

**[В.И. ШАЦИЛОВ¹, А.В. ТИМУШ², Н.П. СТЕПАНЕНКО³,
А. СЫДЫКОВ⁴, А.Б. САДЫКОВА⁵, Т.М. КАЙДАШ⁶, Н.П. БЕЛОУСОВА⁷]**

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОН ВОЗНИКОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩИХ ЗОН) ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Кешенді физикалық және динамикалық параметрлер бойынша жер қыртысын түрлеу жүргізілді. Факторлы және кластерлі талдаулар негізінде жер қыртысының ішкі құрылымын және геодинамикалық жағдайын анықтайтын параметрлер табылды. Сейсмикалық әлеуеттің сілкініс ошақтарының белгілі геотектоникалық аймаққа қатыстырынына тәуелділігі айқындалып, Каспий жағалауы маңындағы тектоникалық емес аймақтар жерінің сейсмикалық әлеуеті бағаланды. Алынған нәтижелер Батыс Қазақстанның әкімшілік аймақтарының сейсмикалық қауіптілігін бағалауда пайдаланылуда.

Проведена типизация земной коры по комплексу физических и динамических параметров. С помощью факторного и кластерного анализа выявлены параметры, отражающие внутреннее строение и геодинамическое состояние земной коры. Показана зависимость сейсмопотенциала от принадлежности очагов землетрясений к определенной геотектонической области и осуществлена оценка сейсмопотенциала земной коры неотектонических областей Прикаспийского региона. Полученные результаты используются для оценки сейсмической опасности административных областей Западного Казахстана.

The typing held for the earth's crust over a range of physical and dynamic parameters. With factorial and cluster analysis the parameters identified that reflect the internal structure and geodynamic state of the earth's crust. The seismopotential depends of belonging to centres of earthquake geotectonic region and assessment carried for seismopotential of earth's crust neotectonic regions of the Caspian region. The results are used to assess seismic hazard-agency administrative regions of Western Kazakhstan.

На территории Западного Казахстана платформы Северного и Восточного Прикаспия традиционно считались геодинамически слабо активными. Однако в последние десятилетия эта точка зрения в значительной степени изменилась, поскольку были установлены многочисленные факты проявления новейших и современных тектонических движений вплоть до возникновения землетрясений [1, 2, 13, 14].

С другой стороны, Прикаспийские районы весьма перспективны на нефть и газ. Здесь происходит бурное развитие нефтегазоперерабатывающей промышленности, сопровождающее строительством различных технологических и селитебных объектов. Все изложенные обстоятельства определили необходимость переоценки имеющихся официальных представлений о сейсмической опасности региона интенсивной нефтедобычи и проведения научно-практических

работ, обеспечивающих мониторинг возможных сейсмических процессов и прогноз сейсмической опасности. Прогноз сейсмопотенциала (M_{max}) земной коры по комплексу геофизических и сейсмологических данных способствует решению этих проблем.

В пределах Западно-Казахстанского региона расположены четыре крупнейшие геотектонические области (рис. 1). На севере это Прикаспийская впадина, являющаяся краевой частью Восточно-Европейской древней платформы. С востока она ограничена Уральско-Мугоджарским эпиплатформенным орогеном, глубинные подвижные разломы от которого дугообразно трассируются к Каспийскому морю и служат зоной сочленения Прикаспийской впадины с Туранской молодой платформой. В структуре ее восточной части, заключенной между Аральским и Каспийским морями, выделяются два крупных

¹⁻⁷ Казахстан, 050060, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, 75а, Институт сейсмологии МОН РК, тел. 2783474

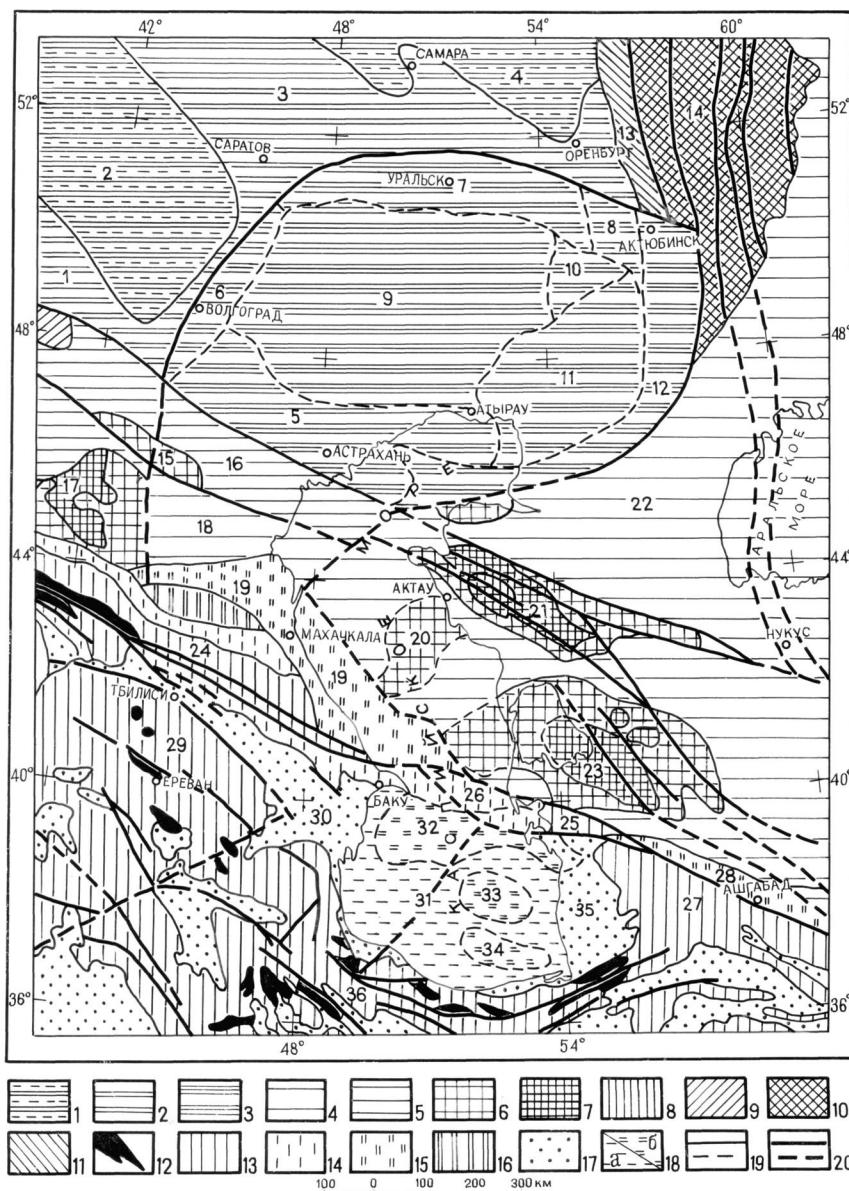


Рис.1. Тектонические структуры Прикаспийского региона (составил А.В. Тимуш по материалам [4-12, 16]): Платформы: 1-3 – с докембрийским фундаментом (Русская плита): 1 – с неглубоким залеганием фундамента (антеклизы), 2 – с глубоким залеганием фундамента (синеклизы), 3 – краевая (перикратонная) синеклиза с глубоко погруженным фундаментом; 4-9 – с палеозойским и раннемезозойским фундаментом (Скифско-Туранская плита): 4 – с относительно неглубоким залеганием фундамента, 5 – с относительно глубоким залеганием фундамента, 6 – внутриплатформенные антиклинальные поднятия, 7 – то же с выходом на поверхность меловых и палеогеновых отложений, 8 – выходы раннемезозойского фундамента в ядрах антиклиналей, 9 – выходы на поверхность средне-позднепалеозойского фундамента. Области герцинской складчатости: 10 – герцинский складчательный комплекс, 11 – герцинский краевой прогиб; Области кайнойской складчатости: 12 – выходы докембрийских и палеозойских пород в ядрах поднятий, 13 – антиклинальные поднятия, сложенные мезозойскими и кайнозойскими породами, 14 – остаточные прогибы на крыльях поднятий, 15 – альпийские краевые прогибы, 16 – относительно приподнятые участки альпийских краевых прогибов, 17 – межгорные впадины; 18 – то же в пределах акватории Каспийского моря (а, б – области глубокого и наиболее глубокого залегания фундамента). 19 – границы тектонических структур и зон, 20 – важнейшие разломы.

Названия структур (цифры на схеме): 1 – Украинская синеклиза, 2 – Воронежская антеклиза, 3 – Пачелмский прогиб, 4 – Волго-Уральская антеклиза, 5-12 – структурные зоны Прикаспийской синеклизы: 5 – Астраханская, 6 – Приволжская, 7 – Узень-Утвинская, 8 – Карабахобдинская, 9 – Центральная, 10 – Кийльская, 11 – Эмбенская. 12 – Южно-Эмбенская, 13 – Предуральский краевой прогиб, 14 – Уральский складчательный пояс, 15 – Южно-Ергенинское поднятие, 16 – вал (кряж) Карпинского, 17 – Южно-Ставропольское поднятие, 18 – Ногайская ступень (впадина), 19 – Терско-Каспийский прогиб, 20 – Песчаномысское поднятие (седловина), 21 – Центрально-Мангышлакское поднятие, 22 – Северо-Устюртский прогиб, 23 – Карабагазское поднятие

– Узень-Утвинское поднятие, 24 – мегантиклиниорий Большого Кавказа, 25 – поднятие Большого Балхана, 26 – Апперонское поднятие (порог), 27 – складчатая система Копет-Дага, 28 – Предкопетдагский прогиб, 29 – складчатая система Малого Кавказа, 30 – Куринская впадина, 31 – Южно-Каспийская впадина, 32 – Апперонско-Прибалханский прогиб, 33 – Западно-Туркменский прогиб, 34 – Предэльбурско-Горганский прогиб, 35 – Горганьдаг-Окаремская ступень, 36 – Эльбурский мегантиклиниорий

района с мощным чехлом осадочных отложений: Северо-Устюртский и Южно-Мангышлак-Устюртский, разделенные Центрально-Мангышлак-Устюртской системой поднятий. На юге в рассматриваемый регион включена Кавказско-Копетдагская область эпигеосинклинального орогенеза, а на западе – юго-восточная часть Восточного Кавказа, представляющего продолжение структур Главного Хребта и южного склона Центрального Кавказа. Северные структуры мегантиклинория скрываются под молассами Терско-Каспийского передового прогиба. Складчатая система Копетдага представлена своей северо-западной частью, погружающейся под Горгань-даг-Окаремскую ступень. В Южно-Каспийской впадине выделяются наиболее погруженные Апшерон-Прибалханский и Западно-Туркменский прогибы.

Интенсивный геодинамический процесс в южной и юго-восточной части Каспийского региона обусловлен погружением Туранской плиты под систему микроплит Альпийско-Гималайского пояса, расположенного к северу от Иранско-Аравийской и Индийской плит. Это создает зону высокой сейсмической активности в области сжатия у хр. Копет-Даг и к югу от него, что несомненно оказывается на развитии естественных полей деформаций и напряжений в зоне Мангышлакско-Устюртских тектонических структур и далее к северу в Прикаспийской впадине.

Факторическая основа. С целью количественного обоснования районирования территории региона по типам земной коры и ее геодинамического состояния проведен комплексный факторный анализ [3] по интегральному геофизическому моделированию на статистической основе. Заметим, что практика последних лет применения этой методики [18] показала, что при выявлении и картировании сейсмогенерирующих зон наиболее эффективно применение градиентов различных физических полей в объеме коры, а для ее районирования по типам – полей в абсолютных значениях параметров. С учетом этого опыта, для анализа выбраны следующие карты и схемы:

1. Карта наблюденного поля силы тяжести (Δg набл.)
2. Карта внутренней структуры консолидированной коры (Δg вк)
3. Карта локальной составляющей поля силы тяжести (Δg лок.)

4. Структурная схема скоростного уровня 6,0 км/с	(6,0)
5. Структурная схема скоростного уровня 6,4 км/с	(6,4)
6. Структурная схема скоростного уровня 6,8 км/с	(6,8)
7. Структура подошвы земной коры	(мох)
8. Схема мощности активной мантии	(Накт)
9. Схема амплитуд вертикальных неотектонических движений	(деф)
10. Схема 1 комплексного сейсмического параметра*	(C1)
11. Схема 2 комплексного сейсмического параметра*	(C2)

*Схемы представлены условными полями предварительной свертки параметров сейсмического режима.

Выбранные параметры наиболее полно отражают особенности строения земной коры и верхней мантии, а также пространственный режим сейсмичности.

Наблюденное поле силы тяжести используется для обзорных региональных обобщений и моделей в сочетании с картами других потенциальных полей и структурно-тектоническими. Внутрикоровая составляющая поля силы тяжести предназначена для пространственной детализации, в объеме консолидированной коры, положения деструктивных зон. Локальная составляющая поля силы тяжести в составе комплекса геолого-тектонических, структурно-геофизических и других гравиметрических материалов служит для детализации локальных приповерхностных неоднородностей земной коры при обобщениях и интерпретациях [2, 18].

Скоростные уровни от 6,0 км/с до 6,8 км/с отображают внутреннюю структуру консолидированной коры. Скоростной уровень 6,0 км/с соответствует кровле докембрийских отложений, являясь внутренней границей гранито-гнейсового слоя (состоящего из двух подслоев) верхнего сиалического комплекса консолидированной коры. Скоростной уровень 6,4 км/с соответствует кровле гранулито-гнейсового слоя (базитового комплекса), 6,8 км/с – кровле гранулит-базитового слоя (ультрабазитового комплекса) [2, 18].

Структура подошвы земной коры имеет многофункциональное назначение для региональных тектонических и геодинамических интерпретаций в совокупности с картами потенциальных полей, современных движений, геолого-геофизическими и другими [2, 18].

Таблица 1. Корреляционная зависимость ГК от исходных признаков

	Δg набл	Δg вк	Δg лок	деф	C1	C2	Накт	6,0	6,4	6,8	мох
1 ГК	-0,704	-0,289	-0,073	-0,703	0,394	0,036	-0,363	0,752	0,732	0,489	0,181
2 ГК	-0,248	-0,166	-0,035	0,419	-0,470	-0,588	0,654	0,088	0,256	0,313	0,588
3 ГК	-0,489	-0,444	-0,203	0,054	0,273	-0,107	-0,305	-0,401	-0,465	-0,207	0,442
4 ГК	-0,066	0,054	-0,096	0,177	-0,239	0,646	-0,131	-0,329	0,016	0,650	0,153
5 ГК	0,046	0,659	0,428	-0,169	0,051	-0,213	-0,299	-0,068	-0,089	0,074	0,521

В результате сопоставления структуры активной мантии с пространственным режимом сейсмичности установлена устойчивая зависимость: очаги сильных землетрясений ($M \geq 6$) по-всеместно фиксируются в пределах орогенов, подстилаемых слоем активной мантии повышенной мощности ($H > 10$ км). На асейсмичных территориях активная мантия отсутствует ($H = 0$ км), а в переходных зонах от асейсмичных к высоко-сейсмичным активная мантия выклинивается ($0 \text{ км} \leq H \leq 10 \text{ км}$) [2, 18].

Проведенные исследования показали, что основные черты современного рельефа Прикаспия прямо отражают ее новейшую тектоническую структуру [1, 16]. Соответственно морфоструктуры Прикаспийской впадины, как региональные, так и локальные разных порядков, в подавляющем большинстве являются новейшими. Анализ площадного распределения морфоструктур первого порядка и новейших отложений (средний миоцен-квартер) позволил выделить на территории Северного и Восточного Прикаспия несколько областей с различной направленностью и интенсивностью неотектонических движений [16].

В качестве сейсмологических признаков использованы следующие параметры: сейсмическая активность (A_{10}), плотность эпицентров слабых землетрясений (N), мощность источников сейсмической энергии ($\ddot{\text{щ}}$), максимальная интенсивность наблюденных сотрясений (J), максимальная амплитуда ускорений (a). Методика их вычисления и характеристики приведены в работах [2, 15]. Интегрированный анализ позволил изучить закономерности поведения комплекса сейсмологических параметров и получить систему из двух новых признаков (компонент), несущих основной процент информации об изучаемой совокупности. Установлено, что первая компонента (C1) отражает главную тенденцию системы и характеризует долговременную сейсмичность

среды, а вторая (C2) отражает современный уровень сейсмического режима.

Типизация земной коры Прикаспийского региона по комплексу физических и динамических параметров. В результате процедуры факторного анализа приведенной выборки параметров поля силы тяжести и сейсмического режима, а также внутренней Р-скоростной структуры земной коры получены значения коэффициентов корреляции первых пяти главных компонент (ГК) с исходными признаками (1-11), вовлекших 80% информативных параметров выборки.

В таблице 1 выделены коэффициенты корреляции главных компонент (ГК) с исходными признаками, по модулю равные или превышающие значение 0,5. В составе первой главной компоненты к таковым относятся признаки Δg набл., деф, 6,0, 6,4, 6,8, второй компоненты – C2, Накт, и мох, третьей – Δg набл., четвертой – C2 и 6,8, пятой – Δg вк и мох.

Далее выполнена процедура кластерного анализа для следующих сочетаний главных компонент: 1+2+5, 1+2, 1+5 и 2+5. После сопоставительного анализа полученных данных (полей кластеров) с позиций существующих представлений о строении земной коры региона предпочтительными (адекватными) оказались результаты кластерного анализа группы 1 ГК + 5 ГК (рис. 2), наилучшим образом коррелирующиеся с ее блоками.

Как видно из табл. 1, значимую роль в формировании кластеров на рис. 2 имеют признаки Δg набл., Δg вк, неотектоническая деформация (деф), структуры скоростных уровней 6,0 км/с, 6,4 км/с, 6,8 км/с и подошвы коры (мох), то есть наблюденное поле силы тяжести и его внутрикоровая составляющая, характер современных вертикальных перемещений земной поверхности и скоростная структура земной коры. Как и ожидалось, сейсмические признаки в избранном сочетании параметров кластерного анализа не при-

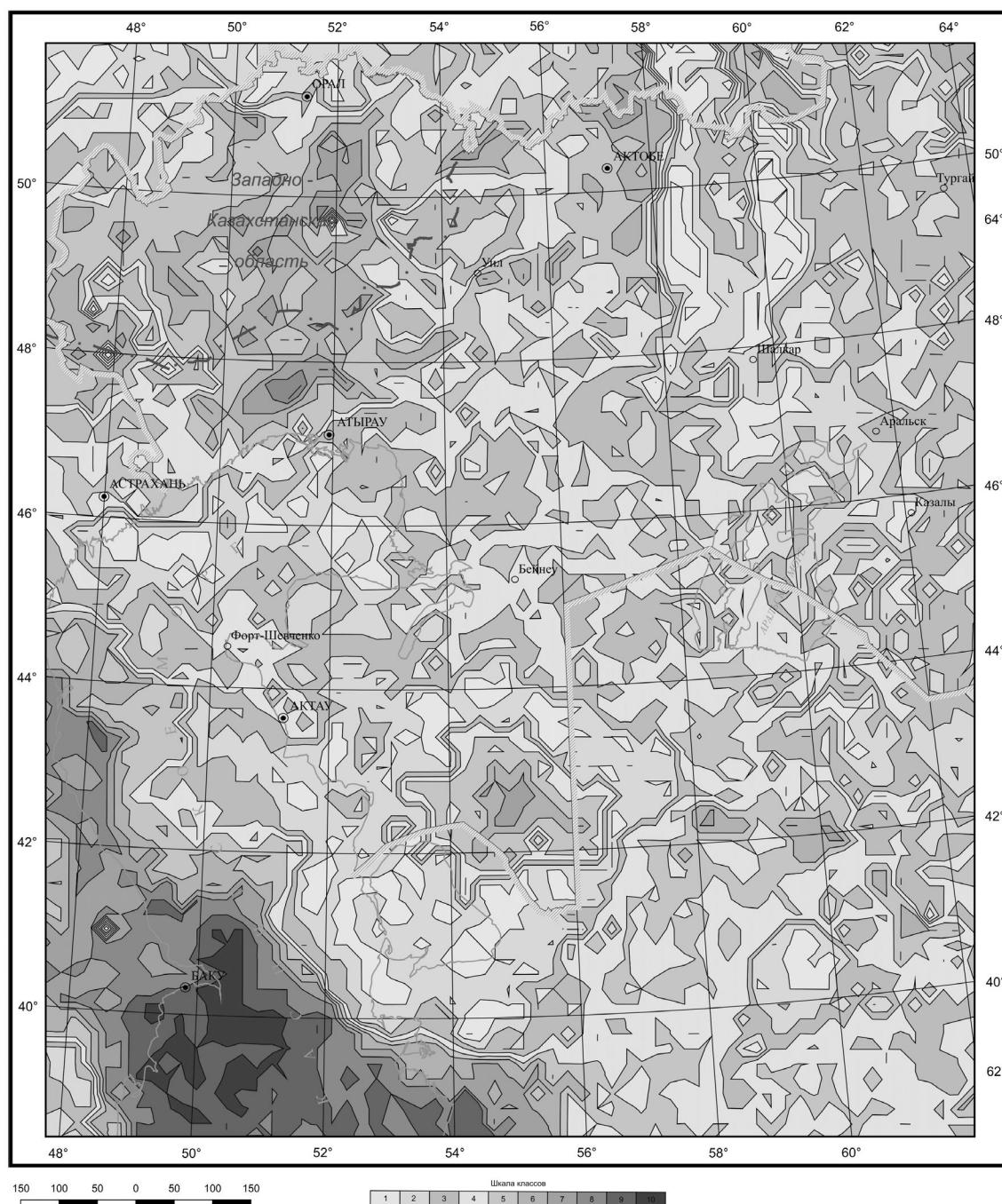


Рис. 2. Районирование земной коры Западного Казахстана по комплексу физических и динамических параметров (кластерный анализ). Составила Н.П. Белоусова

существуют, так как они отражают специфические особенности границ между искомыми блоками, но не их внутреннее строение и геодинамическое состояние.

Итоговый результат комплексного анализа многопараметрической выборки (рис. 2) использован совместно с данными пространственного

режима сейсмичности с целью количественной оценки сейсмопотенциала земной коры региона.

Оценка сейсмопотенциала (M_{max}) земной коры Прикаспийского региона по комплексу физических и динамических параметров. Сопоставление результатов кластерного анализа комплекса параметров, отражающих геодина-

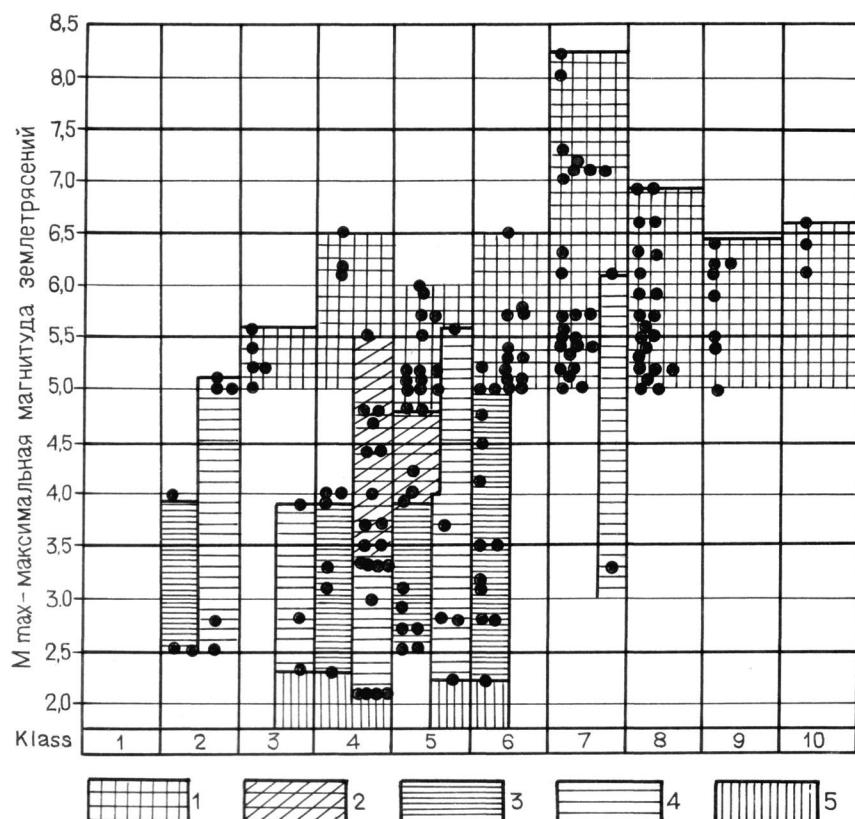


Рис. 3. Распределение землетрясений (точки) с максимальными магнитудами (M_{\max}) по классам, отражающим сочетания физических и динамических параметров земной коры в различных неотектонических областях:

1-2 – орогенного режима; 1 – эпигеосинклинального (Кавказско-Копетдагский тип); 2 – эпиплатформенного (Уральский тип); 3-5 – платформенного режима; 3 – с палеозойско-кайнозойским плитным комплексом (Прикаспийская впадина); 4 – с мезозойско-кайнозойским плитным комплексом (Туранская плита); 5 – эпигерцинский фундамент Туранской плиты (щит)

мическое состояние земной коры (рис. 2), и эпицентрии землетрясений показало достаточно четкую зависимость сейсмопотенциала (M_{\max}) от принадлежности их очагов к той или иной геотектонической области (рис. 3).

Наибольший сейсмопотенциал имеет земная кора области эпигеосинклинального орогенеза Кавказско-Копетдагского типа, внутри которой землетрясения с максимальными магнитудами ($M=7,0-8,2$) приурочены к 7-му кластеру, а общая тенденция их распределения характеризуется возрастанием сейсмопотенциала от 3-го до 7-го кластера и последующим уменьшением от 8-го до 10-го кластера.

Для эпиплатформенного Уральского орогена максимальная энергия землетрясений достигает $M=5,5$ (кластер 4) и $M=4,8$ (кластер 5).

Платформенные области также значительно отличаются сейсмопотенциалом коры. Так, в Прикаспийской впадине максимальная энергия

землетрясений в кластерах 2, 4, 5, 6 достигает $M=4,0-5,0$, а в пределах Туранской плиты те же кластеры представлены событиями с $M=3,9-5,6$, достигая $M=6,1$ в 7-ом кластере. Эти особенности связаны с существенными различиями в строении плитных комплексов и консолидированного фундамента древней (Прикаспийской впадины) и молодой (Туранской) платформ.

Области выхода на поверхность фундамента молодой платформы (фрагменты Казахского щита) представлены кластерами 3-6 и характеризуются самым низким сейсмопотенциалом ($M=2,2-2,3$).

На основе графика распределения землетрясений (рис. 3) составлена таблица значений сейсмопотенциала (M_{\max}) различных кластеров земной коры в геотектонических областях (табл. 2). Осуществлена оценка сейсмопотенциала земной коры неотектонических областей Прикаспийского региона (рис. 4) на котором хорошо видна струк-

Таблица 2. Сейсмопотенциал (M_{max}) кластеров земной коры неотектонических областей Прикаспийского региона

Кластеры	Орогены		Платформы		
	Эпигеосинклинальный Кавказско-Копетдагский	Эпиплатформенный Уральско- Мугоджарский	Древняя (Прикаспийская впадина)	Молодая	
				Туранская плита	Казахский щит
1					
2					
3	6,5	4,0	4,0	5,0	<3,0
4	6,0	5,0	4,0	3,5	<3,0
5	6,0	5,5		5,5	<3,0
6	7,5		5,0	6,0	<3,0
7	8,2				
8	7,0				
9	6,5				
10	6,5				

турная картина распределения сейсмопотенциала земной коры в Прикаспийском регионе.

Наибольшим сейсмопотенциалом обладает земная кора эпигеосинклинальной (коллизионной) области орогенеза Кавказско-Копетдагского типа, в пределах которой очаговые зоны с максимальными магнитудами (7,0-8,0) приурочены либо к горно-складчатым районам, либо к районам наибольшего прогибания консолидированной коры в Средне- и Южно-Каспийской котловинах, приуроченныхных к границе между областью орогена и Туранской плитой.

Область эпиплатформенного орогенеза представлена южным флангом Уральского хребта, узкой полосой разделяющим Прикаспийскую впадину и Тургайский прогиб. Сейсмопотенциал западной зоны орогена равен 5,0, восточной 4,5, а Мугоджарской 4,0.

Туранская плита отличается большой неоднородностью значений сейсмопотенциала, что связано со строением земной коры региона. Наибольшие его значения (до 5,5-6,0) отмечаются в районах повышенной мощности сиалического комплекса, наблюдавшейся в Мангышлак-Устюртской линеаментной зоне, протягивающейся от Мангышлакского залива на юго-восток к Памиру. В целом же значения магнитуд убывают с запада на северо-восток и с юга на север.

Сейсмопотенциал земной коры в пределах Прикаспийской впадины колеблется от 4,0 до 5,0, что связано, очевидно, с одной стороны, с распределением мощностей земной коры и активной мантии, а с другой – с изменением по лате-

рали амплитуд новейших тектонических движений, влияющих на деформирование соляно-купольных структур соленосного комплекса.

Проведение оценки сейсмической опасности (сейсмического районирования) рассматриваемой территории основано на сейсмотектонических моделях возникновения очагов землетрясений (сейсмогенерирующих зон), причем должны быть учтены как удаленные зоны, так и местные землетрясения.

Региональная сейсмотектоническая модель создана на основе проработки материалов о глубинном строении коры и тектонических карт различной детальности и сейсмологических данных. Следует отметить, что при составлении сейсмотектонической модели полностью учтены современные научные разработки, полученные в процессе совместных скоординированных исследований стран СНГ в 1994-1995 гг. по проблеме «Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии» [17].

В соответствии с этим зоны ВОЗ, выделяемые в каждом сейсмоактивном регионе и в межрегиональном пространстве, подчинены геометрии долгоживущих сейсмоактивных разломов и включают в себя сейсмогенерирующие структуры трех типов: сейсмолинеаменты, домены и потенциальные очаги землетрясений. Сейсмолинеаменты служат основным «каркасом» сейсмотектонических моделей и отражают в пространстве наиболее крупные и четко выраженные сейсмоактивные структуры (разломы). Менее значительные или недостаточно изученные сейсмотек-

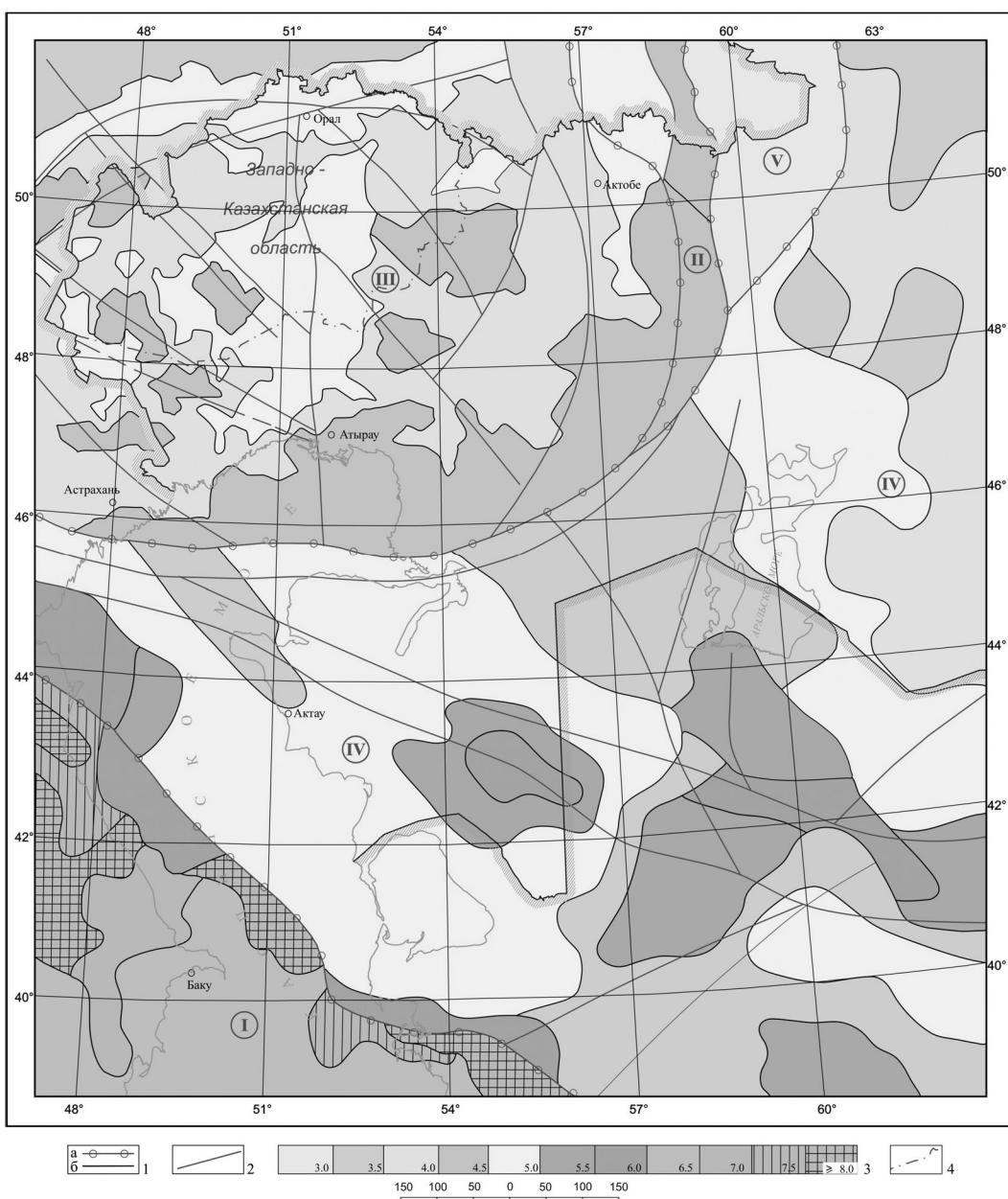


Рис. 4. Оценка сейсмопотенциала (M_{max}) земной коры неотектонических областей Прикаспийского региона в зависимости от распределения в них различных классов, отражающих сочетания физических и динамических параметров среды:

1 – границы: а – неотектонических областей, б – районов с различным сейсмопотенциалом; 2 – важнейшие глубинные разломы; 3 – шкала оценки сейсмопотенциала; 4 – граница Западно-Казахстанской области. Неотектонические области (цифры в кружках): I-II – орогенного режима: I – эпигеосинклинального (Кавказско-Копетдагский тип), II – эпиплатформенного (Уральский тип); III-IV – платформенного режима: III – с палеозойско-кайнозойским плитным комплексом (Прикаспийская впадина), IV – с мезозойско-кайнозойским плитным комплексом (Туранская плита); V – герцинский фундамент Туранской плиты (щит)

тонические структуры, в том числе и в областях динамического влияния крупных линеаментов, представляются в виде «квазиоднородных» сейсмотектонических областей – доменов.

На рис. 5 представлена региональная сейсмотектоническая линеаментно-доменная (LD)

модель зон возникновения землетрясений (сейсмогенерирующих зон). В этой модели удаленные сейсмогенерирующие зоны изображены в соответствии с упомянутыми выше разработками [17], а доменные компоненты уточнены на основе проработки местных материалов. Зоны

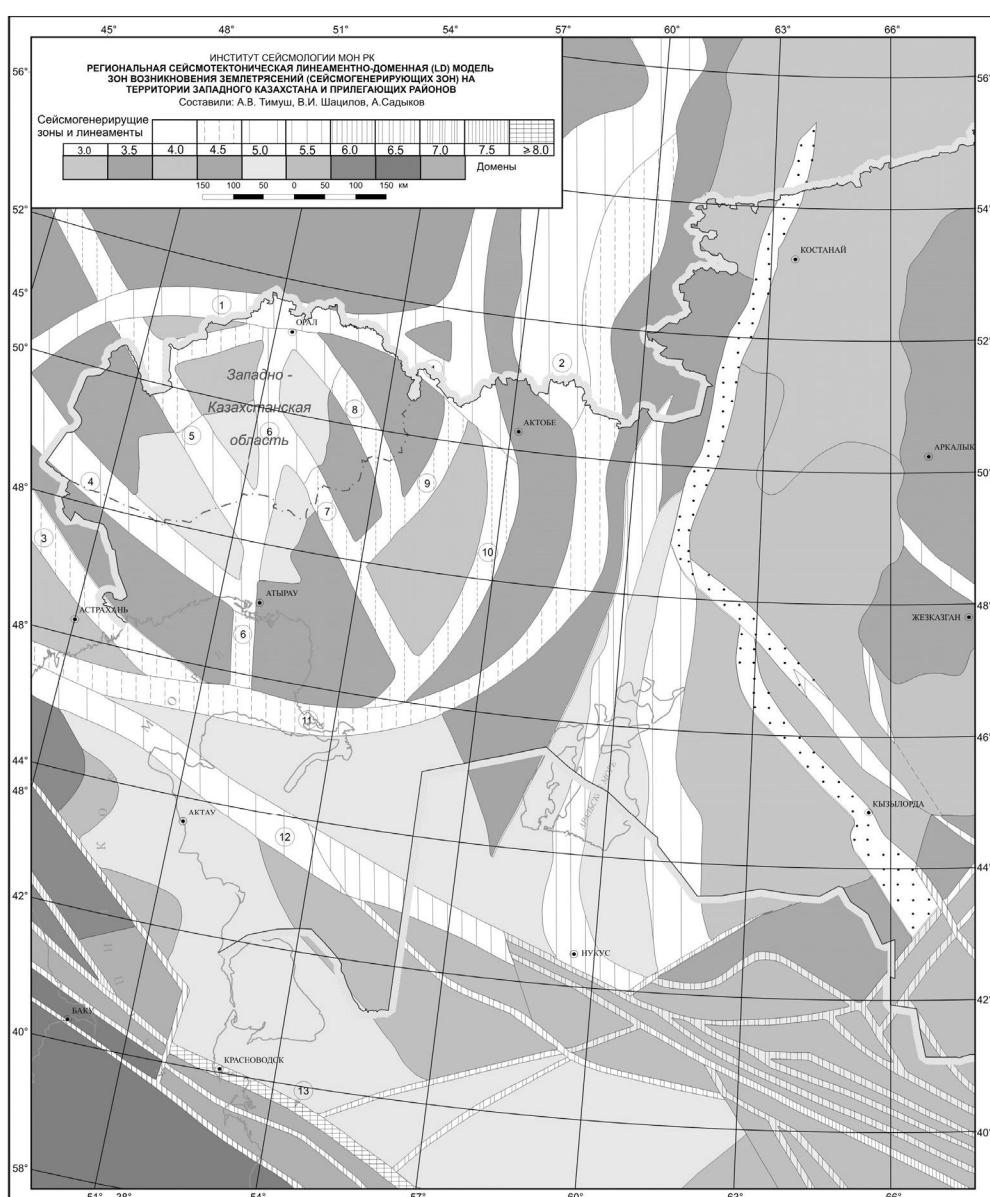


Рис. 5. Региональная сейсмотектоническая линеаментно-доменная модель (LD) зон возникновения землетрясений (сейсмогенерирующих зон) на территории Западного Казахстана и прилегающих территорий.

Названия сейсмогенерирующих зон (цифры в кружках): 1 – Приволжско-Узеньско-Утвинская, 2 – Южно-Уральская, 3 – Астраханская, 4 – Азирская, 5 – Узеньская, 6 – Уральская, 7 – Жолдыбайская, 8 – Сыртовая, 9 – Сагызская, 10 – Акбулакская, 11 – Южно-Эмбенско-Мугоджарская, 12 – Центрально-Мантышлак-Устортская, 13 – Балхан-Копетдагская

классифицируются по значениям магнитуды через 0,5 начиная с $M=6,0\pm0,2$. Как видно из рис. 5, имеется несколько сейсмогенерирующих зон, представляющих потенциальную сейсмическую опасность для рассматриваемой территории. Оценка их сейсмопотенциала (M_{max}) произведена с использованием результатов факторного анализа, комплекса геофизических и неотектонических параметров земной коры, характеризующих

её геодинамическое состояние. Ниже приведена краткая характеристика зон, наиболее важных для региона.

Кавказско-Красноводско-Ашгабадская сейсмогенерирующая зона связана с системой глубинных разломов, секущей Кавказский ороген, Каспийскую впадину, Копетдагский ороген. Исследованиями разных лет [8, 10, 12] установлено, что эта система сквозькоровых разломов

имеет длительную историю геологического развития. В настоящее время она является границей между принципиально различными геотектоническими областями: эпигеосинклинального орогенеза (Кавказ–Копетдаг) и платформенного режима (Скифско-Туранская плита). Современная геодинамика этой деструктивной зоны определяется сочетанием продольных, диагональных и поперечных тектонических нарушений, в участках пересечения которых образуются «узлы тектонической напряженности» [8, 12]. Сейсмогенерирующая зона весьма активна в настоящее время.

Магнитуда землетрясений варьирует в широких пределах, а максимальная достигает 7,5–8,2.

Центрально-Мангышлак-Устюртская сейсмогенерирующая зона пространственно определяется одноименной системой дислокаций, представляющей собой зону поднятий, проходящую в запад-северо-западном направлении, отделяя Северо-Устюртскую синеклизу вместе с Южно-Бузачинским прогибом от Южно-Мангышлак-Устюртской системы прогибов Туранской плиты. Северной границей названной зоны является Центрально-Мангышлак-Устюртский глубинный разлом. Южная граница описываемой зоны проходит по Беке-Башкудукскому и Шахпахтинскому разломам, прослеженным вплоть до поверхности базальтового слоя земной коры. Характерной чертой внутренней структуры описываемой зоны является высокая степень дислоцированности платформенных обложений, включая и верхнепермско-триасовый (Каратаяуский) комплекс, складчатая структура которого прекрасно видна в обнаженных ядрах Каратаяуского антиклиниория. Известно, что в Центрально-Мангышлак-Устюртской зоне широко развиты складчато-надвиговые структуры, охватывающие и мезозойские, и кайнозойские толщи [13, 14]. Прямое отражение этих структур в рельефе, а также имеющие место случаи надвигания отложений палеогена на четвертичные образования свидетельствуют о том, что рассматриваемая тектоническая зона и сейчас находится под воздействием сил субмеридионального горизонтального сжатия. Интенсивные складчато-надвиговые дислокации платформенного чехла в данном случае представляют собой проявление шовной складчатости, в результате которой образовалась линейная инверсионная раннекиммерийская зона, активная до настоящего времени. Очаги землетрясений с $M=5,0-5,5$ приурочены и могут воз-

никнуть в зонах листрального типа в нижних горизонтах сиалического комплекса коры.

Южно-Эмбенско-Мугоджарская потенциальная сейсмогенерирующая зона выделена как предполагаемая между сближающимися на северо-восток Южно-Эмбенским и Северо-Устюртским разломами, которые трассируются главным образом дистанционными методами (геофизика и космодесифрирование). Тем не менее, эта зона достаточно уверенно выделяется всеми исследователями как граничная между древней Русской и молодой Туранской платформами [1, 4-7, 10], причем в ее пределах происходит значительная перестройка земной коры. К северу от названной зоны мощность сиалического комплекса коры сокращена до 2–5 км, тогда как мощность нижнего базитового увеличена до 25–30 км. К югу от Эмбенской зоны мощность палеозойского комплекса быстро сокращается. Наконец, по разные стороны Южно-Эмбенской зоны наблюдается различный характер структуры платформенного чехла – в Прикаспийской впадине господствуют структуры соляной тектоники, а на Северном Устюрте складки чехла приобретают черты линейности, причем их ориентировка субпараллельна зоне сочленения разновозрастных платформ. Приведенные данные позволяют рассматривать Южно-Эмбенскую зону как подвижный на новейшем этапе элемент земной коры, игравший важную роль в геологическом развитии региона в течение всего неогея. Вдоль этой зоны происходит, по-видимому, надвигание Северо-Устюртского блока на Северо-Прикаспийский, либо поддвигание последнего под край Туранской плиты. В южной части зоны отмечено три слабых землетрясения с магнитудой $M=3-4$. Проведенный кластерный анализ комплекса параметров (рис. 4) привел к заключению, что $M_{\max}=4,0$.

Приволжско-Узеньско-Утвинская потенциальная сейсмогенерирующая зона выделена по граничной сейсмогравитационной ступени, простирающейся от Приволжской ступени вдоль Оренбургского и Утвинского разломов. Эта ступень разделяет Прикаспийскую впадину и южный край Русской платформы. Прогнозируемый сейсмопотенциал $M_{\max}=5,0$ установлен как по имевшимся событиям, так и по комплексу физических и динамических параметров земной коры (рис. 4).

Азирская потенциальная сейсмогенерирующая зона связана с одноименным разломом,

проникающим в подсолевую комплекс. Она трассируется по магнитным аномалиям и геоморфологическими методами. Местные слабые землетрясения связаны с активными соляными куполами, высота которых определяет глубину очагов землетрясений и сейсмопотенциал зон $M_{\max} = 5,0$.

Узенькая потенциальная сейсмогенерирующая зона приурочена к субпараллельным Малому и Большому Узеньским разломам, выделяемым геоморфологическим и геофизическим методами, проникающими в подсолевое ложе. В зоне происходили землетрясения с $M=4,6$, что подтверждает и комплексная оценка сейсмопотенциала земной коры этого района (рис. 4).

Уральская потенциальная сейсмогенерирующая зона связана с субмеридиональным разломом вдоль р. Урал, трассируемым комплексом геоморфологических и космодистанционных признаков вплоть до смещения вдоль него русла реки около пос. Тополи [1]. Этот разлом влияет на активность соляно-купольной тектоники, о чем свидетельствует Шалкарское землетрясение 26.04.2008 г., произошедшее на северо-восточном крутом склоне Шалкарского соляного массива в зоне оперяющих купол сбрососдвигов. Сейсмопотенциал оценивается как $M=5,0$ с учетом произошедшего события ($M=4,6-5,3$) и комплекса физических и динамических параметров коры (рис. 4).

Жолдыбайская потенциальная сейсмогенерирующая зона выделена вдоль разлома, трассируемого геоморфологическими и космодистанционными методами [1, 2]. Зона пересекает домены с различным сейсмопотенциалом (от 4,0 до 5,0).

Сыртовская потенциальная сейсмогенерирующая зона трассируется геоморфологическими, геофизическими и космодистанционными методами [1, 2]. Одноименный разлом разделяет различные неотектонические блоки. Сейсмопотенциал различен (от 4,0 до 5,0), поскольку зона пересекает домены с неодинаковой комплексной характеристикой земной коры (рис. 4).

Сагызская потенциальная сейсмогенерирующая зона на рассматриваемую территорию заходит небольшим отрезком. Оценка сейсмопотенциала ($M=4,0$) аналогична описанным выше зонам.

Охарактеризованные выше удаленные и местные (в пределах платформы) зоны возможно го возникновения очагов землетрясений послу-

жили основой для определения сейсмических воздействий на территории Западно-Казахстанского региона [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристархова Л.Б. Современный рельеф и глубинное строение Прикаспийской впадины //Геоморфология, 1971. №4. С. 48-55.
2. Геодинамика и сейсмичность литосферы Каспийского региона /Ред. Б.С. Ужженов, Е. Нурипов и др. Алматы, 2008. 352 с.
3. Горбунов П.Н. Новые принципы комплексной интерпретации данных геофизики при изучении тектоносферы Тянь-Шаня //Доклады НАН РК, №5, 2000. С. 56-60.
4. Журавлев В.С. Основные черты глубинной тектоники Прикаспийской синеклизы //Труды ГИН АН СССР. М., 1960. Вып. 42. 200 с.
5. Карта новейшей тектоники СССР и сопредельных областей. Масштаб 1: 5000000. Главн. Ред. Н.И. Николаев. МГУ, 1977.
6. Карта структурно-формационных комплексов территории СССР. Масштаб 1: 10000000 /Т.Б. Билибин, К.И. Дворцова, М.И. Ициксон и др. ВСЕГЕИ, 1978.
7. Международная тектоническая карта Каспийского моря и его обрамления /Ред. В.Е. Хайн, Н.А. Богданов. Институт литосферы окраинных и внутренних морей. РАН М., 2004.
8. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. 483 с.
9. Муратов М.В. Тектоника и история геологического развития древних платформ и складчатых геосинклинальных поясов (избранные труды), М.: Наука, 1986. С. 273-281.
10. Николаев Н.И. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельфе территории СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1962. С. 199-204.
11. 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.
12. Полетаев А.И. Сейсмотектоника зоны Главного Копетдагского разлома. М.: Наука, 1986. 134 с.
13. Попков В.И. Складчатонадвиговые дислокации п-ва Бузачи //Сов. геология, 1991. №2. С. 42-50.
14. Попков В.И., Жданов С.М. Молодые деформации горизонтального сжатия на Южном Мангышлаке //Геотектоника, 1991. №5. С. 91-92.
15. Сыдыков А. Сейсмический режим территории Казахстана. Алматы: Гылым, 2004. 270 с.
16. Тимущ А.В. Тектоническое районирование альпийских структур //Геодинамика и сейсмичность литосферы Каспийского региона. Алматы, 2008. С. 18-22.
17. Уломов В.И. Об основных положениях и технических рекомендациях по созданию новой карты сейсмического районирования территории Российской Федерации //Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. М.: ОИФЗ РАН, 1995. Вып.2-3. С. 9-26.
18. Шацлов В.И., Степаненко Н.П. Геофизические критерии выявления очаговых зон сильных землетрясений на Тянь-Шане //Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных районов. М-лы 2 межд. симп. Москва-Бишкек, 2003. С. 129-139.