
НАШИ ГОСТИ

УДК 550.34

DOI: 10.23671/VNC.2014.4.55484

О СЕЙСМОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ВЫЗВАННОЙ НЕФТЕДОБЫЧЕЙ

© 2014 Т.О. Бабаян

Институт геофизики и инженерной сейсмологии имени академика А. Назарова
НАН РА, 3115, г. Гюмри, В. Саркисяна, 5, Республика Армения, e-mail:
tambabayan@mail.ru

Землетрясения страшные катастрофические явления, которые за несколько секунд уничтожают людей, целые города и села, культурные и материальные ценности созданные людьми в течение веков и многих лет, вызывают продлившиеся многие годы последующее трагическое возрастание различных психологических, сердечных, нервных и др. заболеваний, изменяют экологический баланс окружающей среды и возвращают назад все сферы устойчивого развития человеческого общества в регионе, подверженном землетрясению.

В статье определены причины и характер проявления и активизации сейсмических процессов вследствие интенсивной разработки нефтяных месторождений в Закавказском регионе, путем исследования современных движений, геологических, геодинамических и инженерно-геологических явлений, процессов в нефтеносных пластах, распределения очагов и изменения сейсмичности в течение времени добычи нефти.

Ключевые слова: нефтедобыча, инженерно-геологические явления, сейсмичность.

Сейсмические события

В различных странах мира, где добывалась нефть, после нефтедобычи в регионе наблюдалась активизация сейсмических процессов с соответствующими последствиями. Ряд исследователей причиной землетрясений в зонах нефтедобычи считали такие инженерно-геологические процессы, как оседания пород. При этом в пластах, лишенных нефти вследствие ее добычи, образуются пустоты, снижается пластовое давление, что иногда приводит к уплотнению этих пластов и оседаниям земной поверхности. Но вызванному при этом землетрясению не следуют афтершоки. Исследования характера сильных землетрясений в зонах нефтедобычи привело к иной оценке причин их возникновения.

Исследования Старогрозненских очагов землетрясений на северном Кавказе, в районе Старогрозненского нефтяного месторождения, показали тектоническое происхождение землетрясения 26 мая 1971 года, $M=4,1$, $I_0=7-8$, но возбужденного разработкой нефтяных месторождений [Смирнова, 1977]. Очаги Старогрозненских землетрясений находились на глубинах от 2,5 км до 22 км.

Статистика сохранила множество данных в особенности о Шамахинских разрушительных землетрясениях, на расстоянии около 50-70 км от Бакинских нефтеорождений: 1192 г. ($M=4,5$, $I_0=7-8$), 1668 г. ($M=6,1$, $I_0=8-9$), 1671 г. ($M=5,2$, $I_0=8-9$), 1828 г. ($M=5,7$, $I_0=8$), 1859 г. ($M=5,9$, $I_0=8-9$), 1869 г. ($M=5$, $I_0=8$), 1872 г. ($M=5,7$,

$I_0=8-9$), 1875 г. ($M=5,4$, $I_0=8$), 1902 г. ($M=6,9$, $I_0=8-9$), 1956 г. ($M=5,3$, $I_0=7-8$) [Новый каталог..., 1977; Бюс, 1948, Бабаян, 2011 и др.].

Согласно составленной Шебалиным Н.В. карте, изосейст разрушительного Шамахинского землетрясения 1902 года, большая ось эллипса – зоны интенсивного проявления землетрясения, тянулась к Апшеронскому полуострову и прибрежным зонам Каспийского моря [Шебалин, 1982]. Происхождение Газанджикского землетрясения в 1946 году ($M=6,5$) на противоположном от Апшеронского полуострова берегу Каспийского моря, которое охватило город Небит-даг Туркмении, специалисты также связывают с явлениями, происшедшими в нефтеносных горизонтах. Причем эпицентр этого землетрясения находился около 100 км восточнее от Каспийского моря, а его изосейсты тянулись к Апшерону. То же самое можно сказать о Краснодарском землетрясении 1895 года. Помимо сказанного выше, идет развитие грязевого вулканизма, что указывает на наличие единой сейсмогенной зоны, проходящей через Шамахи – Апшерон – Небит-даг и восточнее, к которой приурочены очаги землетрясений.

Современные движения

Новейшие и современные движения земной коры выражаются интенсивными опусканиями и поднятиями прибрежной части Каспийского моря. Такие движения здесь отмечались еще несколько столетий назад. Например, во время землетрясения 743 года ($M=4,9$, согласно [Мушкетов, 1887], эпицентр в Иране) берег Каспийского моря (у Дербента) вместе с крепостной стеной опустился под море; в 957 году во время землетрясения ($M=5,5$) Каспийское море отступило на 150 метров; в 1868 г. 26 апреля, в Баку было замечено, что уровень Каспийского моря поднялся, затем опустился на полметра, исчез остров Погорелая плита, который в этом году был выше моря на 2 метра; в 1861 г. у острова Кумани появился остров, который в 1862 г. опустился до уровня моря, в 1863 г. снова поднялся; 15.04.1878 на окраине Баку в сторону моря земля поднялась на 60 м; 10.10.1923. у с. Бузовны появился остров высотой 3 м и т. д.

На сеймотектонической карте можно наблюдать приуроченность очагов сильных и разрушительных землетрясений с сейсмогенными нарушениями региона (рис. 1). Статистика показывает, что Шамахинские землетрясения связаны с интенсивной добычей нефти и, одновременно, приурочены к узлу пересечения ряда сейсмогенных тектонических нарушений. Это тектонические нарушения по линиям:

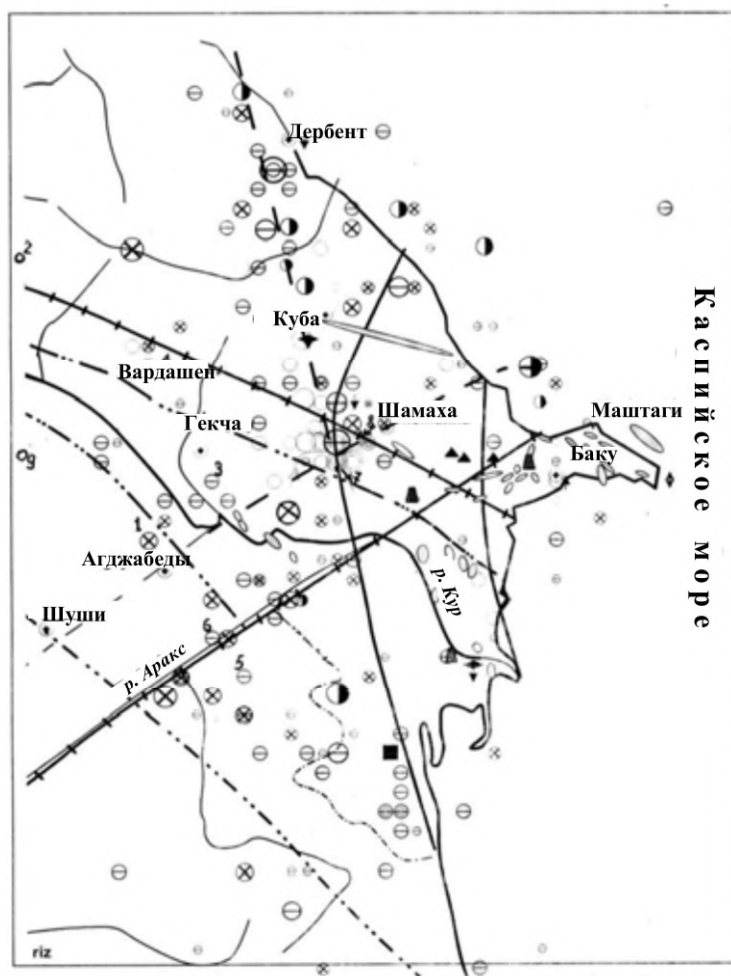
1. Сумгаит – Южнее Шамахи – долина р. Аракс – к югу от Нахичеваня (восточная ветвь Пальмиро-Апшеронского глубинного разлома), где он пересекается с другим сейсмогенным разломом, который по ущелью р. Аракс продолжается к Эрзеруму (Анатолийский разлом) и западнее, а к юго-востоку простирается по направлению Тавриз – Тегеран,

2. Остров Булла – Шамахи – Геокчай – Вардашен – Нухи – и его З-СЗ продолжение в сторону Грузии,

3. Прикаспийская, меридионального направления сеймотектоническая зона по линии Дербент – Куба – Шамахи – Ленкорань и южнее в Иран.

На карте выделяется также четвертая сейсмогенная зона по направлению Астара – Агджабеди – Гянджа и к западу, к которому также приурочены эпицентры землетрясений.

Причем землетрясения приурочены не только к ближним к зонам нефтедобычи нарушениям. О связи между нефтедобычей и землетрясениями, приуроченными к удаленным частям сейсмогенных разломов и их разветвлений, к примеру, говорит очень интересное сообщение Бюса Е.И. о том, что 1 окт. 1851 г., в 11 часов в Шамахе произошло землетрясение, и что одновременно произошло землетрясение в Реште (360 км) и Энзели (385 км) в Иране. Другое его сообщение гласит, что в 1859 году, с 14 июня, 11 дней подряд, произошли землетрясения и в Шамахе и в Эрзеруме одновременно [Бюс, 1948]. Это интересное явление является темой отдельных исследований.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Магнитуда			
3 ≤ M ≤ 4	4,1 ≤ M ≤ 5	5,1 ≤ M ≤ 6	6,1 ≤ M ≤ 7
○	○	○	○
Глубина			
2,5 ≤ H ≤ 10	10 < H < 25	25 ≤ H ≤ 50	H > 50
○	○	○	○
1. ————	2. ————	3. a. ▲ b. ▲ c. ■	4. ▼ 5. ○ 6. ▼

Рис. 1. Сейсмотектоническая карта Восточного Кавказа.

1. Тектонические нарушения различного класса по А. Габриеляну (1981); 2. Оси сейсмотектонических зон отмеченные нами; 3. Извержения, проявленные во время землетрясений: а) газово-огненные, б) грязевые, в) соляные; 4. Осадки грунтов; 5. Обнаруженные нефтяные и газовые поля; 6. Современные контрастные движения.

О перераспределении сейсмической энергии говорит также миграция очагов землетрясений. С этой точки зрения наглядным примером может служить миграция очагов афтершоков разрушительного Шамахинского землетрясения 13.02.1902 года. Как видим на рис. 1, эти афтершоки (приведенные наряду с землетрясениями с $M \geq 3$), нумерованные от 1 до 9, приурочены к различным сейсмогенным зонам исследуемой территории.

Геологические и геодинамические явления

На исследуемой территории наблюдались многочисленные, характерные к таким зонам геологические, геодинамические и инженерно-геологические явления, сопровождающие сильные землетрясения. При Маштагинском землетрясении 1842 г., с эпицентром непосредственно в зоне нефтедобычи – в Апшеронском полуострове, у села Сурхани, во время землетрясения появился огонь, была разрушена деревня Зар, что по-армянски означает сверкающий. И вообще во время многих Шамахинских землетрясений у ближайших деревень в широких трещинах, образовавшихся в грунтах, горел огонь высотой, иногда достигающей до 40-60 м (26.03.1851, по середине дороги из Баку в Шамахи), а в случае события 23 июля 1845 г. в 35 км от Шамахи, в долине р. Пирсагет извержение пламени продолжалось на протяжении 45 минут [Бюс, 1948].

По сравнению с флюидами, газы обычно мигрируют на большие расстояния, и газовые извержения с воспламенением во время землетрясений могут проявляться на довольно большом расстоянии, как от месторождений нефти, так и от эпицентра землетрясения. Например, огненные извержения возникли 24.09.1848 г. у села Мараза на расстоянии около 20-30 км от промышленной залежи, 60 км от эпицентра главного толчка землетрясения и около 17 км восточнее от г. Шамахи. Грязевой вулканизм широко развит в Шамахинском узле пересечений сейсмогенных разломов, в Апшеронском полуострове, нижнекуруинском районе и в Каспийском море (в направлении к противоположному берегу от Апшерона) [Алиев, Багир-Заде, 1985].

Изменение сейсмичности с добычей нефти

Обычно в регионах, где эксплуатируются нефтяные месторождения, степень сейсмической активности меняется по следующим этапам.

Первый этап – это период фоновой сейсмичности, до массовой эксплуатации нефтяных залежей. Затем следует период спада сейсмической активности, когда вследствие откачки нефти увеличиваются силы трения и сцепление между частицами пород на поверхности скольжения разлома, увеличивается сопротивление сдвигу, сейсмические напряжения не разряжаются, а скапливаются. На следующем этапе рост суммарной нефтедобычи действует как спусковой механизм, происходят землетрясения. Это период возрастания сейсмической активности. Под влиянием высокого давления порово-трещинных вод и газов происходят извержения в виде гейзеров не только нефти, газа и воды, но и большого количества обломков породы, грязи, песка и даже соли [Кострин, 1967].

1. Процессы в нефтеносных пластах.

Примеры «живой тектоники» в Старогрозненском месторождении геологи отмечали еще в первые годы его эксплуатации. При этом части пласта вдвигаются одна в другую, породы дислоцируются и разрываются. Исследуемые зоны (Шамахинский, Апшеронский, Прикаспийский и др.) также осложнены серией продоль-

ных и поперечных нарушений. Залежи нефти приурочены в основном к сводовым, тектонически экранированным и стратиграфическим ловушкам. Изменение проводимости по плоскостям сейсмогенных разломов создает возможность фильтрации флюидов.

Глубина до 9 км специалистами считается критической границей для нефти, так как глубже преобладают сверхвысокие пластовые давления, свыше 650–700 атм, а температурный барьер 150–200°C. В таких условиях уже вместо нефти развиваются газоконденсаты [Алиев, Багир-Заде, 1985].

Современные движения также обуславливают направление и масштаб миграции флюидов. Развитие флюидодинамических процессов на этом периоде обуславливает изменение локального геомагнитного поля перед землетрясением [Григорян, 2000].

Очевидно, что таков процесс подготовки возникновения Апшеронских, значительной части Шамахинских и других землетрясений в зонах нефтедобычи.

2. Изменение сейсмичности в течение времени добычи нефти.

Отмеченный процесс активации сейсмичности, вызванной нефтедобычей, можно называть локальным, в отличие от вызванной по той же причине активации региональной сейсмичности.

Для более наглядного представления связи между нефтедобычей и увеличением сейсмической активности в регионе, нами составлен график, на котором отмечены землетрясения, происшедшие за исторический период в восточной части региона (в данном случае за время 743–2000 гг.) [Бюс, 1948, Новый каталог..., 1977; Babayan, 2006] (рис. 2). Для обеспечения одинаковой степени представительности сейсмических событий во время анализа, учтены только землетрясения с $M \geq 4$. Анализ графика показывает, что этап фоновой сейсмичности (чисто тектонического происхождения) продолжался до 1828 г. Сюда входят также периоды сейсмического затишья, из которых наиболее продолжительными были периоды между 957–1139, 1192–1667, 1722–1818 годами.

Чтобы подтвердить достоверность исторических сообщений в связи с долговременностью сейсмических затиший, нами учтены все крупные исторические события, в частности войны (наиболее частые войны происходили между Персией и турками, последние появились здесь со второй половины 15-го века).

Оказалось, что историками землетрясения фиксируются даже при сложных военно-политических ситуациях, а сейсмические затишья наблюдаются и в мирные времена. Итак, сейсмические события на исследуемой территории сначала имели тектоническое происхождение, как землетрясения других частей региона. Но с 1813 года исследуемая территория, которая в средние века была частью Ирана, вошла в состав России, и с 1575 года экспортировала нефть в Европу (Германия, Нидерланды, Испания, Франция и др.). Еще в 1719–20 гг. кустарным способом добывали около 100000 фунтов нефти. Первый нефтеперерабатывающий завод в Баку работал с 1837 по 1839 годы, затем были основаны Сурханский завод в 1860 г. и завод Д. Меликова в 1863 г. В 1869 г. в Баку было 23 таких предприятия, в 1872 г. их число увеличилось до 57, а в 1876 г. – до 146. В отмеченный последний период эти заводы давали 80.000 тонн осветительных масел в год. Итак, с 1828 года произошла активация сейсмических событий в регионе и очевидна ее связь с нефтедобычей. Количество добываемой нефти в советское время держалось в строгой секретности. По данным руководителя лаборатории нефти и газа Института Геологии НАН РА

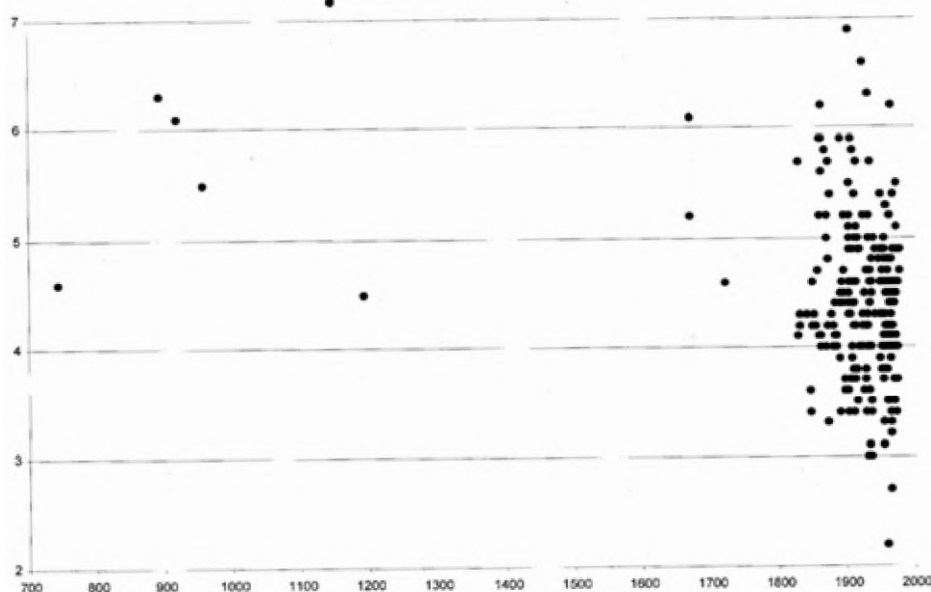


Рис. 2. Распределение землетрясений во времени

докт. Ю. Каграманяна в первые годы Советской власти здесь добывался 1,5-2 млн. тонн нефти в год, а в 70-ые годы – 12-16 млн. тонн

3. Добыча нефти и распределение очагов землетрясений.

Для выявления связи между нефтедобычей и распределением землетрясений с соответствующими глубинами очагов, к примеру, составлен график по меридиональной сейсмогенной зоне по линии Дербент – Куба – Шамахи – Ленкорань и южнее по прибрежной части Каспийского моря в Иран (рис. 3).

На графике отмечены также примерные контуры продуктивной толщи нефти. Согласно этому графику большая часть Шамахинских землетрясений имели глубину очага выше критической для нефти границы, т.е. менее 10 км. На протяжении сейсмогенной зоны глубина очагов землетрясений доходит до 20-25 км, что в основном совпадает с глубиной подошвы осадочного чехла на этой территории.

Самая большая глубина очагов землетрясений до 75 км наблюдалось между Дербентом и Кубой. К югу глубина и интенсивность очагов землетрясений уменьшается кроме землетрясения происшедшего западнее Соляни. У Ленкорана и еще южнее уменьшаются как интенсивность, так и глубина очагов землетрясений, кроме Ардебильского землетрясения 891 г. с M - (6.3), h - (20 км), западнее от разлома.

Обсуждения и выводы

Интенсивные периодические откачки нефти и проникновение флюидов в образовавшиеся пустоты приводят к перераспределению сейсмических напряжений не только в верхней части, и не только ограниченного участка сейсмогенной зоны. Ситуация усложняется тем, что миграции флюидов способствуют современные контрастные движения Прикаспийского берега.

Несмотря на то, что при нефтедобыче напряжения снимаются постепенно, в отличие от землетрясений, когда напряжения снимаются сразу (разряжаются), все же, в особенности при интенсивной добыче нефти и газа, в довольно широких пространствах земной коры происходит перераспределение напряжений. И если в

сейсмогенных тектонических зонах этого региона имеются подготовленные очаги, то перераспределение этих напряжений может спровоцировать возникновение сильных землетрясений. Таким образом, могут возникнуть землетрясения с глубокими очагами, могут активизироваться различные участки пересекаемых сейсмогенных разломов на больших расстояниях, обуславливая вызванную активизацию сейсмичности в регионе, с последующими сейсмо-экологическими катастрофами.

Литература

1. Алиев А. И., Багир-Заде Ф. М. Месторождения нефти и газа и перспективные структуры. Аз. ССР, ЕЛМ, Баку, 1985.
2. Бюс Е. И. Сейсмические условия Кавказа, часть 1. АН Груз. ССР, Тбилиси, 1948.
3. Бабаян Т. О. Является ли Шамахинское землетрясение 1668 года сильнейшим на Кавказе. Вопросы инженерной сейсмологии. ISSN, 0132-2826, т. 38, № 2, Москва, декабрь 2011, 71-80.
4. Габриелян А. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П. Сейсмоструктура Армянской ССР, ЕГУ, Ереван, 1981.
5. Григорян А. Г. Изменение локального геомагнитного поля при изучении геодинамического процесса на территории Армении, Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук, ИФЗ АН России, Москва, 2000.
6. Кострин К. В. Почему нефть называется нефтью, Недра, Москва, 1967.
7. Мушкетов И. В. Материалы по изучению российских землетрясений, Известия Российского Географического общества, том 1, Приложение к т. 35, 1887-98.
8. Смирнова М. Н. Возбужденные землетрясения в связи с разработкой нефтяных месторождений в кн. Влияние инженерной деятельности на сейсмический режим, Наука, Москва, 1977, 128-141.
9. Шебалин Н. В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР, Наука, Москва, 1982.
10. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. Отв. ред. Шебалин Н. В., Кондорская Н. В. АН СССР, М., Наука, 1977, 535 стр.
11. Babayan T. No. Oil Extruction and Its Influence on Modern Motions, Seismological and Geomorphological Conditions. Проблемы геоморфологии и неотектоники горных областей Альпийско-Гималайского пояса. Тезисы докладов Международной тематической конференции посвященной 1700-летию принятия Христианства в Армении как государственной религии. 14-21 окт., 2001 г., Ереван, 2001, с. 61-62.
12. Babayan T. No. Atlas of the Strong Earthquakes of the Republic of Armenia, Artsakh and Adjacent Territories From Ancient Times Trough 2003. Tigran Mets Publishing House, Armenia, 2006, ISBN: 99941-0-168-4, 140 p.

DOI: 10.23671/VNC.2014.4.55484

ABOUT A SEISMOECOLOGICAL DANGER CAUSED BY THE OIL OUTPUT

© 2014 T.O. Babayan

Institute of geophysics and engineering seismology of NAS of the RA, 5, Sarkisian st.,
Gyumry, Republic of Armenia, 3115, e-mail: tambabayan@mail.ru

Earthquakes are the terrible catastrophic phenomena, which after several seconds destroy people, entire cities and villages, cultural and material values created by people for the centuries and many years, produce prolonged many years the subsequent tragic growth of different psychological, heart, nervous and other diseases, they change the ecological balance of environment and return back all spheres of the steady development of human society in the region, subjected to earthquake.

In the article are determined the reasons and the nature of manifestation and activation of seismic processes as a result of the intensive development of petroleum deposits in the Transcaucasian region, by investigating of contemporary motions, geological, geodynamic and geological engineering phenomena, processes in the oil-bearing layers, the distribution of centers and change in the seismicity in the period of oil production.

Key words: oil output, geological engineering phenomena, the seismicity.