<sup>4</sup>

<sup>1</sup> директор, д.т.н., академик КазНАЕН, ТОО «Институт сейсмологии», Алматы;

<sup>2</sup> заведующая лабораторией, д.ф.-м.н., ТОО «Институт сейсмологии», Алматы;

<sup>3</sup> зам. директора, к.ф.-м.н., член корр. КазНАЕН, ТОО «Институт сейсмологии», Алматы;

<sup>4</sup> заведующая лабораторией, к.т.н., ТОО «Институт сейсмологии», Алматы

**Ключевые слова:** сейсмогенерирующие зоны, сейсмopotенциал, магнитуда, сейсмологические и геофизические параметры, земная кора.

**Аннотация.** С целью выделения сейсмогенерирующих зон и определения их сейсмического потенциала  $M_{max}$  при оценке сейсмической опасности и общем сейсмическом зонировании (ОСЗ) территории Казахстана проведены исследования пространственного распределения сейсмологических и геолого-геофизических параметров на формализованной основе. Математической моделью для статистического исследования многомерных сейсмогеофизических данных послужили процедуры факторного анализа и методы автоматической (без учителя) классификации объектов.

Сейсмологические исследования в Казахстане длительное время проводились преимущественно в пределах высокосейсмичной юго-восточной и умеренносейсмичной восточной

территорий, где известны разрушительные землетрясения с магнитудами  $M \geq 7$ . Значительную площадь здесь занимают чрезвычайно опасные в сейсмическом отношении 8-9-балльные зоны.

В пределах платформенных областей, к числу которых можно отнести обширные районы Казахского щита, Туранской плиты, Прикаспийской впадины и южного Урала, в настоящее время известны землетрясения меньших магнитуд. Преобладающая часть этой территории до недавнего времени считалась практически асейсмичной с соответствующим данной оценке отношением научных и директивных органов. Ситуация существенно изменилась после охвата большей части территории Республики сейсмическими наблюдениями, что открыло возможность уделять внимание систематическим исследованиям и на территориях центральной, западной, восточной частей Казахстана, первые результаты которых незамедлительно позволили перевести эти территории в разряд слабосейсмичных.

Оценка уровня потенциальной сейсмической опасности для этих районов представляет исключительную важность в связи с бурным развитием здесь в последние годы промышленности, нефтегазовых комплексов и т.д. Кроме того, для нефтедобывающих районов характерна техногенная сеймотектоническая активизация.

Самым сложным и наиболее ответственным звеном в исследованиях по сейсмическому зонированию (районированию) является идентификация зон возникновения очагов землетрясений (сейсмогенерирующих зон), определение их сеймопотенциала ( $M_{max}$ ) и параметров сейсмического режима, поскольку от этого зависит надежность всех последующих построений. Эта проблема всегда занимала и занимает центральное место в сейсмологии.

Различают два подхода к оценке величины  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ): физический и статистический (корреляционный).

К корреляционным методам выделения потенциальных зон возникновения очагов землетрясений с оценкой величины  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ), разработанным применительно к территории Казахстана, относятся [1-3 и др.]:

1. Определение  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ) по распределению сейсмичности.
2. Определение  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ) по уровню сейсмической активности и плотности эпицентров землетрясений.
3. Определение  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ) по методу Ю.В. Ризниченко.
4. Определение  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ) по теории экстремальных величин.
5. Определение  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ) по графикам Бенъоффа.
6. Определение  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ) по глубинному распределению землетрясений и мощности сейсмоактивного слоя.
7. Определение  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ) по пространственному распределению удельной мощности источников сейсмической энергии ( $\omega$ ).
8. Определение  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ) по значениям дробности среды (параметр  $\gamma$ ).
9. Определение  $M_{max}$  ( $K_{max}$ ) по значениям сеймотектонического деформирования среды (параметр  $\mu$ ).

Результаты исследований представляются в виде пакета карт и структурных схем.

**Формализованная оценка  $M_{max}$  по комплексу геофизических и сейсмологических параметров.** При выполнении работ по общему сейсмическому зонированию (ОСЗ) территории Казахстана разработана новая методика выделения сейсмогенерирующих зон и определения сейсмического потенциала земной коры  $M_{max}$  на основе формализованной оценки комплекса геофизических и сейсмологических параметров [3-6]. Особо важное значение многопараметрическое моделирование земной коры приобретает для слабосейсмичных платформенных территорий, которые характеризуются дефицитом информации о пространственно-временном режиме сейсмичности. Здесь при проведении сейсмологических исследований, особенно по оценке сейсмической опасности, успех, в значительно большей степени, чем в высокосейсмичных районах, зависит от создания полноценной глубинной геофизической и геолого-тектонической основы. При этом одной из важнейших проблем является развитие методики интегрированной интерпретации многомерной информации [4-6].

Развитие компьютерных технологий позволило по-новому подойти к интерпретации данных комплексных сейсмогеофизических исследований путем привлечения современного аппарата многомерного статистического анализа.

Применительно к сейсмологии комплексным подходом к обработке исходных геолого-геофизических и сейсмологических данных на формализованной основе занимались многие исследователи [7-12]. В результате, на базе алгоритмов распознавания образов, разработаны различные приемы, которые применялись при решении задач выявления мест возможного возникновения очагов землетрясений и оценки долговременной сейсмической опасности.

Наши исследования, связанные с развитием приемов интегрированного анализа на формализованной основе, базируются на процедурах, обеспечивающих изучение статистической структуры многомерной выборки, составленной из данных натурального эксперимента. Наиболее подходящей математической моделью для статистического исследования многомерных сейсмогеофизических данных можно считать, как показывает опыт, процедуры факторного анализа и методы автоматической классификации объектов [13-16].

Для выявления сейсмогенерирующих зон с оценкой их сейсмopotенциала по комплексу сейсмологических и геофизических параметров проведено исследование с применением факторного анализа (метода главных компонент) [3, 6, 15-19]. При решении задач геофизики этот метод используется для создания обобщенной статистической модели земной коры, в компактном виде характеризующей морфологические особенности геофизических неоднородностей различных иерархических уровней, выделения свойств неоднородностей, несущих геодинамическую нагрузку, снижения размерности исходной выборки для использования ее в задаче автоматической классификации для оконтуривания геофизических неоднородностей, а также для выделения сейсмогенерирующих структур [16-19].

Суть метода главных компонент состоит в замене первоначальных коррелированных признаков на некоррелированные (независимые) признаки, называемые компонентами. Метод главных компонент дает возможность по  $n$ -числу исходных признаков выделить  $m$  главных компонент или обобщенных признаков [14]. Полученные путем преобразования исходных величин компоненты можно упорядочить в соответствии с долей дисперсии, которую они определяют в совокупной изменчивости первоначальных признаков, и тем самым выделить среди компонент наиболее значимые, определяющие основные закономерности в исследуемой области.

Исследования, направленные на разработку методики интегрированной интерпретации сейсмологических и геофизических данных, выполнялись на территории Казахстана и смежных районов, ограниченной координатами  $39^{\circ}00'-56^{\circ}00'$  с.ш. и  $48^{\circ}00'-88^{\circ}00'$  в.д. Исходными данными для реализации процедуры факторного анализа явилась электронная база сейсмологических и геолого-геофизических данных, в виде карт в масштабе 1:2500000.

Методика оцифровки карт состояла в следующем: для векторизации применена равнопромежуточная цилиндрическая проекция, использующая координаты широты и долготы. В результате получены векторные слои, содержащие точечные данные, по которым с заранее выбранным пространственным шагом проведена их растеризация для трех вариантов размеров ячеек:  $10 \times 10$  км;  $20 \times 20$  км;  $40 \times 40$  км. В случае необходимости, можно вырезать растры одинакового пространственного размера, а также преобразовать полученные данные в любую географическую проекцию. Все растры экспортируются в текстовой формат для дальнейшей обработки [6].

На начальной стадии анализа исходные сейсмологические и геофизические параметры (12 признаков) исследованы на линейность и нормальность распределений. В большинстве случаев характер связи между параметрами имеет линейный вид, за исключением параметра  $\omega$ . В связи с этим последний использовался в логарифмическом масштабе ( $lg\omega$ ). Анализ графиков плотности функции распределения экспериментальных данных показал, что в большинстве случаев они не противоречат гипотезе нормальности.

Список сейсмологических и геофизических признаков, матрицы коэффициентов парной корреляции между ними и другие характеристики использованных параметров приведены в

таблицах 1-3.

Таблица 1 - Список исходных сейсмологических (1-5) и геофизических (6-12) признаков

Название признака	№
Плотность эпицентров слабых землетрясений ( $N$ )	1
Мощность сейсмоактивного слоя ( $H$ )	2
Интенсивность сильных землетрясений ( $I$ )	3
Сейсмическая активность ( $A_{10}$ )	4
Мощность источников сейсмической энергии ( $\omega$ )	5
Гравитационное поле ( $G$ )	6
Внутрикоровая составляющая гравитационного поля ( $G_K$ )	7
Локальная составляющая гравитационного поля ( $G_L$ )	8
Глубина подошвы земной коры ( $H_M$ )	9
Высота дневного рельефа ( $H_P$ )	10
Амплитуда деформаций за новейшее время ( $D$ )	11
Глубина залегания кровли докембрийских образований ( $Vp = 6,0$ км/сек)	12

Анализ корреляционных связей между исходными признаками различной физической природы показал, что значительная часть геофизических параметров хорошо коррелируется с рядом характеристик сейсмичности [3, 6]. Так, сейсмологические параметры имеют высокую корреляцию с гравитационным полем, глубиной подошвы земной коры, амплитудой деформаций за новейшее время, глубиной залегания кровли докембрийских образований и др.

Таблица 2 - Корреляционная матрица исходных сейсмологических и геофизических признаков

К	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.000	.989	.984	.969	.983	.753	-.187	.830	.966	.383	.693	.982
2	.989	1.000	.999	.974	.999	.786	-.180	.844	.970	.335	.680	.994
3	.984	.999	1.000	.977	1.000	.792	-.180	.845	.968	.323	.673	.994
4	.969	.974	.977	1.000	.975	.764	-.174	.823	.935	.336	.656	.973
5	.983	.999	1.000	.975	1.000	.793	-.179	.845	.968	.321	.671	.994
6	.753	.786	.792	.764	.793	1.000	-.129	.924	.711	.022	.316	.777
7	-.187	-.180	-.180	-.174	-.179	-.129	1.000	-.205	-.176	-.144	-.161	.180
8	.830	.844	.845	.823	.845	.924	-.205	1.000	.818	.307	.568	.841
9	.966	.970	.968	.935	.968	.711	-.176	.818	1.000	.450	.750	.965
10	.383	.335	.323	.336	.321	.022	-.144	.307	.450	1.000	.692	.341
11	.693	.680	.673	.656	.671	.316	-.161	.568	.750	.692	1.000	.678
12	.982	.994	.994	.973	.994	.777	-.180	.841	.965	.341	.678	1.000

Таблица 3 - Коэффициенты корреляции главных компонент (ГК) с исходными признаками

К	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 ГК	.983	.990	.989	.971	.989	.802	-.214	.890	.975	.412	.729	.987
2 ГК	-.013	-.065	-.078	-.064	-.081	-.467	-.202	-.161	.076	.834	.565	-.058
3 ГК	.027	.025	.022	.027	.022	-.073	.954	-.072	.055	.102	.117	.025
4 ГК	.105	-.106	-.106	-.113	-.106	.350	.053	.398	-.084	.263	-.023	-.107
5 ГК	-.062	-.028	-.026	-.069	-.026	.022	-.004	.084	-.020	-.234	.366	-.037
6 ГК	-.001	.014	.006	-.169	.014	-.004	-.001	.002	.156	-.008	-.026	.002
7 ГК	.036	-.025	-.033	.043	-.035	-.090	.004	.096	.045	-.025	-.024	-.015
8 ГК	-.103	-.025	.003	.067	.003	.017	-.002	-.017	.075	.001	-.001	-.017

Результаты проведенного компонентного анализа сейсмологических и геофизических признаков приведены на рисунке 1 в виде карты комплексной характеристики сейсмогеодинамического состояния земной коры Казахстана и смежных районов.

Известно, что магнитуда (энергетический класс) землетрясения зависит от скорости деформирования, размера области накопления напряжений, мощности деформируемого слоя, т.е. сейсмopotенциал земной коры зависит от интенсивности тектонического процесса в литосфере [3, 15-16]. Исходя из этого, зафиксированную за историческое время максимальную магнитуду землетрясения можно рассматривать в качестве одной из комплексных физических характеристик современной геодинамической активности литосферы. Для сопоставления сейсмичности с комплексными сейсмологическими или геофизическими полями, использовалась карта эпицентров (наиболее точных) сильных ( $M \geq 5,0$ ;  $K \geq 13$ ) землетрясений, произошедших за последние 150 лет.

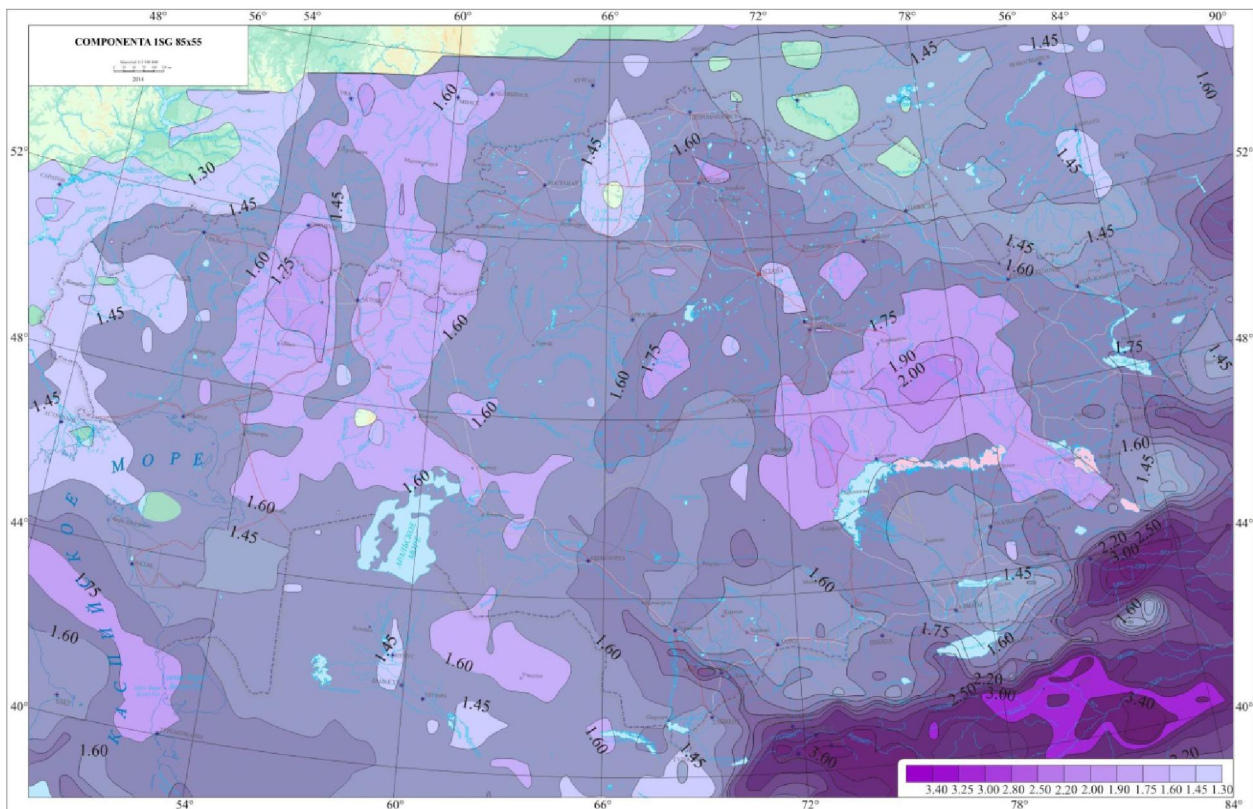


Рисунок 1 - Карта комплексной характеристики сейсмогеодинамического состояния земной коры Казахстана и смежных районов по сейсмологическим и геофизическим параметрам (1 составляющая)

Установлено, что первая главная компонента связана с сильными землетрясениями (рисунок 2), причем в ее формировании участвуют как сейсмологические, так и геофизические признаки.

Физико-математическая модель взаимосвязи сейсмологических и геофизических признаков выражается следующими уравнениями:

$$Z_1 = -1,18 + 0,52M; \quad (1)$$

$$Z_1 = 0,33N + 0,33H + 0,33I + 0,32A_{10} + 0,33lg\omega + 0,27G + 0,30G_L + 0,33H_M + 0,24D + 0,33V_P; \quad (2)$$

$$M = 0,64N + 0,64H + 0,64I + 0,62A_{10} + 0,64lg\omega + 0,52G + 0,58G_L + 0,64H_M + 0,46D + 0,64V_P + 2,3, \quad (3)$$

где  $M$  – магнитуда максимального возможного землетрясения,  $Z_1$  – значение первой главной компоненты.

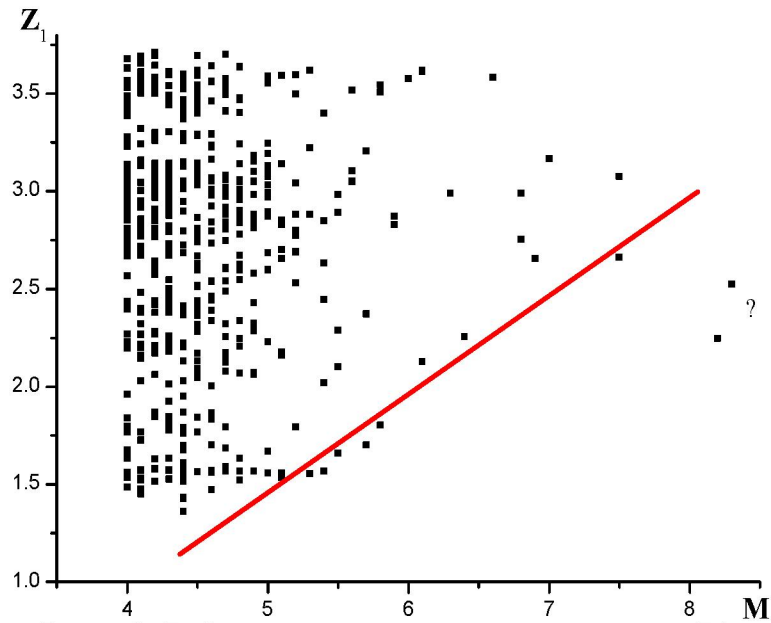


Рисунок 2 - График зависимости комплексной характеристики ( $Z_1$ ) сейсмогеодинамического состояния земной коры (по сейсмологическим и геофизическим данным) от магнитуды землетрясений ( $M$ )

Из уравнения (3) видно, что величина сейсмического потенциала увеличивается с возрастанием значений как сейсмических (мощность источников сейсмической энергии, толщина сейсмоактивного слоя и сейсмическая активность слабых землетрясений), так и геофизических (поле силы тяжести и его составляющих, глубина подошвы земной коры, амплитуда деформаций за новейшее время, глубина залегания кровли докембрийских образований) параметров.

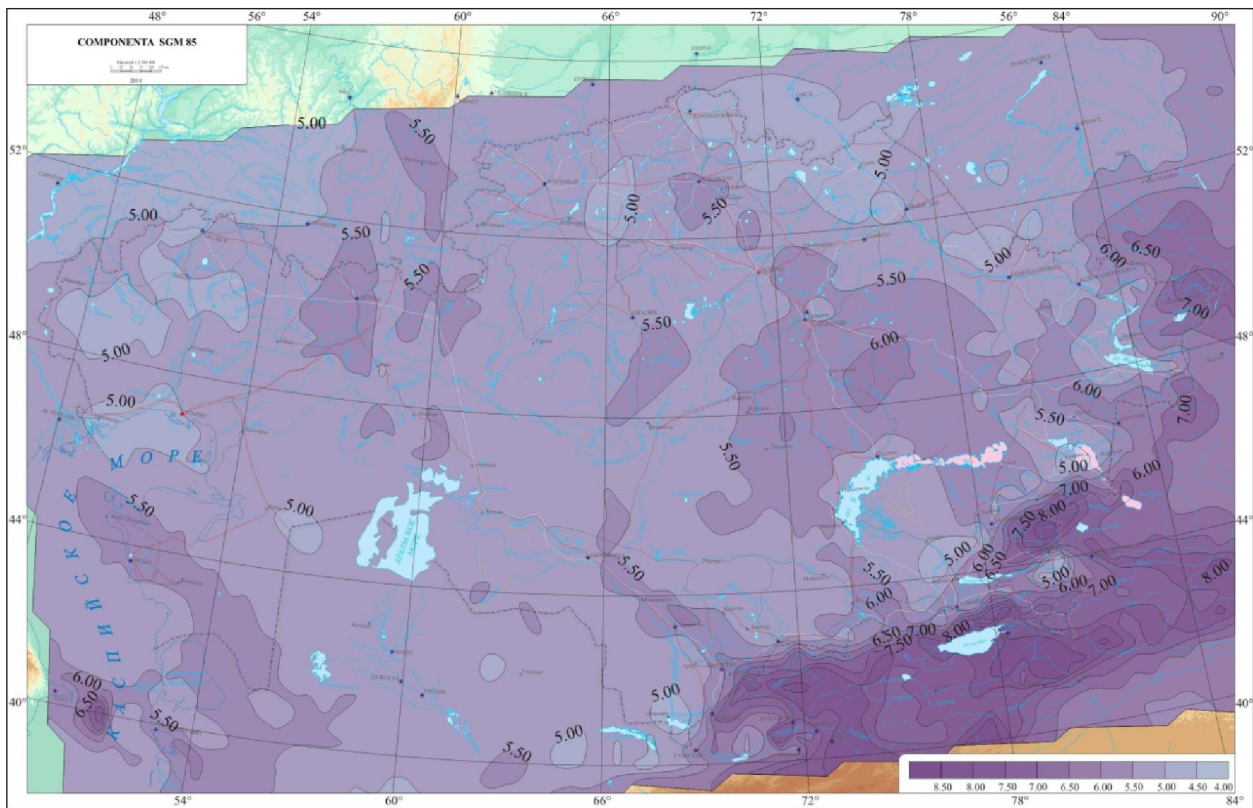


Рисунок 3 - Карта сейсмического потенциала ( $M_{max}$ ) земной коры Казахстана и смежных районов

по комплексу геофизических и сейсмологических параметров

По комплексу геофизических и сейсмологических параметров выполнены расчеты по определению значений  $M_{max}$ , которые представлены в виде карты сеймопотенциала земной коры Казахстана и смежных районов (рисунок 3), интегрировано отображающей все многообразие сейсмического потенциала земной коры Казахстана, с изолиниями значений магнитуд  $M_{max}$  в диапазоне от 4,0 до 9,0.

Наибольших значений поле магнитуд достигает в пределах орогенов Северного Тянь-Шаня, Джунгарии, Тарбагатая, Алтая, Каратау и Копетдага. По уровню поля, форме и простирацию его изолиний отчетливо выделяются структуры древней платформы Прикаспийской впадины, молодой Туранской платформы, щит (Казахский) молодой платформы. Прикаспийская впадина характеризуется в основном не высокими значениями магнитуд, равными 5,0-5,5. В пределах орогенов Урала и Мугоджар наблюдаются островки со значениями  $M_{max}=5,5$ . Туранская плита в целом, как и преобладающая часть территории Казахского щита, характеризуется преимущественно низким спокойным полем сейсмического потенциала. Лишь в районе гор Кызылтас и Ешкиольмес отмечены изолинии со значениями  $M_{max}=6,0$ .

Таким образом, разработана методика формализованного анализа комплекса сейсмологических и геофизических данных для оценки величины сейсмического потенциала земной коры Казахстана; создана физико-математическая модель взаимосвязи  $M_{max}(K_{max})$  с исходными сейсмогеофизическими признаками; установлено, что показателями повышенной геодинамической активности среды являются мощность земной коры, высота рельефа земной поверхности, мощность источников сейсмической энергии, толщина сейсмоактивного слоя и сейсмическая активность землетрясений.

Использование разработанной методики позволило существенно дополнить и усовершенствовать методологию выделения сейсмогенерирующих зон и оценки сеймопотенциала ( $M_{max}$ ) [6, 17-19] как в высокосейсмичных, заведомо известных, сейсмоопасных районах так и платформенных областях в центральной, северо-восточной и западной частях территории Казахстана, считавшихся ранее асейсмичными.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. Избранные труды. М.: Наука, 1985. 406 с.
- [2] Бенъофф Г. Накопление и высвобождение деформации по наблюдениям сильных землетрясений // Слабые землетрясения. М.: Иностранная литература, 1961. С.199-210.
- [3] Сыдыков А. Сейсмический режим территории Казахстана. Алматы: Гылым, 2004. 270 с.
- [4] Сыдыков А., Садыкова А.Б., Горбунов П.Н. Оценка сейсмической опасности по комплексу геофизических и сейсмологических данных // Естественно-гуманитарные науки и их роль в подготовке инженерных кадров (Труды международной научно-практической конференции). Алматы. 2002. С.235-239.
- [5] Садыкова А.Б. Комплексный анализ сейсмологических и геофизических данных для Прикаспийского региона // Известия НАН РК. Серия геологическая. 2009. №3. С.83-88.
- [6] Садыкова А.Б. Сейсмическая опасность территории Казахстана. Алматы: Хай Текнолоджи. 2012. 267 с.
- [7] Николаев В.А. Карта геодинамического районирования Восточно-Европейской платформы для новейшего тектонического этапа // Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов. Воронеж. 2001. С.149-151.
- [8] Николаев В.А. К вопросу об унаследованности в развитии структур Восточно-Европейской платформы // Там же. С.151-153.
- [9] Хромовский В.С., Обухова Л.Г. Связь сейсмичности с некоторыми геолого-геофизическими характеристиками Байкальской рифтовой зоны // Геодинамика внутриконтинентальных горных областей. Новосибирск. С.256-265.
- [10] Гвишиани А.Д., Горшков А.И., Ранцман Е.Я. и др. Прогнозирование мест землетрясений в районах умеренной сейсмичности. М.: Мир, 1988. 176 с.
- [11] Ивановская Л.В., Фирсова Д.Б., Хоменок Ю.В., Шукин Ю.К. Долговременное прогнозирование сейсмической опасности по комплексу геолого-геофизических данных. М.: Наука, 1988. 110 с.
- [12] Гольдшмидт В.И. Комплексный анализ некоторых геолого-геофизических параметров литосферы Казахстана // Изв. АН КазССР. Серия геол. 1987. №6. С.14-23.
- [13] Харман Г. Современный факторный анализ. Москва «Статистика». 1972. 486 с.
- [14] Айвазян С.А., Бухшпобер С.А., Енюков И.С. и др. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.
- [15] Тимуш А.В. Сейсмоструктура литосферы Казахстана. Алматы: Luxe Media Group, 2011. 590 с.
- [16] Степаненко Н.П., Сыдыков А., Тимуш А.В., Садыкова А.Б., Кайдаш Т.М., Белоусова Н.П. Сеймопотенциал ( $M_{max}$ ) земной коры Прикаспийского региона по сейсмогеофизическим и динамическим параметрам среды // Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии. Сборник докладов 7-й Казахстанско-Китайского международного симпозиума. 2010. Алматы. С.436-440.
- [17] Сыдыков А., Садыкова А.Б. Особенности сейсмичности и сейсмического режима территории Казахстана // Геология и охрана недр. 2007. №2. С.58-61.

[18] Sydykov A., Sadykova A.B., Gorbynov P.N. Seismic risk in Northern Tien-Shan across geophysical and seismological data // Problems of destructive earthquake disaster prevention. Almaty, 2003. P.135-141.

[19] Сыдыков А., Садыкова А.Б., Горбунов П.Н. Сейсмическая опасность Северного Тянь-Шаня по комплексу геофизических и сейсмологических данных // INLAND EARTHQUAKE. Urumqi. China. 2006. Vol.20. №3. P.282-288.

[20] Тимущ А.В., Тарадаева Т.В., Степаненко Н.П., Садыкова А.Б., Сыдыков А. Сейсмогенерирующие зоны Казахстана. Алматы: Хай Текнолоджи. 2012. 83 с.

## REFERENCES

- [1] Riznichenko Ju.V. Problemy seismologii. Izbrannye trudy. M.: Nauka, 1985. 406 p. (in Russ.).
- [2] Ben'off G. Nakoplenie i vysvobozhdenie deformacii po nabljudenijam sil'nyh zemletrjasenij. Slabye zemletrjasenija. M.: Inostrannaja literatura, 1961. 199-210. (in Russ.).
- [3] Sydykov A. Sejsmicheskij rezhim territorii Kazahstana. Almaty: Fylym, 2004. 270 p. (in Russ.).
- [4] Sydykov A., Sadykova A.B., Gorbunov P.N. Ocenka sejsmicheskoy opasnosti po kompleksu geofizicheskikh i sejsmologicheskikh dannyh. *Estestvenno-gumanitarnye nauki i ih rol' v podgotovke inzhenernykh kadrov (Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii)*. Almaty. 2002. 235-239. (in Russ.).
- [5] Sadykova A.B. Kompleksnyj analiz sejsmologicheskikh i geofizicheskikh dannyh dlja Prikaspijskogo regiona. *Izvestija NAN RK. Serija geologicheskaja*. 2009. №3. 83-88. (in Russ.).
- [6] Sadykova A.B. Sejsmicheskaja opasnost' territorii Kazahstana. Almaty: Haj Teknologzhi. 2012. 267 p. (in Russ.).
- [7] Nikolaev V.A. Karta geodinamicheskogo rajonirovaniya Vostochno-Evropejskoj platformy dlja novejshego tektonicheskogo jetapa. *Sovremennaja geodinamika, glubinnoe stroenie i sejsmichnost' platformnykh territorij i sopredel'nyh regionov*. Voronezh. 2001. 149-151. (in Russ.).
- [8] Nikolaev V.A. K voprosu ob unasledovannosti v razvitii struktur Vostochno-Evropejskoj platformy. Voronezh. 2001. 151-153. (in Russ.).
- [9] Hromovskij V.S., Obuhova L.G. Svjaz' sejsmichnosti s nekotorymi geologo-geofizicheskimi harakteristikami Bajkal'skoj riftovoj zony. *Geodinamika vnutrikontinental'nyh gornyh oblastej*. Novosibirsk. 256-265. (in Russ.).
- [10] Gvishiani A.D., Gorshkov A.I., Rancman E.Ja. i dr. Prognozirovanie mest zemletrjasenij v rajonah umerennoj sejsmichnosti. M.: Mir, 1988. 176 p. (in Russ.).
- [11] Ivanovskaja L.V., Firsova D.B., Homenjuk Ju.V., Shhukin Ju.K. Dolgovremennoe prognozirovanie sejsmicheskoy opasnosti po kompleksu geologo-geofizicheskikh dannyh. M.: Nauka, 1988. 110 p. (in Russ.).
- [12] Gol'dshmidt V.I. Kompleksnyj analiz nekotorykh geologo-geofizicheskikh parametrov litosfery Kazahstana. *Izvestia AN KazSSR. Serija geol.* 1987. №6. 14-23. (in Russ.).
- [13] Harman G. Sovremennyy faktornyj analiz. Moskva «Statistika». 1972. 486 p. (in Russ.).
- [14] Ajvazjan S.A., Buhshober S.A., Enjukov I.S. i dr. Klassifikacija i snizhenie razmernosti. M.: Finansy i statistika, 1989. 607 p. (in Russ.).
- [15] Timush A.V. Sejsmotektonika litosfery Kazahstana. Almaty: Luxe Media Group, 2011. 590 p. (in Russ.).
- [16] Stepanenko N.P., Sydykov A., Timush A.V., Sadykova A.B., Kajdash T.M., Belousova N.P. Sejsmopotencial ( $M_{max}$ ) zemnoj kory Prikaspijskogo regiona po sejsmogeofizicheskim i dinamicheskim parametram sredy. *Prognoz zemletrjasenij, ocenka sejsmicheskoy opasnosti i sejsmicheskogo riska Central'noj Azii. Sbornik dokladov 7-j Kazahstansko-Kitajskogo mezhdunarodnogo simpoziuma*. 2010. Almaty. 436-440. (in Russ.).
- [17] Sydykov A., Sadykova A.B. Osobennosti sejsmichnosti i sejsmicheskogo rezhima territorii Kazahstana. *Geologija i ohrana nedr*. 2007. №2. 58-61. (in Russ.).
- [18] Sydykov A., Sadykova A.B., Gorbynov P.N. Seismic risk in Northern Tien-Shan across geophysical and seismological data. *Problems of destructive earthquake disaster prevention*. Almaty, 2003. P.135-141. (in Russ.).
- [19] Sydykov A., Sadykova A.B., Gorbunov P.N. Sejsmicheskaja opasnost' Severnogo Tjan'-Shanja po kompleksu geofizicheskikh i sejsmologicheskikh dannyh. *INLAND EARTHQUAKE*. Urumqi. China. 2006. Vol.20. №3. P.282-288. (in Russ.).
- [20] Timush A.V., Taradaeva T.V., Stepanenko N.P., Sadykova A.B., Sydykov A. Sejsmogenirujushhie zony Kazahstana. Almaty: Haj Teknologzhi. 2012. 83 p. (in Russ.).

## СЕЙСМОГЕОФИЗИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ КЕШЕНІ БОЙЫНША ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖЕР ҚЫРТЫСЫ СЕЙСМОПОТЕНЦИАЛЫНЫҢ ( $M_{max}$ ) НЫСАНДАНДЫРЫЛҒАН БАҒАЛАУЫ

Абаканов Т.<sup>1</sup>, Садыкова А.Б.<sup>2</sup>, Ли А.Н.<sup>3</sup>, Степаненко Н.П.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> директор, т.ғ.д., ҚазЖҒҒА академигі, ЖПС «Сейсмология институты», Алматы;

<sup>2</sup> лаборатория меңгерушісі ф.-м.ғ.д., ЖПС «Сейсмология институты», Алматы;

<sup>3</sup> директор орын., ф.-м.ғ.к., ҚазЖҒҒА корп. мүшесі, ЖПС «Сейсмология институты», Алматы;

<sup>4</sup> лаборатория меңгерушісі, т.ғ.к., ЖПС «Сейсмология институты», Алматы

**Түйін сөздер:** сейсмогенді белдемдер, сейсмопотенциал, магнитуа, сейсмологиялық және геофизикалық параметрлер, жер қыртысы.

**Аннотация.** Қазақстан территориясының сейсмикалық қауіптілігі мен жалпы сейсмикалық зондылаудың (ЖСЗ) сейсмогенді белдемдері мен олардың  $M_{max}$  сейсмикалық потенциалын анықтау мақсатында, қалыптасқан есептеу негізде сейсмологиялық және геолого-геофизикалық параметрлердің кеністіктегі таралуына зерттеу жүргізілген. Көпөлшемді сейсмогеофизикалық мағлұматтардың статистикалық зерттеуінің математикалық үлгісі ретінде факторлық анализ бен объектілердің автоматтық (мұғалімсіз) классификациясы әдістерінің реттемесі қолданылды.

Поступила 26.06.2016 г