

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ
(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА
НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИРАНА

Алджабасини Хиба, аспирант, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 119017, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, e-mail: zaina40@hotmail.com

Дубянский Александр Игоревич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Воронежский государственный университет, Российская Федерация, 394018, Воронеж, пл. Университетская, 1

Абрамов Владимир Юрьевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий лабораторией геофизики, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 119017, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

Территория Ирана характеризуется высокой сейсмической активностью. Кроме того, Иран занимает в мире лидирующую позицию по объему добычи нефти, что определяет большой объем экологически опасных промышленных объектов (нефтегазопроводы, компрессорные станции и т. д.), которые могут быть разрушены при землетрясениях. В районах с высокой сейсмичностью построены нефтепроводы, которые также подвергаются разрушениям при сейсмических событиях. Очаги землетрясений локализуются вдоль активных тектонических разломов, поэтому анализ природы тектонических современных подвижек имеет практическое значение при прогнозе будущих природных явлений. В статье на примере анализа очагов землетрясений в районе г. Гечсарана, который является нефтяным центром, показаны принципиальные особенности тектонического развития, влияющие на сейсмичность.

Ключевые слова: землетрясение, фокальный механизм, Казерун-Боразджанский разлом (КБР), тектоника

TECTONIC FEATURES OF THE AREA OF INCREASED SEISMICITY OF THE
OIL INDUSTRY OF GECHSARAN IRANA

Aljabasini Hiba, postgraduate student, Peoples' Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 119017, Russian Federation, e-mail: zaina40@hotmail.com

Dubyansky Aleksandr I., Associate Professor, Ph. D. in Geology and Mineralogy, Voronezh State University, 1 Universkaya Sq., Voronezh, 394018, Russian Federation

Abramov Vladimir Yu., Ph. D. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Head of the Laboratory, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 119017, Russian Federation

Iran is a country characterized by increased seismicity. Due to the constant earthquakes in the country, after each earthquake, building destruction occurs. In addition, Iran is a leading country in terms of oil production. In areas with high seismicity, oil pipelines have been built, which are also destroyed by seismic events. It was noted that the centers of earthquakes are localized along active tectonic faults; therefore, an analysis of the nature of modern tectonic movements has its relevance in predicting future natural phenomena. The example of the analysis of earthquake sources in the region of Gechsaran, which is the oil center, shows the principal features of tectonic development that affect seismicity.

Keywords: earthquake, focal mechanism, Kazerun-Borazdzhan fault, tectonics

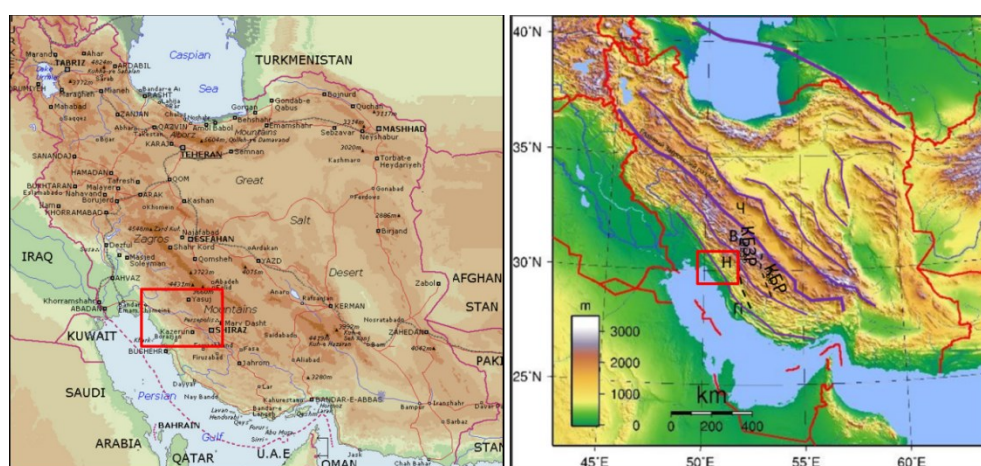
Район Гечсаран – один из крупнейших нефтяных центров Ирана. Здесь расположено около десяти месторождений нефти и газа с суммарной ежегодной добычей около 500 тыс. т нефти. Самым значительным является одноимённое месторождение Гечсаран. Здесь проходит один из крупных магистральных нефтепроводов. Рассматриваемый район нефтедобычи характеризуется относительно умеренной по энергии сейсмичностью: по данным сейсмических каталогов магнитуда 4,0–5,8. Сравнительно редко бывают события с магнитудой выше 6. Такая сила землетрясений может

вызывать значительные разрушения и человеческие жертвы. Нами рассмотрены механизмы очаговых зон и дана тектоническая характеристика района, в котором произошли землетрясения за последние 20 лет – с 2000 по 2019 г.

В геоморфологическом плане землетрясения происходили в зоне сочленения складчатой системы Загроса и зоны предгорной равнины. Установлена приуроченность очаговых зон землетрясений к важнейшей структурной линии Загорской складчатой области – Казерун-Боразджанскому разлому (КБР). Диаграммы фокальных механизмов землетрясений позволили изучить внутреннюю структуру этой тектонической структуры. Целью настоящей работы является установление геометрии очагов ряда землетрясений и исследование связи между разрывами, разломами и поверхностной складчатостью.

Общая характеристика изучаемого района. Гачсаран расположен в южной части Ирана (рис. 1). В тектоническом плане данный район относится к Предгорной зоне и зоне Низкого Загроса. Казерун-Боразджанский разлом (КБР) проходит меридианально к осевой части Предзагорского краевого прогиба [4–6].

На рисунке 2 показана сейсмичность в пределах краевого Предзагорского прогиба с учётом магнитуд сейсмических событий, жёлтыми кружочками показаны землетрясения с магнитудой выше 6,5 – самые крупнейшие события [1].



Рассматриваемый район

Рис. 1. Расположение рассматриваемого района (г. Гечсаран): слева – общая географическая карта; справа – зональность Предзагорского краевого прогиба (с дополнениями автора); Ч – чешуйчатая зона; В – Высокий Загрос; Н – Низкий Загрос; П – Предгорная впадина; КБР – Казерун-Боразджанская разломная зона; КБР – Карех-Бас

Результаты и обсуждения. Рассматриваемый участок расположен в пределах самых активных в мире сейсмических разломов, и землетрясения различной интенсивности здесь являются обычным явлением. Пространственное положение эпицентров землетрясений, особенно крупных, связано с положением главных разрывных дислокаций. В период 2000–2019 гг. в пределах рассматриваемой территории произошло 46 сейсмических событий с магнитудой выше 4. Глубина очагов изменялась в пределах от 10 до 66,7 км при средней величине 21 км (рис. 3).

Анализ распределения гипоцентров землетрясений во времени даёт сведения о глубинах залегания слоя земной коры, влияющего на сейсмоактивность. Выделяется три временных периода. Первый период (2000–2003 гг.) характеризуется относительно устойчивым уровнем глубин очагов. Эта стабильность определяется как небольшим разбросом этого параметра, так и методикой его определения. Второй период (2004–2012 гг.) – это период переменчивых глубин. Третий (2012–2019 гг.) также характеризуется устойчивыми параметрами гипоцентров, но весьма малыми глубинами (в среднем около 10 км). Основная масса землетрясений имела зарождение

своего очага в верхней и средней частях земной коры, в интервале 10–30 км. Следует отметить, что рассмотренные периоды изменения глубин очагов зависят от современного тектонического режима региона. Уменьшению глубин соответствует относительное увеличение числа землетрясений и их магнитуд [7].

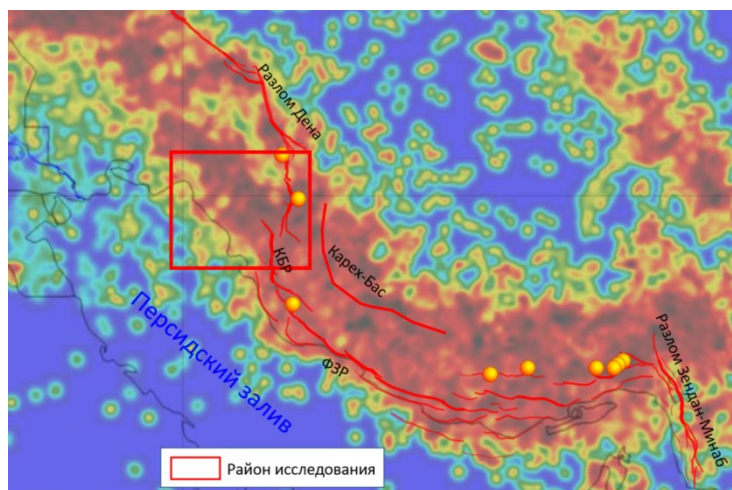


Рис. 2. Оценка сейсмичности рассматриваемого региона (жёлтые кружки – крупные землетрясения): КБР – Казерун-Боразджанский разлом; ФЗР – фронтальный Загросский разлом

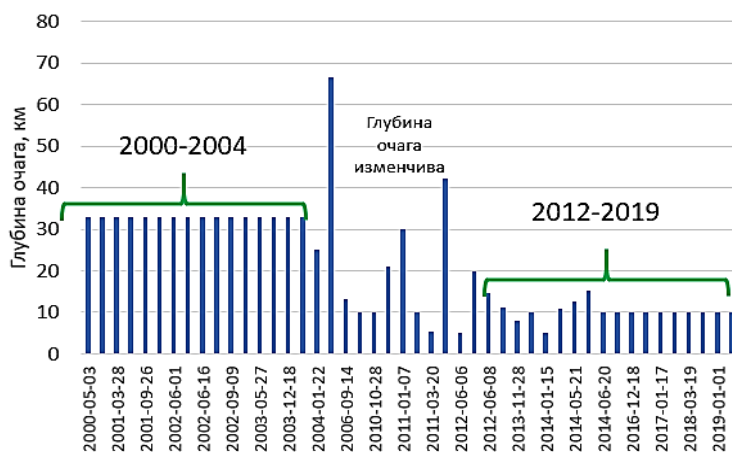


Рис. 3. Распределение глубин очагов землетрясений в районе г. Гечсарана, произошедших в 2000–2019 гг.

Одной из важных проблем является исследование механизма очагов землетрясений, который тесно связан с изучением напряжённо-деформированного состояния земной коры. Идеальной является ситуация, когда известны геометрические и структурные параметры разлома. Однако в местах, где толщина осадочного чехла составляет 5–6 км, при отсутствии качественных данных современной сейсморазведки эта информация является весьма приблизительной и установление связей с поверхностной геологией (геоморфологией) может быть затруднено. В этом случае можно использовать стереограммы фокальных механизмов. По этим диаграммам можно определить направления перемещения по разлому при землетрясении или серии землетрясений. В таблице 1 представлены характеристики очагов землетрясений с определением кинематического типа очага. Источником этих данных послужили сейсмические каталоги USGS (U.S. Geological Survey). Определено три события со сдвиговой деформацией, четыре землетрясения с очагом взбросового типа, два с механизмом типа взброса со сдвигом и одно событие, где зафиксирован сброс со сдвигом, вероятно, диагонального направления. Фокальные решения представлены на рисунке 4.

Таблица 1

Данные о землетрясениях с имеющимися определениями механизма очага

Дата	Время	Широта	Долгота	Глубина очага	Магнитуда	Тип магнитуды	Оси главных напряжений						Модалые плоскости						Кинематический тип очага	
							Т		N		P		Np1		DP		Np2			Slip
							PL	Az	PL	Az	PL	Az	STK	DP	STK	DP	STK	DP		
2000-05-03	09:01	29,7	50,8	33	5,1	mwc	40	145	44	290	19	39	277	77	44	174	47	162	Взброс со сдвигом	
2000-05-03	09:06	29,6	50,8	33	4,8	mb														
2001-03-28	16:34	29,8	51,2	33	5,3	mwc	54	245	7	146	35	52	327	80	97	112	12	56	Взброс	
2001-05-23	14:31	30,0	51,2	33	4,7	mb														
2001-09-26	18:04	30,0	51,0	33	4,5	mb														
2002-05-09	19:33	30,2	50,9	33	4,5	mb														
2002-06-01	16:12	29,6	51,2	33	5	mwc	23	121	58	347	20	220	261	58	2	170	88	148	Взброс со сдвигом	
2002-06-06	09:29	29,3	51,4	33	4,5	mb														
2002-06-16	22:30	29,9	50,8	33	4,5	mb														
2002-08-29	09:53	30,2	51,6	33	4,7	mb														
2002-09-09	07:56	29,4	51,3	33	4,7	mb														
2003-01-11	17:45	29,59	51,47	33	5,2	mwc	15	155	59	272	27	57	104	83	-31	199	60	-171	Сдвиг	
2003-05-27	10:30	29,60	51,31	33	5,3	mwc	39	160	44	301	21	52	290	79	45	189	46	165	Сброс со сдвигом	
2003-10-05	23:08	30,2	50,6	33	4,6	mb														
2003-12-18	07:34	29,5	50,7	33	4,6	mb														
2003-12-18	10:35	30,3	50,9	33	4,5	mb														
2004-01-22	21:19	29,6	51,2	25,1	4,7	mb														
2004-05-08	04:39	29,9	51,5	66,7	5	mb														
2006-09-14	02:25	29,3	51,4	13,1	4,9	mb														
2010-05-14	18:49	29,3	51,5	10	5,1	mb														
2010-10-28	09:22	30,0	51,2	10	4,5	mb														

Продолжение таблицы 1

Дата	Время	Широта	Долгота	Глубина очага	Магнитуда	Тип магнитуды	Оси главных напряжений												Модальные плоскости						Кинематический тип очага
							Т			N			P			Np1			Np2						
							PL	Az	PL	Az	PL	Az	PL	Az	PL	Az	PL	Az	STK	DP	Sup	STK	DP	STK	
2010-12-01	19:55	30,14	51,61	21,1	4,9	mwc	10	310	67	64	21	217	355	68	-172	262	82	82	82	-22	84	-164	93	93	
2011-01-07	23:53	30,1	51,6	29,9	5	mwc	7	116	73	2	208	252	74	-6	343	84	84	84	-164	93	93	93	93		
2011-03-05	11:24	30,02	51,16	10	4,3	mwc	85	189	2	304	4	34	302	49	87	126	41	41	41	41	41	41	41	41	
2011-03-20	21:53	29,9	51,2	5,3	4,5	mb																			
2011-05-08	22:17	29,8	51,0	42,1	4,9	mb																			
2012-06-06	19:55	29,7	50,8	5	4,5	mb																			
2012-06-06	20:10	29,8	50,8	19,8	4,6	mb																			
2012-06-08	16:15	29,8	50,7	14,6	5	mb																			
2013-09-30	23:44	29,3	51,4	11,2	4,7	mb																			
2013-11-28	13:51	29,32	51,31	8	5,8	mwb	47	346	35	124	22	230	5	39	156	114	75	75	75	54	54	54	54		
2013-11-28	15:56	29,2	51,3	10	4,7	mb																			
2014-01-15	23:57	29,4	51,3	5	4,6	mb																			
2014-05-21	09:46	29,57	50,89	11	5,2	mwb	83	80	5	309	5	219	303	40	83	133	50	50	50	96	96	96	96		
2014-05-21	10:29	29,6	50,9	12,6	4,5	mb																			
2014-05-21	10:51	29,6	50,9	15,2	5	mb																			
2014-06-20	22:54	29,9	50,9	10	5	mb																			
2016-07-02	03:49	29,3	51,3	10	4,8	mb																			
2016-12-18	14:43	29,5	50,8	10	4,6	mb																			
2017-01-02	06:43	29,7	50,8	10	4,5	mb																			
2017-01-17	10:41	29,6	51,5	10	4,8	mb																			
2017-01-20	22:58	29,7	51,5	10	4,5	mb																			
2018-03-19	04:30	29,6	50,7	10	5	mb																			
2018-06-18	08:59	30,3	50,9	10	4,5	mb																			
2019-01-01	16:39	29,4	51,3	10	4,6	mb																			
2019-01-02	07:57	29,4	51,3	10	4,9	mb																			

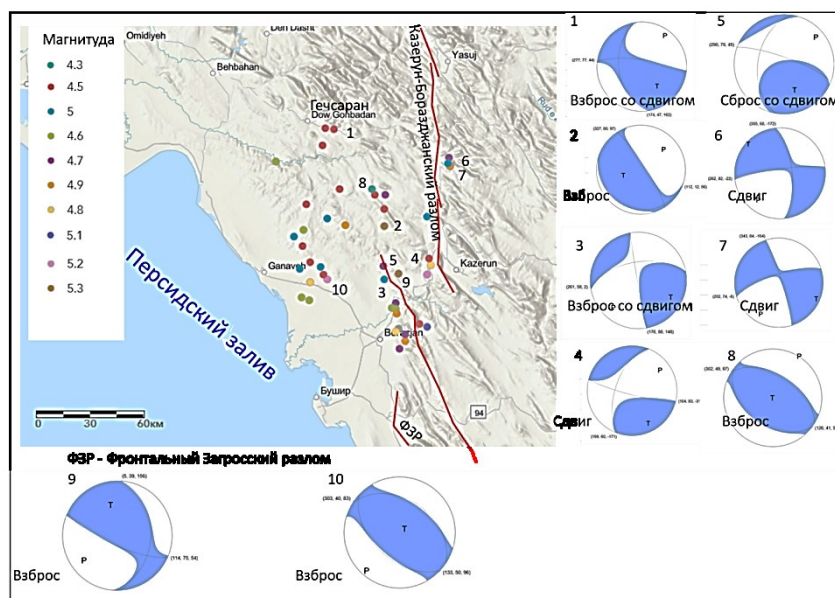


Рис. 4. Очаги землетрясений в пределах рассматриваемой территории в сопоставлении с магнитудой и фокальными решениями

Казерун-Боразджанский разлом (КБР) можно условно разделить на два сегмента: северный и южный. В южном сегменте, по данным решений фокальных механизмов землетрясений, преобладают взбросо-сдвиговые компоненты (очаги 3–5, 9). Северный сегмент характеризуется преимущественно сдвиговыми тектоническими деформациями (очаги 6, 7).

Наличие взбросо-сдвиговой компоненты подтверждается современными региональными тектоническими процессами. Для рассматриваемого участка характерны две тектонические обстановки – сдвиговые деформации и развитие надвиговых, взбросовых структур, которые возникают под воздействием горизонтальных сжимающих напряжений северо-восточного направления вследствие коллизионных процессов. Это также подтверждается сопоставлением осей напряжений растяжения (Т) и сжатия (Р) (рис. 5). Для механизмов очагов землетрясений, произошедших в районе г. Гечсарана, с увеличением углов осей растяжения наблюдается уменьшение углов сжатия.

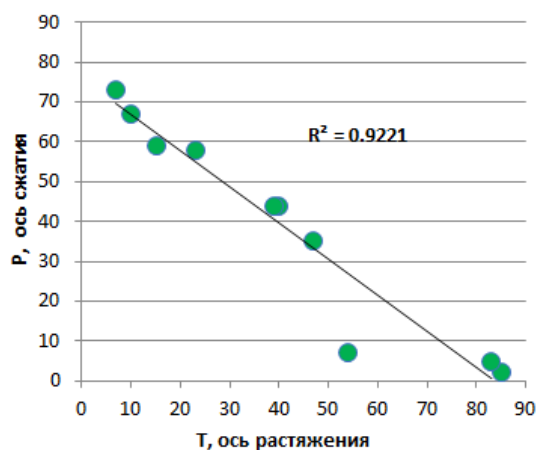


Рис. 5. График зависимости углов главных осей напряжений растяжения (Т) и сжатия (Р) землетрясений, произошедших в районе г. Гечсарана в 2000–2019 гг.

Данный график показывает, что в пределах рассматриваемой территории преобладают как взбросовые, так и сбросовые подвижки с элементами сдвига. Эти тектонические деформации и определяют повышенную сейсмичность в регионе. Согласно проведенным исследованиям, подвижка в очаге землетрясения представляла собой правый сдвиг по крутопадающей к северу плоскости северо-северо-западного простирания с небольшой взбросовой составляющей восточного крыла.

Возникновение очагов землетрясений, представленных в таблице, является результатом сдавливания участка земной коры между Аравийской плитой и Горным сооружением Загроса вследствие коллизионных процессов и меридиональных тектонических движений по КБР и Карех-Басской группе разломов.

В общем виде рассматриваемый регион с тектонической точки зрения является результатом субдукции Аравийской литосферной плиты, которая привела к возникновению различных тектонических стрессов и напряжений. Постоянно субдуцирующая Аравийская плита оказывает значительное влияние на причины возникновения землетрясений в рассматриваемом регионе.

Список литературы

1. Бачманов, Д. М. База данных активных разломов Евразии / Д. М. Бачманов, А. И. Кожурин, В. Г. Трифонов // Геодинамика и тектонофизика. – 2017. – Т. 8, № 4. – С. 711–736.
2. Бейдун, З. Р. Нефтяная геология и ресурсы Ближнего и Среднего Востока / З. Р. Бейдун, Г. В. Даннингтон ; пер. с англ. под ред. В. И. Высоцкого. – Москва : Недра, 1977. – 135 с.
3. Бижу-Дюваль, Б. Седиментационная геология / Б. Бижу-Дюваль. – Москва – Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2012. – 704 с.
4. Заибель, Х. Г. Формирование структур Месопотамского (Ирак) и Волго-Уральского (Россия) бассейнов в герцинский этап развития земной коры / Х. Г. Заибель, А. В. Сиднев // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 12. – С. 29–31.
5. Ирак. Геологическое строение, нефтегазоносность и состояние нефтегазовой промышленности, обработка и интерпретация сейсмических материалов по лицензионным блокам в южной и центральной частях Западной Пустыни, оценка прогнозных ресурсов нефти и газа / ООО «Совгеоинфо». – Москва, 2009. – Т. 1. – 158 с.
6. Трифонов, В. Г. Неотектоника, современная геодинамика и сейсмическая опасность Сирии / В. Г. Трифонов. – Москва : Геос, 2012. – С. 216.
7. Дубянский, А. И. Оценка сейсмичности центральной и восточной частей Персидского залива и связь с нефтегазоносностью региона / А. И. Дубянский, Х. Алджабасини, В. Ю. Абрамов // Инженерные системы. – Москва, Российский ун-т дружбы народов, 2019. – С. 421–429.

References

1. Bachmanov, D. M., Kozhurin, A. I., Trifonov, V. G. Database of active faults of Eurasia. *Geodynamics and tectonophysics*, 2017, vol. 8, no. 4, pp. 711–736.
2. Beidun, Z. R. Dunnington, G. V. *Petroleum Geology and Resources of the Near and Middle*. Moscow, Nedra Publ., 1977, 135 p.
3. Bernard Biju-Duval. *Sedimentary geology*. Moscow, Izhevsk, Institute for Computer Research Publ., 2012, 704 p.
4. Zaibel, H. G., Sidnev, A. V. Formation of the structures of the Mesopotamian (Iraq) and Volga-Ural (Russia) basins in the Hercynian stage of development of the earth's crust]. *Oil industry*, 2008, no. 12, pp. 29–31.
5. *Iraq. Geological structure, oil and gas potential and the state of the oil and gas industry, processing and interpretation of seismic materials for licensed blocks in the southern and central parts of the Western Desert, assessment of forecasted oil and gas resources*. Moscow, LLC Sovgeoinfo Publ., 2009, vol. 1, 158 p.
6. Trifonov V. G. Neotectonics, recent geodynamics and seismic hazard of Syria. Moscow, GEOS Publ., 2012, 216 p.
7. Dubyansky, A. I., Aljabasini, H., Abramov V. Yu. Evaluation of the seismicity of the central and eastern parts of the Persian Gulf and the relationship with the region's oil and gas potential. *Engineering Systems*. Moscow, Peoples' Friendship University of Russia Publ., 2019, pp. 421–429.