

6. Mel'nikov N. N. Nauchnye i inzhenernye aspekty bezopasnogo hranenija i zahoronenija radiacionno opasnyh materialov na Evropejskom Severe Rossii / N. N. Mel'nikov, V. P. Konuhin, V. A. Naumov [i dr.]. – Apatity, 2010. – 305 s.
7. Nilsen T. Potencial'nyj risk radioaktivnogo zagrjaznenija regiona : dokl. obedenija "Belluna", "Severnyj flot" / T. Nilsen, I. Kudrik, A. Nikitin. – 1996. – S. 138.
8. Perovskij V. A. O vozmozhnosti pripoverhnostnogo hranenija reaktornyh otsekov / V. A. Perovskij. – VNIPIJeT, 1995.
9. Sergeev A. S. Ocenka geologicheskikh formacij severo-zapadnogo regiona Rossii kak sredy razmewenija podzemnogo hraniliwa radioaktivnyh othodov : tez. dokl. konf. "Radiacionnaja bezopasnost': radioaktivnye othody i jekologija" / A. S. Sergeev, R. V. Bogdanov, V. N. Komlev. – SPb., 1999. – S. 88–89.
10. Cherepovicyn A. E. Strategicheskij analiz vozmozhnostej i ugroz osvoenija uglevodorodnyh resursov Zapadnoj Arktiki / A. E. Cherepovicyn, A. M. Zhukov // Sever i Arktika v novej paradigme mirovogo razvitija. Luzinskie chtenija-2010. – Apatity, 2010. – S. 61–69.
11. Shtokman // Sever promyshlennyj. – 2011. – № 1. – S. 4–5.
12. Technical Report SKB&NEDRA 92–39. – 1992. – 116 p.

СЕЙСМОЛОГО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Мурзагалиев Дюсен Мурзагалиевич, профессор, Атырауский институт нефти и газа, 465002, Казахстан, г. Атырау, пр. Азаттык, 1, e-mail: aing-atr@nursat.kz

Рассмотрены сейсмологические, геодинамические, геоэкологические условия разработки углеводородных ресурсов на шельфе Северного Каспия.

Ключевые слова: газ и нефть, ресурсы, геоэкология, Каспийское море, освоение.

SEISMOLOGO-GEODYNAMIC CONDITIONS DEVELOP OIL AND GAS FIELDS OFFSHORE OF THE NORTH CASPIAN

Murzagaliev Dusen M., Professor, Atyrau Institute of Oil and Gas, 1 Azattyk ave, Atyrau, 465002, Kazakhstan, e-mail: aing-atr@nursat.kz

Considered seismic geodynamic and geo-ecological conditions for the development of hydrocarbon resources in the North Caspian shelf.

Key words: oil and gas, resources, geo-ecology, the Caspian Sea, development.

По данным широкомасштабных сейсмических исследований, проведенных консорциумом «Казахстанкаспийшельф» в 1994–1996 гг., в пределах северной акватории Каспийского моря в подсолевых отложениях выявлены и детально изучены десятки крупных и высокоамплитудных структур. Их общей особенностью является значительная глубина залегания (3600–5500 м) и единый тип природных резервуаров, сложенных высокочемкими массивными рифогенными породами верхнедевонско-каменноугольного возраста. В аналогичных литолого-структурных условиях во время поисково-разведочных работ на шельфе и в прибрежных районах были открыты крупные нефтегазо-

конденсатные месторождения: Тенгиз, Кайран, Кашаган и Королевское. Они характеризуются высокими термобарическими условиями. По данным гидродинамических и специальных исследований, пластовое давление колеблется в пределах 800–1100 атмосфер, пластовая температура в продуктивных толщах составляет 110–130 °С, а содержание сероводорода достигает 16–23 % [1]. В тектоническом плане открытые месторождения и выявленные поднятия образуют единую структурную зону общей площадью порядка 3154 км².

В мировой практике известны случаи землетрясений магнитудой 6–7 баллов, спровоцированные разработкой или добычей нефти и газа. Например, техногенные землетрясения, обусловленные разработкой нефтегазовых месторождений, происходили в слабосейсмическом районе Западного Узбекистана после разработки газового месторождения Газли магнитудой 7,0–7,3 балла; через 30 лет разработки Первомайского нефтяного месторождения на северном Сахалине – Нефтегорское землетрясение (1995) магнитудой 6,8 балла; на Кумдагском месторождении Западного Туркменистана через 20 лет его эксплуатации – магнитудой 6 баллов [1]. Интенсивная разработка месторождений гигантов углеводородного сырья часто сопровождаются мощным техногенным воздействием на окружающую среду. К ним относится крупнейшая экологическая катастрофа на нефтепроводе под Усинском, которая привела к нефтяному загрязнению обширной территории и пойм многих рек. При неблагоприятном сочетании техногенных факторов и особенностей природного деформационного процесса возрастает вероятность возникновения техногенных землетрясений, а также значительных смещений земной поверхности, способных привести к катастрофическим аварийным ситуациям. Нарушение естественного статического состояния нефтяных резервуаров может спровоцировать природные, техногенные землетрясения и технологические нарушения процессов бурения и эксплуатации месторождений.

Сейсмологические условия региона. По данным Института сейсмологии Национальной академии наук Казахстана, территория шельфа северной акватории Каспийского моря отнесена к участкам земной коры с возможными проявлениями землетрясений магнитудой 6 баллов по шкале Рихтера. В эту зону входят также крупные подсолевые месторождения нефти и газа, как Кашаган, Кайран, Актоты, Королевское и Тенгизское, расположенные в акватории Северного Каспия. Акватория Среднего Каспия по схеме сейсмического районирования отнесена к зоне с возможными землетрясениями магнитудой до 7 баллов. Южный Каспий, граничащий со Средним, является зоной активных тектонических разломов, где происходят регулярные землетрясения с различной магнитудой, отголоски которых с магнитудой 1–2 балла и редко до 4 баллов доходят до Северного Каспия.

С добычей нефти и газа многие исследователи связывают землетрясения в слабосейсмичных районах Пермского Прикамья, Татарии, Башкирии, Западной Сибири и в других регионах различных нефтедобывающих стран. Прикаспийский регион известен многими катастрофическими землетрясениями: Красноводское, Ашхабатское и десятибалльное Газлинское землетрясение в 1977 и 1983 гг. Подобные землетрясения возможны не только в южной части Каспийского моря, но и в северной, где сосредоточены основные месторождения – гиганты углеводородного сырья.

Национальный центр космических исследований и технологии Института океанологии Российской академии наук в 2010–2011 гг. проводил шести-

месячный сейсмологический мониторинг полуострова Мангистау. В радиусе около 10 км к югу от г. Актау на глубинах 50 см были закопаны три сейсмографа по схеме равностороннего треугольника, длина сторон которого составляла порядка 10 км. За период мониторинга автономными сейсмологическими станциями в районе г. Актау было зарегистрировано 45 удаленных землетрясений, происходивших в 250–600 км от места регистрации. Три из них – умеренной силы – зарегистрированы в акватории Южного Каспия, а одно – в районе г. Красноводск на глубине 60 км с магнитудой 4,2 балла [3]. Обнаружены три микросейсмических события местного характера: одно из них 12 октября 2010 г. магнитудой 1,7 с эпицентром в районе месторождения Узень, а два другие – 17 и 24 ноября 2010 г. с магнитудой 1,2–1,3, с эпицентром в районе месторождения Алатобе.

На месторождении Тенгиз 21 февраля 2011 г. произошло интенсивное землетрясение, которое было зафиксировано десятью международными сейсмическими станциями. По данным Европейско-Средиземноморского центра, амплитуда землетрясения оценивалась величиной в 4,1 балла, а Российской академии наук – в 4,3 балла. По зарубежным данным, толчки были зафиксированы в 14 ч 30 мин. по местному времени на глубине 30 км. По шкале Медведева-Корника землетрясение амплитудой в 4 балла характеризуется как интенсивное. Толчки ощутили работники компании «Тенгизшевройл», занятые на южных участках месторождения Тенгиз. Они наблюдали, как в помещении кресло катается само по себе, а на улице прохожим показалось, что сдвинулось небо.

Всему миру известен аварийный нефтяной взрыв на управляемой платформе Deerwater Horizon в Мексиканском заливе, произошедший 20 апреля 2010 г. Управляемая нефтяная платформа затонула в Мексиканском заливе у побережья штата Луизиана 22 апреля после 36-часового пожара, последовавшего вслед за мощным взрывом, унесшим жизни 11 человек. Утечка нефти, которая началась вслед за этим, составила 4,9 млн баррелей. Она явилась самой тяжелой экологической катастрофой в истории Соединенных Штатов Америки. Остановить образовавшуюся утечку удалось лишь по истечении почти 3,5 месяцев. В ликвидации аварии участвовали около 40 тысяч человек и 7 тысяч судов.

Геодинамические условия региона. С позиции современной геодинамической модели регион расположен в центре конвергенций нескольких разновеликих плит с различными параметрами кинематики (рис. 1). В тектоническом плане глубинный разлом служит границей Восточно-Скифской и Западно-Туранской плит, испытавших различные по времени тектонические режимы. В геоморфологическом отношении сдвиговые движения выражены сменой простирания западной береговой линии Каспийского моря с северо-запада в районе Баку – Махачкала к северо-востоку в районе городов Астрахань и Атырау. Западно-Туранская (Г) и Западно-Иранская (Е) мезоплиты движутся к северо-западу по коллизионным швам со скоростью 1,8 см/год. Азимут движения этих плит приблизительно составляет 286°. Примечательно, что эти плиты одновременно вращаются против часовой стрелки с угловой скоростью $3,2 \times 10^{-7}$ градусов в год. А литосферные плиты в западной части Каспийского моря имеют сравнительно небольшую угловую скорость вращения – $2,03 \times 10^{-7}$ градусов [2].

По северной границе Малокавказской (В), Южно-Каспийской (Д) и Западно-Иранской (Е) плит, по геолого-геофизическим данным, прослеживается региональный Сарматско-Туранский линеамент. В геоморфологическом плане линия линеамента проходит по северному склону Кавказско-Карпатских горных сооружений, т.е. через города Махачкала, Баку и Красноводск. Тектонический сдвиг Западно-Туранской (Г) плиты к северо-западу обусловил треугольную морфологию Западно-Устюртского геоблока земной коры. Одна из вершин треугольника образует полуостров Бузачи, который по системе Северо-Устюртских и Северо-Мангышлакских глубинных разломов далеко вдавлен в акваторию моря.

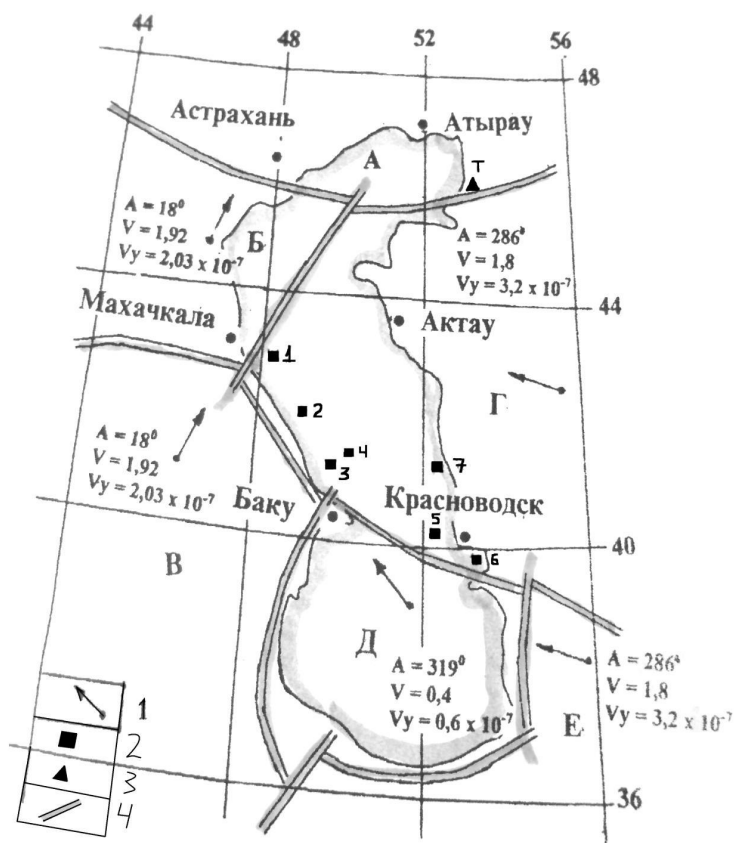


Рис. 1. Сейсмогеодинамическая схема Каспийского региона (составил Д.М. Мурзагалиев по материалам [1-4]).

Условные обозначения: 1) плиты: А – Восточно-Европейская; Б – Скифская; В – Малокавказская; Г – Западно-Туранская; Д – Южно-Каспийская; Е – Западно-Иранская. 2) основные параметры кинематики плит: А – азимут движения плит; V – скорость перемещения, см/год; V_y – угловая скорость вращения, градус/год; 1 – вектор относительных движений плит; 2 – зоны высокой сейсмической активности; 3 – месторождение Тенгиз; 4 – глубинные швы – палеограницы плит

Изображены Восточно-Европейская, Скифская, Западно-Туранская, Малокавказская, Южно-Каспийская и Иранская литосферные плиты. Среди них с позднемiocенового времени Восточно-Европейская плита считается относи-

тельно устойчивой и малоподвижной. Скифская (Б) и Малокавказская (В) плиты перемещаются к северо-востоку по азимуту 18° со скоростью 1,92 см/год.

Тангенциальное сжатие Западно-Туранской плиты формировало надвиговые структуры в зоне Южно-Эмбинского рифта, а Восточно-Скифской плиты, соответственно, в зоне Каракульского погребенного вала. Указанные глубинные разломы и линеаменты четко выражены в геомагнитных и гравитационных полях. К узлам пересечения их приурочены очаги землетрясений различной магнитуды. В геотектоническом плане разломы и линеаменты характеризуются градиентными зонами изменения толщин континентальной коры и осадочного чехла. Система глубинных разломов формирует разновозрастные рифты – авлакогены, соответствующие главным образом основным этапам геодинамической эволюции земной коры региона [4].

Значительные по амплитуде тектонические нарушения установлены здесь по данным сейсморазведки и глубокого бурения. Современная активность разломов в пределах Тенгизского месторождения (вертикальная составляющая) была установлена инструментально, путем многократного повторного нивелирования, и достигает 5 см в год. В апреле 2000 г. произошло масштабное проседание земной поверхности на восточном побережье казахстанского сектора Каспийского моря. В результате нисходящих тектонических движений оказались затопленными огромные участки месторождений Каламкас и Каражанбас. Под водой оказались более ста скважин. При этом береговая линия сместилась относительно прежней на десятки километров.

Согласно научным исследованиям Геологического института Академии наук РК, в районе Северного Каспия выявлена (в рельефе по системе однонаправленных активных разломов и флексур, протягивающихся узкой полосой от полуострова Мангистау на восток-юго-восток) Мангистау – Устюртская зона возможных очагов землетрясений (ВОЗ). Это Тюбкараганский разлом, Южно-Тюбкараганская флексура, разломы Южного Каратау, Тузбаира и Центрального Устюрта. В пределах зоны ВОЗ пермотриасовый терригенный комплекс смят и нарушен взбросодвижениями. Расчеты современного напряженно-деформированного состояния выявили концентрацию сдвиговых напряжений и повышенную плотность упругой энергии на глубинах 15–30 км. Наиболее устойчивые участки их установлены в западной части полуострова Мангистау [3].

Риски возникновения катастрофических нефтегазовых выбросов при освоении подсоловых углеводородных ресурсов северной акватории Каспийского моря весьма велики. Ярким примером аварийных выбросов при добыче углеводородных ресурсов подсолового комплекса является авария на скважине № 37 Тенгизского месторождения, где 23 июня 1985 г. на глубине 4467 м произошел выброс нефти и газа в атмосферу. В скважине находилась колонна 127 мм бурильных труб, весом 152,4 т. В результате самопроизвольного возгорания нефтегазового флюида вокруг устья скважины возникло огненное кольцо в радиусе 50 м. Затрубное пространство скважины было загерметизировано превентерами. Для формирования струи фонтана произвели отстрел превентеров, предполагая, что бурильные трубы упадут в скважину. Однако после отстрела превентеров бурильная колонна не упала на забой, а в течение 25 мин. находилась как бы в подвешенном состоянии. После этого весь бурильный инструмент, весом 152,4 т, был выброшен из скважины за 9 мин. На последней стадии, когда к устью подошла утяжеленная бурильная труба,

произошел выброс труб, подобно выстрелу снаряда из пушки. Это стало полной неожиданностью для специалистов. Подобное могло случиться только за счет огромного давления сжатого газа. По оценкам специалистов, оно составило в 7–9 раз больше, чем необходимо для выброса труб с расчетных глубин [5]. Продолжительность работ по ликвидации аварии составила 398 сут., т.е. по 27 июля 1986 г. В течение этого периода в атмосфере сгорели колоссальные объемы нефтегазовых продуктов: нефть – 3,4 млн т, горючие газы – 1,7 млрд м³, сероводород – 516 тыс. т и меркаптан – 850 т. По данным специалистов, в процессе горения температура воздуха у устья скважины достигала до 1500 °С, а температура почвы вокруг скважины – до 440 °С. Оплавленная песчано-глинистая порода вокруг скважины превратилась в стекловидную массу, как вулканическое стекло [1]. Превышения предельно допустимой концентрации сернистого газа составили у устья скважины в 1100 раз, в 300 м от устья скважины – до 100 раз, в радиусе 45 км – в 24 раза (п. Каратон), в радиусе 100 км – в 20 раз (п. Косчагыл) и в радиусе 120 км от устья скважины – в 16 раз (г. Кульсары). В связи со сложившейся ситуацией возникла необходимость переселить жителей поселков Сарыкамыс и Каратон в города Атырау, Кульсары и в районный центр Махамбет.

Таким образом, интенсивное освоение крупных подсолевых углеводородных ресурсов казахстанского сектора Каспийского моря будет происходить в условиях взаимодействия сильных природных сейсмологических, геодинамических и техногенных факторов. Риск возникновения природных землетрясений является существенным.

Острота геоэкологических проблем во многих нефтедобывающих регионах морского шельфа мира выдвигает необходимость научно проанализировать и спрогнозировать ситуацию, которая может сложиться в казахстанском секторе Каспийского моря. Она обусловлена разработкой прибрежных и морских месторождений нефти и газа с аномально высокими термобарическими характеристиками. Естественные геоэкологические условия региона во многом неблагоприятны. Это замкнутый характер морского бассейна и мелководная обстановка в шельфовых зонах, насыщенность прибрежных районов инфраструктурой и заселенностью людьми. Разработка морских месторождений в казахстанском и российском шельфах будет сопровождаться сооружением новых морских промыслов, причалов, линии нефте- и газопроводов. В связи с этим добыча нефти и газа представляется потенциально опасной для загрязнения окружающей среды, возможны возникновения непредвиденных техногенных землетрясений и сдвигов почвы, если не будут соблюдены повышенные меры геоэкологической безопасности.

Каспийское море – самый крупный в мире внутриконтинентальный водоем, не связанный с мировым океаном. Оно обладает многообразием экосистем и богатыми запасами природных ресурсов, до настоящего времени не полностью изученных и не используемых рационально. В недрах Каспийского моря скрыты продолжения известных «наземных» нефтяных и газовых месторождений Азербайджана, Дагестана, Туркменистана и Западного Казахстана. Геологоразведочные работы в регионе позволили выявить ряд крупнейших нефтегазоносных структур в акватории Каспийского моря и прилегающей территории. В связи с этим при освоении углеводородных ресурсов региона необходима разработка и внедрение системы предотвращения возможных нефтегазовых выбросов и загрязнения экосистемы от предстоя-

ших широкомасштабных нефтяных операций на море. Для этой цели должен быть организован мониторинг Каспийского моря и Прикаспийского региона в целом. Исходя из совокупности факторов риска и форм их проявления мониторинг должен быть комплексным и включать в себя геодинамические, сейсмологические и геоэкологические направления. Создание геолого-геофизической основы оценки геодинамической и сейсмической опасности при разработке нефтегазовых месторождений-гигантов способствовало бы принятию превентивных мер во избежание возможных экологических катастроф.

Список литературы

1. Диаров М. Д. Риски возникновения катастрофических нефтегазовых выбросов при освоении морских гигантских подсолевых углеводородных ресурсов казахстанского сектора Каспийского моря / М. Д. Диаров. – Атырау, 2010. – 16 с.
2. Зоненшайн Л. П. Тектоника литосферных плит территории СССР / Л. П. Зоненшайн [и др.]. – М. : Недра, 1990. – Кн. 2. – 334 с.
3. Лобковский Л. И. Сейсмологический мониторинг Южно-Мангистауского региона нефтедобычи Западного Казахстана / Л. И. Лобковский, С. А. Ковачов [и др.] // Нефть и газ. – 2011. – № 2 (65). – С. 21–39.
4. Мурзагалиев Д. М. Геология и нефтегазоносность Западного Казахстана / Д. М. Мурзагалиев. – Алматы, 2009. – 178 с.
5. Отчет штаба по ликвидации открытого горящего неуправляемого нефтегазового фонтана на скважине 37-Тенгизская. – Министерство нефтяной промышленности СССР, 1986. – 257 с.

References

1. Diarov M. D. Riski vznikovenija katastroficheskih neftegazovyh vybrosov pri osvoenii morskikh gigantskih podsolevyh uglevodородnyh resursov kazahstanskogo sektora Kaspijskogo morja / M. D. Diarov. – Atyrau, 2010. – 16 s.
2. Zonenshajn L. P. Tektonika litosfernyh плит territorii SSSR / L. P. Zonenshajn [i dr.]. – M. : Nedra, 1990. – Kn. 2. – 334 s.
3. Lobkovskij L. I. Sejsmologicheskij monitoring Juzhno-Mangistauskogo regiona neftedobychi Zapadnogo Kazahstana / L. I. Lobkovskij, S. A. Kovachov [i dr.] // Neft' i gaz. – 2011. – № 2 (65). – S. 21–39.
4. Murzagaliev D. M. Geologija i neftegazonosnost' Zapadnogo Kazahstana / D. M. Murzagaliev. – Almaty, 2009. – 178 s.
5. Otchet shtaba po likvidacii otkrytogo gorjawego neupravljaemogo neftegazovogo fontana na skvazhine 37-Tengizskaja. Ministerstvo nefljanoj promyshlennosti SSSR, 1986. – 257 s.

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПАЛЕОЦЕН-ЭОЦЕНОВЫХ СЕКВЕНЦИЙ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СИНАЯ (ЕГИПЕТ)

Осама Рамзи Эльшахат, аспирант, Арабская Республика Египет, e-mail: geologi2007@yandex.ru

Речь идет об изучении минералогических компонентов секвенции палеоцена и эоцена в секторах Хаммам Фараон, Северный Эль-Марха и Вади фиран на юго-западе Синайского полуострова. Вскрытые осадочные толщи изучаемой области были литологически классифицированы и поделены на различные горные образования от древних до молодых, а именно: Эсна сланцы, Фивы, Дарат, Самалут, Хабуба, Мукатам, Танка и Таеба. Определение минералогического состава проводилось с помо-