

УДК 550.3:622.276

DOI 10.23671/VNC.2019.1.26790

Технологии добычи остаточной нефти

Г. Дж. Етирмишли, д. г.-м. н., Г. О. Валиев, С. Э. Казымова, к. г.-м. н.,
С. С. Исмаилова, И. Э. Казымов, к. г.-м. н.

Национальная Академия Наук Азербайджана, Республиканский Центр
Сейсмологической Службы, Республика Азербайджан, 1001, Баку, ул. Гусейн
Джавида, 123. e-mail: sabina.k@mail.ru

Аннотация: В мире к настоящему времени открыты более 40 тысяч нефтяных месторождений с суммарными балансовыми запасами более 500 млрд т. И только около 30% этих запасов было извлечено или может быть еще извлечено из недр с помощью современных промышленно освоенных методов добычи, включая вторичные и третичные методы. Остальные 70% разведанных запасов нефти остались неизвлеченными и составляют так называемые остаточные запасы, которые могли бы стать резервом увеличения нефтедобычи без огромных затрат на поиски, разведку и обустройство новых нефтяных месторождений. В данной статье рассматриваются два метода извлечения остаточной нефти: на суше и на море. Для месторождений на суше целесообразно применение сейсмодвигателей, для морских месторождений – использование воздействия естественных источников колебаний, в нашем случае землетрясений. Вопрос о влиянии землетрясений на открытие газовых и нефтяных месторождений ставится впервые, и при серьезных исследованиях может дать практические результаты. Изучение сейсмологами влияния землетрясений на дебиты нефтяных скважин на расстояниях 70-200 км от эпицентра показало, что рой землетрясений может увеличить процент нефти в дебитах обводненных скважин, если изначально он был весьма мал, или уменьшать это значение, если нефтяная доля была преобладающей.

Наблюдения показывают, что за последние годы сейсмичность подвижной системы повышается. Глубины произошедших землетрясений с магнитудой ≥ 3 менялись в пределах 25-35 и 40-60 км. В 2016 г. наблюдалась активизация в северной части Абшероно-Прибалханской складчатой системы (было зарегистрировано 22 землетрясения с $M \geq 3,0$), к востоку от Абшерона. Глубины их изменяются в пределах 40-60 км. Землетрясение со старшей магнитудой 4,3 произошло 30 ноября 2016 г.

За последние годы в Центральном Каспии произошло ряд сильных землетрясений с $M > 5$: в 2014 г. произошло землетрясение с $M=5,6$ (40,14°N, 51,65°E, H=60 км), а в 2015 г. – с $M=5,4$ (40,03°N, 51,89°E, H=42 км).

Ключевые слова: нефтяные месторождения, остаточная нефть, землетрясения, сейсмодвигатели, методы извлечения остаточной нефти.

Для цитирования: Етирмишли Г. Дж., Валиев Г. О., Казымова С. Э., Исмаилова С. С., Казымов И. Э. Технологии добычи остаточной нефти // *Геология и геофизика Юга России*. 2019. Том 9 №1. С. 84-96. DOI: 10.23671/VNC.2019.1.26790.

Введение

Эффективность извлечения нефти из нефтеносных пластов современными, промышленно освоенными методами разработки во всех нефтедобывающих странах на сегодняшний день считается неудовлетворительной, притом, что потребление нефтепродуктов во всем мире растет из года в год. Все крупные и крупнейшие нефтяные месторождения, на которые приходится $\frac{3}{4}$ текущей добычи нефти в стране, характеризуются значительной истощенностью запасов и высокой обводненно-

стью добываемой продукции. Число выводимых из эксплуатации так называемых «нерентабельных» скважин уже исчисляется десятками тысяч [Андреев и др., 2014; Кондорская, Шебалин, 1977; Казымова, Казымов, 2016; Кахраманлы, Аджамов, 2012]. В некоторых компаниях их число достигает 50% и более от действующего фонда. Вследствие этого фактическая плотность сетки скважин оказывается в несколько раз меньше проектной. При этом наблюдается безответственное отношение к недрам. Данная ситуация сложилась, во-первых, из-за сверхобеспеченности многих нефтяных компаний запасами нефти, что позволяет им «снимать сливки», выборочно интенсифицируя добычу из активных пластов. Потенциал такой добычи пока еще высок, а извлечение «трудных» запасов невелико [Hugh, 1997; Kaiser, Pulsipher, 2007]. Поэтому и методы увеличения нефтеотдачи не востребованы. Интенсивная отработка активных запасов приведет к тому, что уже в ближайшие годы придется иметь дело в основном с «трудными» запасами, что неизбежно приведет к падению добычи нефти в стране (рис. 1).

Бакинский нефтегазоносный район – крупнейший район по добыче, запасам нефти и газа в Азербайджане. Нефтяные месторождения района расположены в пределах Южно-Каспийского нефтегазоносного бассейна, на территории Абшеронского полуострова и прилегающей акватории Каспийского моря. Месторождения нефти и газа заключены в антиклинальных складках и куполах различной формы, в толщах песка, песчаника, алевролита и глин мощностью от 1000 до 3400 м. В Бакинском нефтегазоносном районе свыше 80 месторождений нефти и газа [Андреев, Дубинский, 2014; Хаин, Ализаде, 2005]. Основные месторождения: Шах-Дениз, Азери-Чираг-Гюнешли, Нефтяные Камни, Бахар, Сангачалы-море, Би-Эйбат, Сураханы, Карачухур, Карадаг.

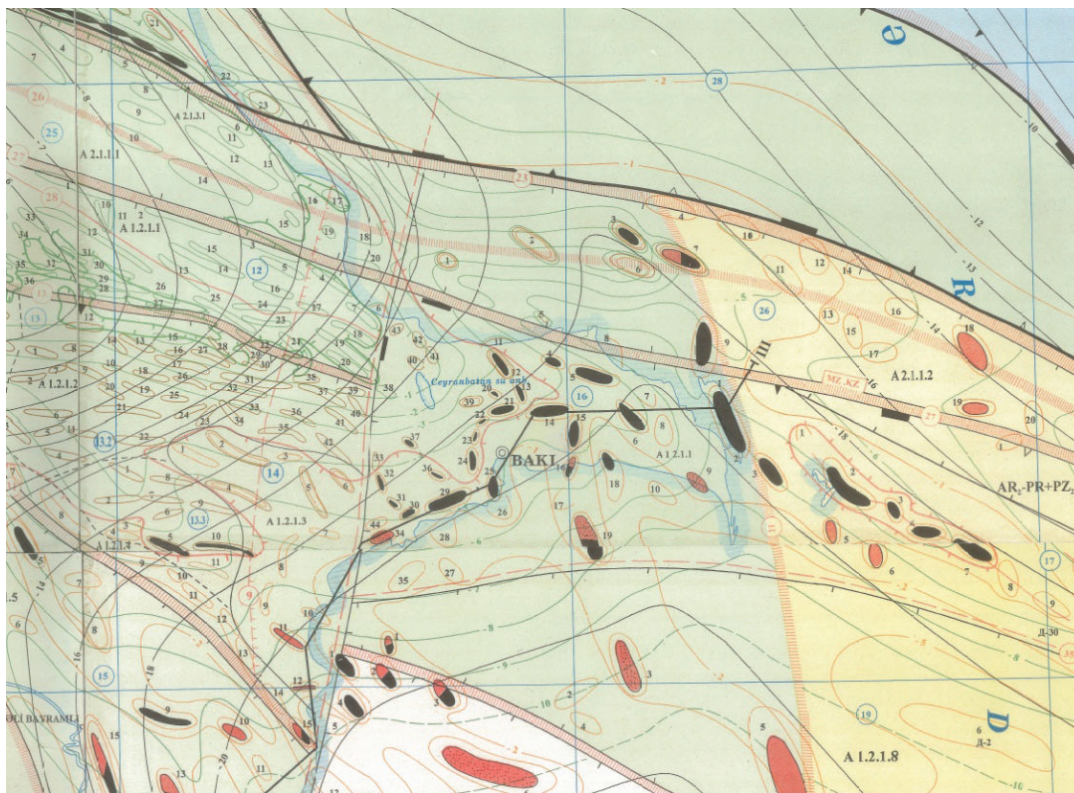


Рис. 1. Бакинский нефтяной район /
Fig. 1. Baku oil region

Современные геологические запасы нефти во всех известных месторождениях мира достигают более 500 млрд. т., из них более 300 млрд. т. относятся к категории неизвлекаемых современными промышленно освоенными методами разработки. Извлечение из остаточных запасов нефти 10-15% в среднем, или 30-40 млрд. т., возможно даже изучаемыми в настоящее время методами увеличения нефтеотдачи пластов. Поэтому остаточные запасы нефти на разрабатываемых месторождениях представляют собой большой резерв для увеличения извлекаемых ресурсов и важную цель для применения методов увеличения нефтеотдачи пластов [Федин и др., 2013; Wilson, 2006].

Технология добычи остаточной нефти методом воздействия сейсмовибраторами

Остаточные запасы нефти на месторождениях, находящихся на самой поздней стадии разработки (обводненность продукции выше 90%), огромны. Увеличить извлекаемые запасы нефти, снизить обводненность продукции, повысить или даже стабилизировать добычу на этой стадии – задача номер один для нефтедобывающей отрасли. Однако это наиболее трудная категория остаточных запасов, особенно на месторождениях с высокой эффективностью заводнения, когда конечная нефтеотдача пластов превышает 60%, нефть рассредоточена и рассеяна бессистемно по пласту, а высокая водонасыщенность мешает вступить в контакт с нефтью любому рабочему агенту [Андреев и др., 2014; Ахметов, 2016; Барышников и др., 2016].

За многолетнюю практику разработки месторождений предложено множество методов и технологических приемов, позволяющих увеличить отбор нефти из недр. Все эти методы извлечения остаточных после заводнения запасов нефти могут применяться в виде различных модификаций. Они сопровождаются сложнейшими физико-химическими, газодинамическими, микробиологическими, гравитационно-сейсмическими процессами, большим риском получения неоптимальных результатов и требуют широких всесторонних исследований и промысловых испытаний, прежде чем их промышленно применять [Ахметов, 2016].

Исследования в области увеличения нефтеотдачи пластов устремлены на уменьшение остаточных запасов нефти, на извлечение экономически рентабельной их части, особенно в сложных горно-геологических условиях (малопроницаемые, неоднородные, расчлененные, заводненные пласты, карбонатные коллекторы, нефтегазовые залежи и т. д.), которые освоенными методами разрабатываются неэффективно.

Относительно недавно нефтяная компания «SOCAR» приобрела ряд модернизаций самого современного уровня (AHV-IVCommander (PLS 364)) для улучшения рабочих показателей вибратора, обеспечения лучшего контакта с грунтом, увеличения основного усилия и уменьшения гармонических искажений (рис. 2).

В зависимости от частоты гармонических колебаний в отдельных слоях могут устанавливаться волны как с положительными (от эпицентра к периферии), так и с отрицательными (от периферии к эпицентру) фазовыми скоростями. Расположив сейсмический источник над скважиной и подобрав частоту его колебаний так, чтобы вдоль коллектора от периферии к центру с малой фазовой скоростью шла сейсмическая волна, будет происходить вытеснение нефти или другого флюида и оттеснение их к скважине [Ахметов, 2016].



Рис. 2. Модели сеймовибраторов применяемых при нефтеотдаче остаточных запасов /
Fig. 2. Models of seismic vibrators used in the oil recovery of residual reserves

Коллектор, выведенный из состояния равновесия отбором нефти и закачкой воды, теряет динамическое равновесие. Одной из его ответных реакций, связанных с перераспределением напряжений и других физических параметров, является сейсмическая эмиссия. Это – высокочастотный (десятки – сотни герц) шум, генерируемый образующимися и закрывающимися трещинами, дислокациями на дефектах структуры разного масштаба (рис. 3).

Рабочий диапазон частот вибратора 5-100 Гц, амплитуда силы на штампе 20 т, реактивная масса 5 т. При работе в «средних» грунтовых условиях, на осадочных породах, вибратор создает на глубине 1 км сейсмические колебания, характеризующиеся скоростью движения частиц среды 10~2 мм/с, относительными деформациями Ю-7, плотностью потока энергии 0,01 Вт/м². В среднем применение десяти вибраторов позволит сфокусировать энергию в заданном объеме среды и в 100 раз повысить ее плотность. Задавая разные фазовые сдвиги работающим на поверхности вибраторам, можно сосредоточивать энергию в различных областях среды, при этом размер области интенсивных колебаний составит 50-100 м.

Для нефти средней вязкости предполагается более отчетливый эффект воздействия, поскольку такая нефть обладает высокой фильтрующей способностью и возможное искусственное изменение вязкости, вызванное вибровоздействием, не изменит нефтеотдачи [Кондорская, Шебалин, 1977].

Исследования вибровоздействия планируется начать с изучения фоновых характеристик дебита воды и нефти, химического состава нефти, температуры, давления, сейсмической эмиссии, а также с постановки наклономерных наблюдений и точного нивелирования над залежью и за ее пределами. К вибрационному воздействию на залежь приступят после трех – шести месяцев фоновых измерений. При этом будут регистрироваться и контролироваться параметры сейсмического волнового поля на поверхности Земли и в скважинах.

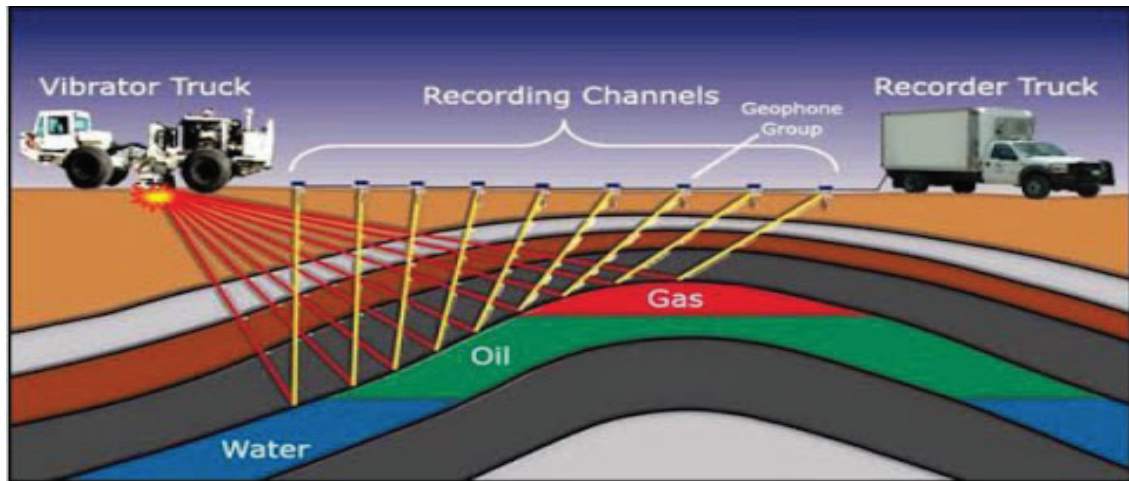


Рис. 3. Принцип воздействия сейсмовибраторами на нефтяные залежи [Ахметов, 2016]. /
Fig. 3. The influence principle of the seismic vibrators on oil deposits [Ahmetov, 2016].

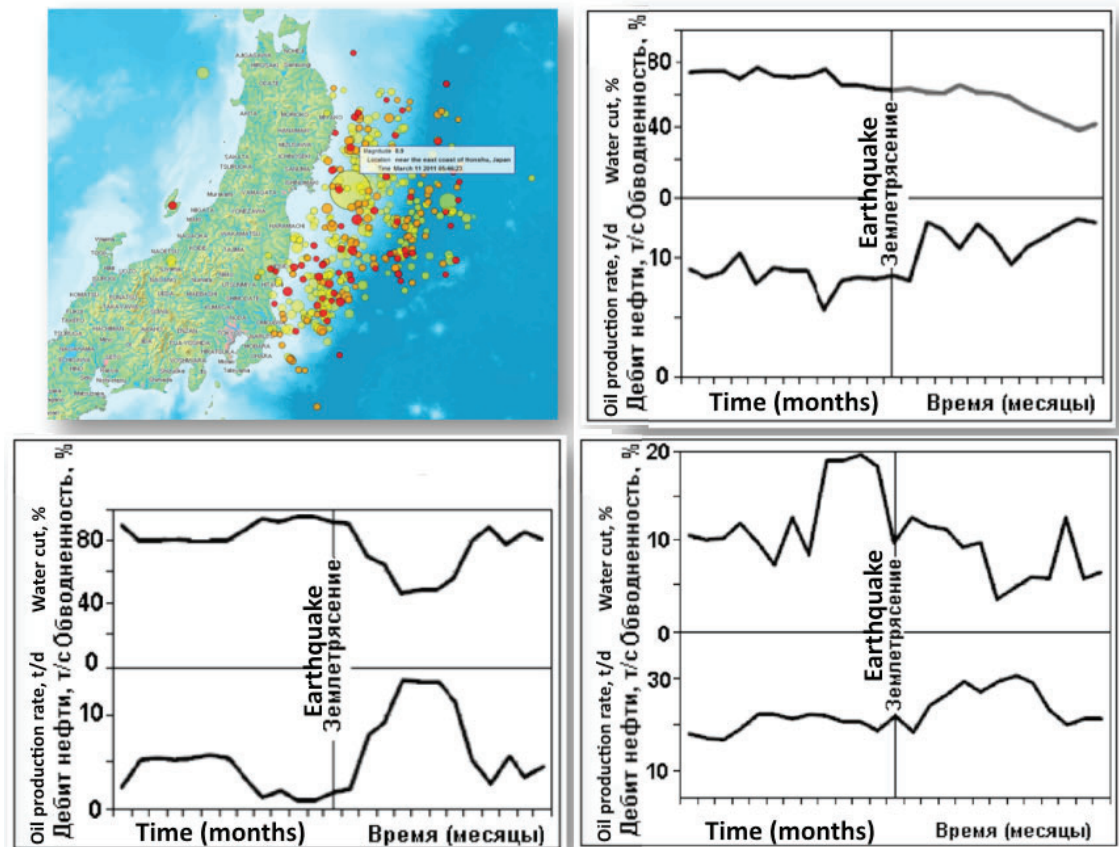


Рис. 4. Землетрясение у восточного побережья острова Хонсю 2011 года, а также реакция уровня обводненности и дебита нефти добывающих скважин в Западной Сибири и в Казахстане при прохождении сейсмических волн [Ахметов, 2016] /

Fig. 4. The earthquake in the east coast of the island of Honshu 2011, and also the response of the level of watercut and oil production rate of producing wells in Western Siberia and in Kazakhstan during the passage of seismic waves [Ahmetov, 2016]

Главным преимуществом данной технологии является высокая рентабельность добычи той нефти, которая сегодня не добывается по причине экономической нерентабельности или из-за отсутствия технологий.

Влияние землетрясений на процесс нефтеотдачи

Известно, что землетрясения вызывают изменения физико-химических свойств флюидов и газов в недрах Земли, дебитов и уровней жидкостей в скважинах и колодцах, приводят к возникновению трещин, создающих новые пути для движения флюидов [Кондорская, Шебалин, 1977].

Изучение сейсмологами влияния землетрясений на дебиты нефтяных скважин на расстояниях 70-200 км от эпицентра показало, что рой землетрясений может увеличить процент нефти в дебитах обводненных скважин, если изначально он был весьма мал, или уменьшать это значение, если нефтяная доля была преобладающей. Конечно, имеются и промежуточные случаи, но примеры, приведенные на рисунке 5, представляют нужную идеализацию явления, которое наблюдается и при вибрационных воздействиях на пласт. Эти изменения вызваны нарушением напряженного состояния горных пород, коллекторов и связанным с ним увеличением внутрипластового давления, изменениями трещиноватости и пористости либо прямым воздействием сейсмических волн на пласт, свойства и состояние коллектора и содержащуюся в нем нефть и воду. Однако известны случаи, когда добыча изменялась под влиянием только сейсмических воздействий [Кондорская, Шебалин, 1977].

В качестве примера рассмотрим влияние на изменение доли воды и доли нефти после землетрясения произошедшего вблизи побережья острова Хонсю в Японии 11 марта 2011 года. Землетрясение произошло с магнитудой 9,1. Поверхностная волна была зарегистрирована сейсмостанциями в Крыму (рис. 4, 5).

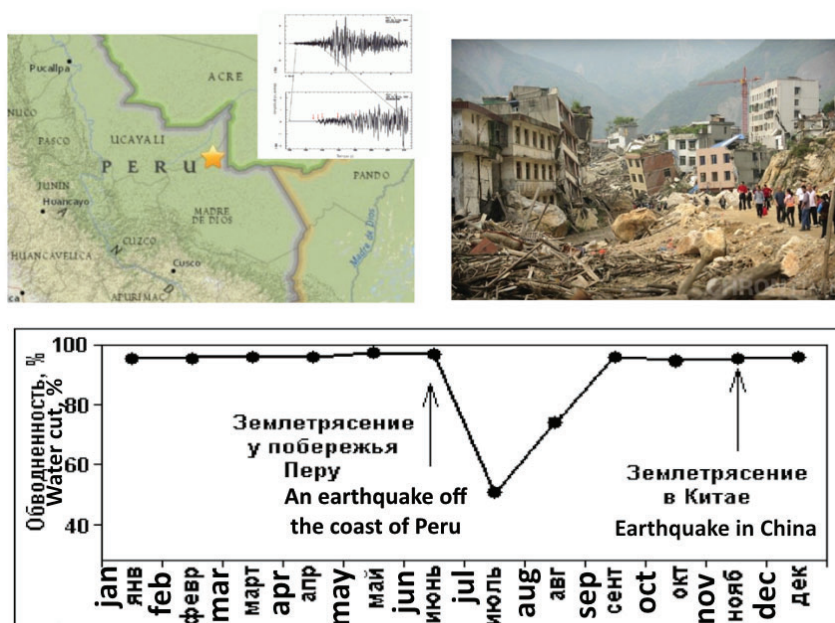


Рис. 5. Землетрясение в Перу 15 августа 2007, а также реакция уровня обводненности добывающих скважин в Западной Сибири и в Казахстане при прохождении сейсмических волн [Ахметов, 2016] / Fig. 5. The earthquake in Peru on August 15, 2007, as well as the response of the watercut level of producing wells in Western Siberia and in Kazakhstan during the passage of seismic waves [Ahmetov, 2016]

Реакцией на это землетрясение стало изменение доли воды и нефти в продукции добывающих скважин в Западной Сибири и в Казахстане. Такая же картина наблюдалась после землетрясения в Перу с магнитудой 8, зарегистрированное 15 августа 2007 года в 18:40:57 по местному времени.

Отметим, что за период с 01.01.2007 года по 01.01.2017 года, то есть за последние 10 лет, на планете Земля произошли 240995 землетрясений силой от 2 и более магнитуд, что в среднем составляет 66 землетрясений в сутки [Кондорская, Шебалин, 1977].

Известно, что в результате землетрясений возникают продольные, поперечные и поверхностные волны. Наиболее мощными являются поверхностные волны, под действием которых в проницаемых пластах (в путях миграции) и возникают фильтрационные волны давления (рис. 6). Продолжительность, частота и амплитуды поверхностных волн зависят от многих факторов, в том числе и от глубины очага землетрясения [Кондорская, Шебалин, 1977].

Например, продолжительность колебаний в поверхностной волне от землетрясения у берегов Японии 11 марта 2011 года, составила около 60 минут.

Частота колебаний в поверхностных волнах чаще всего изменяется в пределах 0,066 до 0,2 Гц. А продолжительность колебаний от нескольких минут до одного и более часа [Кондорская, Шебалин, 1977].

Если принять частоту колебаний в 0,066 герца, а продолжительность колебаний только в 2 минуты, то и тогда число актов поступательно-возвратных перемещений жидкости в поровых каналах путей вторичной миграции нефти составит: [Кондорская, Шебалин, 1977]

- в палеозое – 54925600 миллионов актов;
- в мезозое – 21681000 миллионов актов;
- в кайнозое – 6263400 миллионов актов.

Помимо этого в путях вторичной миграции нефти возникают и распространяются фильтрационные волны давления, вызванные силами притяжения Солнца и Луны. В результате этого в путях вторичной миграции нефти возникали поступательно-возвратные перемещения жидкости [Кондорская, Шебалин, 1977].

Отметим что, изменение уровня воды приводит к изменению нагрузки на дневную поверхность Земли, в результате чего возникают и распространяются в нефтяных пластах фильтрационные волны давления. Это и является причиной изменения

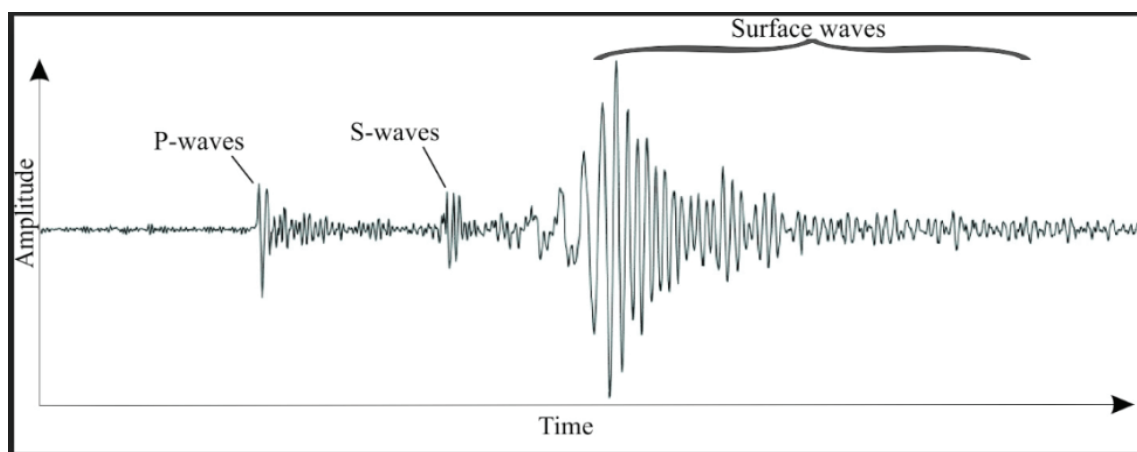


Рис. 6. Типы сейсмических волн (объемные и поверхностные) /
Fig. 6. Types of seismic waves (body and surface)

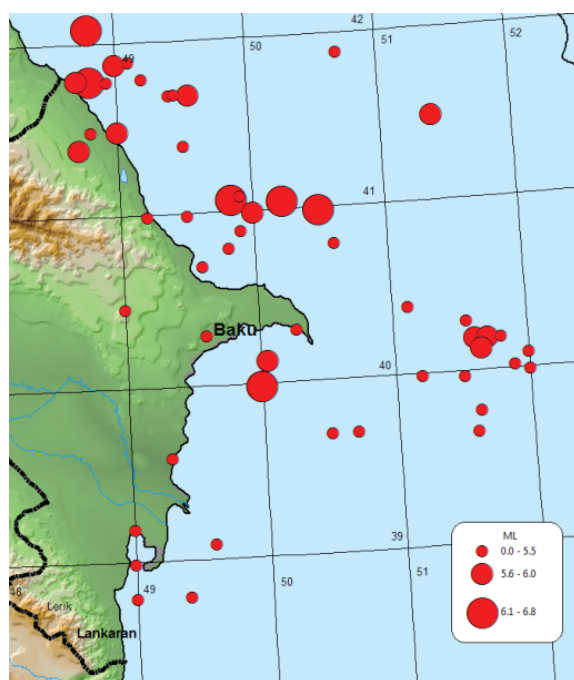


Рис. 7. Карта эпицентров землетрясений Каспийского моря за период 1957-2017 гг. с магнитудой $M_I \geq 5.0$ /
Fig. 7. Map of the epicenters of the earthquakes of the Caspian Sea for the period 1957-2017 with $M_I \geq 5.0$ magnitude

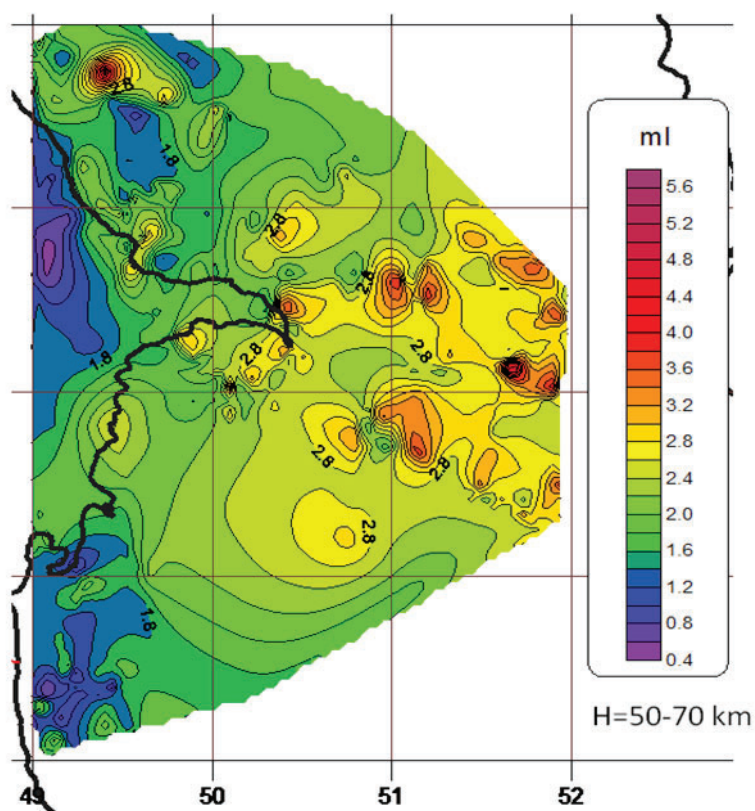


Рис. 8. Распределение магнитуд землетрясений в пределах Каспийского моря [Гасанов, 2001; Етирмишли и др.] /
Fig. 8. Distribution of magnitudes of earthquakes within the Caspian Sea [Gasanov, 2001; Etirmishli. et al.]

доли нефти и доли воды в продукции добывающих скважин вследствие притяжений Солнца и Луны [Кондорская, Шебалин, 1977; Етирмишли и др.; Kuralbayeva et al., 2011].

Сейсмичность исследуемого региона

Как известно территория Абшеронского полуострова не выделяется высокой сейсмической активностью. Однако основная опасность для этого региона исходит со стороны акватории Каспийского моря, характеризующейся высокой сейсмиче-

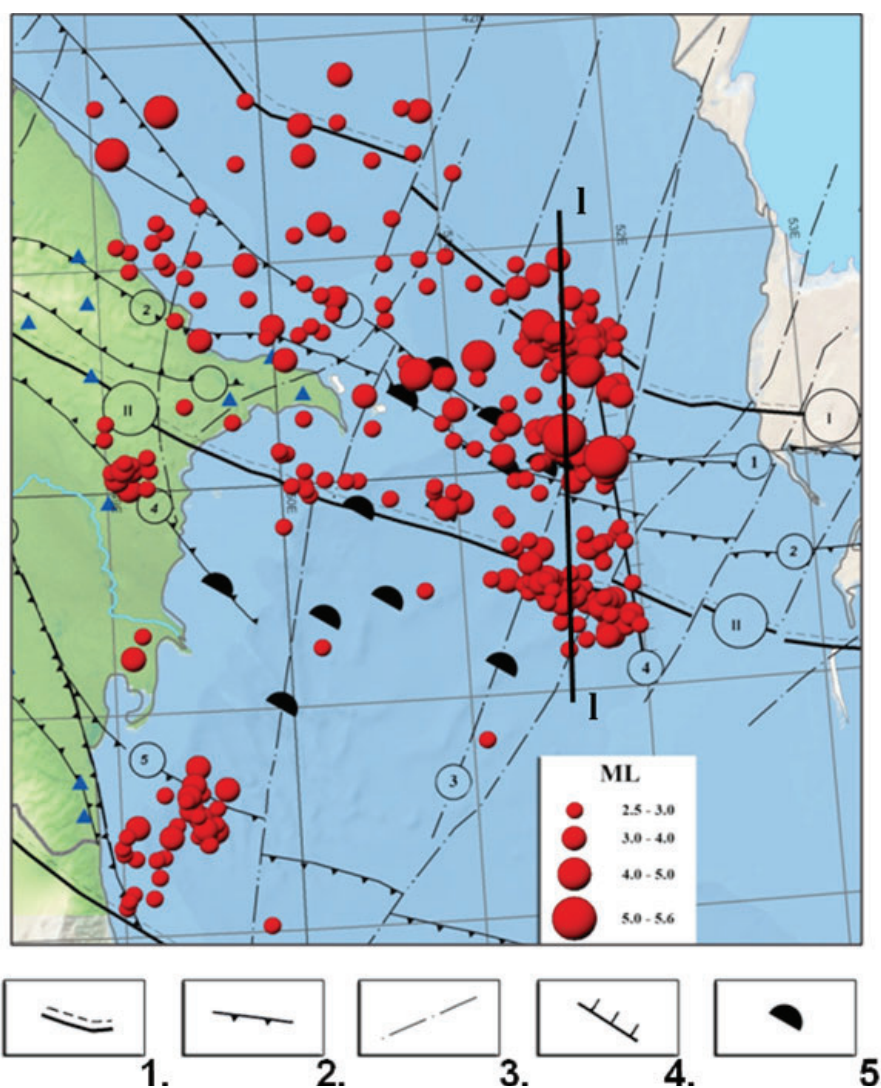


Рис. 9. Карта эпицентров землетрясений Каспийского моря за период 2014-2016 гг. с магнитудой $M_L \geq 2,5$ [Гасанов, 2001]

Условные обозначения: 1 – краевые разломы; 2 – межблоковые разломы; 3 – поперечные разломы; 4 – флексура; 5 – нефтяные залежи. **Разломы:** I – Аграхан-Красноводский; II – Сангачал-Огурчинский; 1 – Центрально-Каспийский; 2 – Абшерон-Прибалханский; 3 – Гарабогаз-Сафидрудский; 4 – Восточно-Каспийская флексура /

Fig. 9. Map of the earthquake epicenters of the Caspian Sea for the period 2014-2016. with a magnitude $M_L \geq 2.5$ [Gasanov, 2001]. **Legend:** 1 – boundary faults; 2 – interblock faults; 3 – transverse faults; 4 – flexure; 5 – oil deposits. **Faults:** I – Agrakhan-Krasnovodsk; II – Sangachal-Ogurchinsk; 1 – Central Caspian; 2 – Absheron-Pribalkhan; 3 – Garabogaz-Safidrudsk; 4 – East Caspian flexure.

ской активностью. Здесь неоднократно происходили сильные землетрясения (1911, 1935, 1961, 1963, 1986, 1989, 2000 гг.) [Ахметов, Андреев, 2015]. В прошлом веке в этой зоне произошло 15 сильных землетрясений с $M \geq 5$, интенсивностью в эпицентре VI-VIII баллов (рис. 7, 8). Они ощущались в Баку и прибрежных пунктах до V-VII баллов [Кондорская, Шебалин, 1977].

В последние годы уровень сейсмической активности отдельных участков акватории Каспия повысился, величина выделенной сейсмической энергии в Центральном Каспии возросла в несколько десятков раз. В 2014-2017 гг. здесь зарегистрировано три землетрясения с $M \geq 5,0$ [Гасанов, 2001; Етирмишли и др.].

На представленной карте эпицентров землетрясений с $M \geq 2,5$ за 2014-2017 гг. (рис. 9) видно, что пространственное распределение очаговых зон в акватории Каспийского моря не равномерное. Основные зоны сгущения эпицентров сильных землетрясений расположены в северной морской подзоне и в центральной части Абшероно-Прибалханской подвижной системы [Алиханов, 1978].

Наблюдения показывают, что за последние годы сейсмичность подвижной системы повышается. Глубины произошедших землетрясений с магнитудой ≥ 3 менялись в пределах 25-35 и 40-60 км. В 2016 г. наблюдалась активизация в северной части Абшероно-Прибалханской складчатой системы (было зарегистрировано 22 землетрясения с $M \geq 3,0$), к востоку от Абшерона. Глубины их изменяются в пределах 40-60 км. Землетрясение с наибольшей магнитудой 4,3 произошло 30 ноября 2016 г.

Кроме того, отметим, что за последние годы в Центральном Каспии произошел ряд сильных землетрясений с $M > 5$: в 2014 г. произошло землетрясение с $M=5,6$ ($40,14^\circ\text{N}$, $51,65^\circ\text{E}$, $H=60$ км), а в 2015 г. – с $M=5,4$ ($40,03^\circ\text{N}$, $51,89^\circ\text{E}$, $H=42$ км).

Заключение

Остаточные или неизвлекаемые промышленно освоенными методами разработки запасы нефти достигают в среднем 55-75% от первоначальных геологических запасов нефти в недрах [Wilson, 2006]. Для решения данной задачи нужно срочно начать разработку способов полного извлечения остаточной нефти из недр. Это обуславливает необходимость применения новых технологий нефтедобычи, позволяющих значительно увеличить нефтеотдачу уже разрабатываемых пластов, на которых традиционными методами извлечь значительные остаточные запасы нефти уже невозможно.

Влияние землетрясений на процесс вовлечения в фильтрационный поток ранее неподвижной нефти тем больше, чем меньше глубина очага землетрясения, вызвавшего в залежи фильтрационные волны давления. Учитывая то, что в последние годы уровень сейсмической активности отдельных участков акватории Каспия повысился, а величина выделенной сейсмической энергии в Центральном Каспии возросла в несколько десятков раз, можно предположить что изменение дебита нефти на морских месторождениях северной части Абшероно-Прибалханской складчатой системы связано именно с этим.

Литература

1. Алиханов Э. Н. Геология Каспийского моря. – Баку: “Элм” – 1978. – 189с.
2. Андреев В. Е., Дубинский Г. С., Фёдоров К. М., Андреев А. В. Интенсификация добычи трудноизвлекаемых нефти и газа из карбонатных коллекторов // Materials

of the X International scientific and practical conference, «Trends of modern science», – 2014. Volume 27. Technical sciences. Sheffield. Science and education LTD – p. 20-27.

3. Андреев В. Е., Дубинский Г. С. Обработка композиционным составом карбонатных коллекторов для выравнивания профиля отдачи и приемистости скважин // Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения. Сборник научных трудов. Вып. 3 (8). – Уфа: ООО «Монография», 2014. – с. 131-135.

4. Ахметов Р. Т., Андреев А. В. Повышение эффективности использования ресурсной базы месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти // Нефтегазовое дело. – 2015. – Т. 13. – № 4. – С. 122-125.

5. Ахметов Р. Т. Водоудерживающая способность и смачиваемость продуктивных пластов / Р. Т. Ахметов, В. В. Мухаметшин // Нефтегазовое дело. – 2016. – Т. 15. – № 2. – С. 34-37.

6. Барышников А. А., Ведменский А. М., Паклинов Н. М., Шацких И. С. Моделирование современных методов увеличения нефтеотдачи с помощью программного комплекса, разработанного компанией «Роснефть»: учебное пособие // Тюмень: ТИУ, 2016. – 50 с.

7. Гасанов А. Г., Глубинное строение и сейсмичность Азербайджана в связи с прогнозом нефтегазоносности, Баку: ЭЛМ, 2001 г., с. 166-187.

8. Етирмишли Г. Дж, Абдуллаева Р. Р., Исмаилова С. С. (отв. сост.), Азербайджан, Каталоги землетрясений 2010-2016 гг., РЦСС при НАНА.

9. Кондорская, Н. В. Шебалин Н. В., Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР / Отв. ред. Москва: Наука, 1977. С. 69-170.

10. Казымова С. Э., Казымов И. Э. Современная геодинамика среднего и южного Каспия // Геология и Геофизика Юга России, № 2/2016, с. 140-151

11. Кахраманлы Ю. Н., Аджамов К. Ю. Исследование процесса сорбции нефти и нефтепродуктов пенополимерными сорбентами при аварийных разливах на поверхности грунта. – Баку: ЭЛМ, 2012. – 305 с.

12. Федин Л. М., Федин К. Л., Федин А. К. Основы повышения нефтеотдачи тяжелой нефти. – Симферополь: Доля, 2013. – 112 с.

13. Хаин В. Е., Ак. А. Ализде, Геология Азербайджана, Том IV Тектоника, ред. 2005. Баку, Из-во Nafta-Press, С. 214-234.

14. Hugh, P. 1997. U. S. report says Caspian oil deposits might be twice as large as expected. The Wall Street Journal. 30 April. 1997. p. A10.

15. Kaiser, M. J., Pulsipher, A. G., 2007. A review of the oil and gas sector in Kazakhstan. Energy Policy 35 (2), 1300-1314.

16. Kuralbayeva, Karlygash, Frederick van der Ploeg and Anthony J. Venables Management of resource revenues: economic principles and Caspian experiences. 2011. OxCerre policy paper No-2010-06, Forthcoming "Natural resources and development" ed. G. Mavrotas.

17. Wilson, S. Overview of the Azerbaijan transport system. ADB Technical Assistance Consultant's Report II for the Ministry of Transport. 2006.

DOI: 10.23671/VNC.2019.1.26790

Technologies of residual oil extraction

G. J. Etirmishli, Dr. Sci. (Geol.-Min.), G. O. Valiev, S. E. Kazimova, Cand. Sci. (Geol.-Min.), S. S. Ismailova, I. E. Kazimov, Cand. Sci. (Geol.-Min.)

National Academy of Sciences of Azerbaijan Republican Seismic Survey Center, 123 Guseyn Javid Str., Baku 1001, Azerbaijan
e-mail: sabina.k@mail.ru

Abstract: More than 40 thousand oil fields with total balance reserves of more than 500 billion tons have been discovered in the world by now. And only about 30% of these reserves have been extracted or can be extracted from the bowels of the earth with the help of modern industrial methods of mining, including secondary and tertiary methods. The remaining 70% of the explored oil reserves were left undiscovered and constitute the so-called residual reserves, which could serve as a reserve for increasing oil production without the huge costs of prospecting, exploration and development of new oil fields. This article discusses two methods for extracting residual oil: on land and at sea. It is advisable to use for deposits on land seismic vibrators and for the offshore fields, the use of the effect of natural sources of vibrations (in our case, earthquakes) is considered as advisable. The question of the influence of earthquakes on the discovery of gas and oil fields is being raised for the first time, and with serious research, it can give practical results. Carried out by seismologists the studies of earthquake effect on the flow rates of oil wells at distances of 70-200 km from the epicenter showed that a swarm of earthquakes can increase the percentage of oil in the flow rates of watered wells, if initially it was very small, or reduce this value if the oil fraction was dominant.

Observations show that in recent years, the seismicity of the mobile system has increased. The depths of the earthquakes with a magnitude ≥ 3 varied between 25-35 and 40-60 km. In 2016, activation was observed in the northern part of the Absheron-Pribalkhan folded system (22 earthquakes with $M \geq 3.0$ were registered), east of Absheron. Their depths vary within 40-60 km. An earthquake with the highest magnitude 4.3 occurred on November 30, 2016.

In recent years, a number of strong earthquakes with $M > 5$ occurred in the Central Caspian: in 2014 there was an earthquake with $M = 5.6$ (40,14°N, 51,65°E, H = 60 km), and in 2015 – with $M = 5.4$ (40,03°N, 51,89°E, H = 42 km).

Keywords: oil fields, residual oil, earthquakes, seismic vibrators, methods of residual oil extraction.

For citation: Etirmishli G. J., Valiev G. O., Kazimova S. E., Ismailova S. S., Kazimov I. E. Technologies of residual oil extraction. *Geology and Geophysics of the South of Russia*. 2019;9 (1): 84-96. (In Russ.) DOI: 10.23671/VNC.2019.1.26790.

References

1. Alikhanov E. N. Geology of Caspian sea. Baku, "Elm". 1978. 189 p. (in Russ.)
2. Andreev V. E., Dubinskiy G. S., Fedorov K. M., Andreev A. V. Intensification of production of tightly recoverable oil and gas from carbonate reservoirs. Materials of the X International scientific and practical conference, «Trends of modern science». 2014. Volume 27. Technical sciences. Sheffield. Science and education LTD. pp. 20-27.
3. Andreev V. E., Dubinskiy G. S. Processing the composition of carbonate reservoirs to align the recoil profile and injectivity of wells. Oil and gas technologies and new materials. Problems and solutions. Collection of scientific papers. Issue 3 (8). Ufa: OOO Monographia, 2014. pp. 131-135. (in Russ.)

4. Mukhametshin V. Sh., Andreev A. V., Akhmetov R. T. Increasing the Efficiency of Using the Resource Base of Deposits with Oil Recoverable Resources. *Oil and gas business*. 2015. Vol. 13. no 4. pp. 122-125. (in Russ.)
5. Akhmetov R. T., Mukhametshin V. V. Water holding capacity and wettability of productive layers. *Oil and gas business*. 2016. Vol. 15. no. 2. pp. 34-37.
6. Baryshnikov A. A., Vedmenskii A. M., Paklinov N. M., Shatskikh I. S. Modeling modern methods of enhanced oil recovery using a software package developed by Rosneft: study guide. Tyumen: TIU, 2016. 50 p. (in Russ.)
7. Gasanov A. G. Depth structure and seismicity of Azerbaijan in connection with the prognosis of oil and gas content. Baku, Elm, 2001. pp. 166-187. (in Russ.)
8. Etirmishli G. Dzh, Abdullaeva R. R., Ismailova S. S. Azerbaijan, Earthquake Catalogs 2010-2016. RCSS at NANA. (in Russ.)
9. Kondorskaya, N. V. Shebalin N. V. New catalog of strong earthquakes in the USSR. M. Nauka, 1977. pp. 69-170. (in Russ.)
10. Kazymova S. E., Kazymov I. E. Modern geodynamics of the middle and southern Caspian. *Geology and Geophysics of the South of Russia*. 2016. No. 2. pp. 140-151. (in Russ.)
11. Kahramanly Yu. N., Adzhamov K. Yu. Study of the process of sorption of oil and oil products with polystyrene sorbents in case of accidental spills on the soil surface. – Baku: ELM, 2012. 305 p. (in Russ.)
12. Fedin L. M., Fedin K. L., Fedin A. K. Basics of enhanced oil recovery of heavy oil. Simferopol: Share, 2013. 112 p. (in Russ.)
13. Khain V. E., Ak. A. Alizade, *Geology of Azerbaijan. Volume IV. Tectonics*. 2005. Baku, Due to Nafta-Press. pp. 214-234. (in Russ.)
14. Hugh, P. 1997. U. S. report says Caspian oil deposits might be twice as large as expected. *The Wall Street Journal*. 30 April. 1997. P. A10.
15. Kaiser, M. J., Pulsipher, A. G., 2007. A review of the oil and gas sector in Kazakhstan. *Energy Policy* 35 (2). pp. 1300-1314.
16. Kuralbayeva, Karlygash, Frederick van der Ploeg and Anthony J. Venables Management of resource revenues: economic principles and Caspian experiences. 2011. OxCarre policy paper No-2010–06, Forthcoming "Natural resources and development" ed. G. Mavrotas.
17. Wilson, S. Overview of the Azerbaijan transport system. ADB Technical Assistance Consultant's Report II for the Ministry of Transport. 2006.