

УДК 622.32

S-SHOT/S-BTF – ТЕХНОЛОГИЯ НЕФРЭКИНГОВОЙ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВЫХ НЕФТИ И ГАЗА



А.И. БАЖАЛ,
академик

Украинской нефтегазовой академии,
главный научный консультант



А.М. БАРАК*,
президент

GALEX Energy Corporation

Galex Energy Corporation,
3033 Chimney Rock Road, Suite 605, Houston, TX, 77056, USA
info@galexenergy.com; www.galexenergy.com

Метод нефрэкинговой добычи нефти и газа из глубоко залегающих сланцев – S-SHOT/S-BTF – это альтернатива «фрэкингу».

Уникальной особенностью метода SHOT/S-BTF является то, что он использует неиспользуемые доселе физические термобарические механизмы, обеспечивающие создание избыточной энергии движения жидкости из порового пространства в капиллярные каналы горной породы, а оттуда – к добывающим скважинам. Этому предшествует волновая обработка породы, обеспечивающая дилатантное разуплотнение по кристаллическим граням минералов, что создает условия для преобразования непроницаемой породы в сверхпроницаемую.

Метод SHOT/S-BTF, в силу своих технологических особенностей, способен обеспечить максимальное вытеснение углеводородов из пор породы, соответственно повысить КИН с уровня 6–7% до свыше 50% при максимальной интенсивности добычи. Метод SHOT/S-BTF не создает условий образования экологических проблем, характерных для фрэкинга.

Технологии S-SHOT (модификация SWEPT) и S-BTF принадлежат GALEX Energy Corporation, защищены международными патентами и торговыми знаками.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: S-SHOT/S-BTF, SHOT, S-BTF, фрэкинг, сланцевая добыча нефти и газа.

*Автор для переписки. E-mail: alex.barak5@gmail.com

S-SHOT/S-BTF – ТАҚТАТАСТЫ МҰНАЙ МЕН ГАЗДАРДЫ НЕФРЭКИНГТІК ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

А.И. БАЖАЛ, Украина мұнай-газ академиясының академигі, Бас Ғылыми Кеңесші
А.М. БАРАК*, Президент, Galex Energy Corporation

Galex Energy Corporation,
3033 Chimney Rock Road, Suite 605, Houston, TX, 77056, USA,
info@galexenergy.com; www.galexenergy.com

Терең жатқан тақтатастан нэфрекинг мұнай және газ өндіру әдісі – S-SHOT/S-BTF – бұл «фрэкинге» балама.

S-SHOT/S-BTF әдісінің бірегей ерекшелігі, сұйықтықтың шектік кеңістіктен тау жынысы капиллярлық каналына, ал сол жерден – өндіру ұңғымаларына дейінгі қозғалысының артық энергия түзілуін қамтамасыз ететін осы уақытқа дейін қолданылмаған физикалық термобарикалық механизмдерді қолдануы болып табылады.

Бұған, өткізбейтін жыныстың аса жоғары өткізгішке түрленуіне жағдай жасайтын, минералдардың кристалдық шегі бойымен дилатанттық тығыздықты жоюды қамтамасыз ететін жыныстың толқындық өңдеуі болып өтті.

SHOT/S-BTF әдісі, технологиялық ерекшеліктеріне байланысты, көмірсутектерді жыныс қуысынан максималды түрде ығыстыруды қамтамасыз етуге қабілетті, сәйкесінше максималды өндіру қарқынында ӨМК-ны 6–7%-дан 50%-дан аса арттырады. SHOT/S-BTF әдісі, фрэкинге тән экологиялық мәселелердің туындауына жағдай тудырмайды.

S-SHOT (SWEPT түрлендіруі) және S-BTF технологиялары GALEX Energy Corporation тиесілі, халықаралық патенттермен және тауар белгілерімен қорғалған.

НЕГІЗГІ СӨЗДЕР: SHOT/S-BTF, SHOT, /S-BTF, фрэкинг, мұнай және газды тақтатасты өндіру.

S-SHOT/S-BTF – TECHNOLOGY FOR NON-FRACKING PRODUCTION OF SHALE OIL AND GAS

A.I. BAZHAL, academician of the Ukrainian oil and gas Academy, chief scientific adviser
A.M. BARAK*, President, Galex Energy Corporation

Galex Energy Corporation,
3033 Chimney Rock Road, Suite 605, Houston, TX, 77056, USA,
info@galexenergy.com; www.galexenergy.com

Method of non-fracking production of oil and gas S-SHOT/S-BTF is a technology alternative to fracking.

Unique feature of S-SHOT/S-BTF method is that it employs certain previously unused physical thermal-baric phenomena that result in generation of excessive energy that drives fluids from pores into capillary channels within the formation, and through those channels into production wells.

This is preceded by wave treatment of the originally impermeable shale formation that provides for dilatant decompression of the rock along the facets of the crystalline net of the rock, which converts the shale into a super-permeable rock.

Method S-SHOT/S-BTF, based on its technological features provides for complete removal of the fluids from pores where the fluids were contained. That derives in maximizing RF (recovery factor) of hydrocarbon production from oil shales. We conservatively assume 50%, which is quite improvement from the currently achieved 6–7% for oil and gas shales. Method S-SHOT/S-BTF is free from conditions that lead to creation of ecological problems the shale production is notorious with.

Technologies S-SHOT (SWEPT) and S-BTF are owned by GALEX Energy Corporation; protected with international patents and trademarks.

KEY WORDS: S-SHOT/S-BTF; S-SHOT; S-BTF; fracking, shale oil and gas.

В № 6 издания «Нефть и Газ» за 2019 год был представлен анонс и преамбула альтернативной фрэкингу технологии интенсивной добычи и максимального извлечения сланцевых нефти и газа S-SHOT/S-BTF, далее «Технология». Хотя аббревиатура BTF отражает физический принцип действия технологии “Barro-Thermal Flow”, коллеги предпочитают “Better Than Fracking” – «Лучше Чем Фрэкинг».

Как было определено в предыдущем номере журнала, «фрэкинг», или «fracking» – это версия многостадийного гидроразрыва пластов в модификации для добычи сланцевых нефти или газа из горизонтальных скважин с закачкой в трещины разрыва пропанта.

Технология, основанная на подтвержденных практикой принципах, открывает широчайшие перспективы разработки залежей сланцевых углеводородов, в том числе возврата к уже разработанным и истощенным технологией фрэкинга залежам Пермского, Игл Форд, Баккен, Барнет и другим бассейнам США, где десятки тысяч пробуренных, отработанных и бездействующих скважин могут получить «вторую жизнь» и доизвлечь колоссальные недоизвлеченные запасы нефти и газа.

Рассматриваемая Технология, а лучше сказать Метод, представляет собой процесс последовательного воздействия на углеводородосодержащую породу различными физическими механизмами, вызывающими в породе проектируемые изменения и запускающими самоподдерживающиеся контролируемые физические процессы. Метод разработан для добычи рассеянной нефти или газа, то есть для углеводородов, замкнутых в непроницаемых порах. Для Метода не представляет принципиальной разницы ни минералогический состав породы, ни ее строение. Иными словами, слоистое строение глинистых сланцев, содержащих в микропорах «преднефть», или непроницаемый монолит фундамента, также содержащий в микротрещинах углеводороды, одинаково реагируют на технологическое воздействие описываемого Метода и позволяют образовать условия для аккумуляции и извлечения содержащейся в породе нефти.

К видам ресурсов, для которых данный Метод применим, относятся глубоко-залегающие залежи сланцевых углеводородов, залежи углеводородов в породах кристаллического фундамента, углеводороды в матрице пород с низкой и сверхнизкой проницаемостью, другие разновидности залегания рассеянных нефти и газа.

В свете признанной в индустрии проблемы высокой себестоимости и экологической проблемности так называемых сланцевой нефти или сланцевого газа рассмотрим применение Метода для этого вида залежей и раскроем потенциал кардинального снижения себестоимости и нивелирования экологических проблем.

В предыдущей публикации (Нефть и газ, № 6, 2019) был описан механизм технологии фрэкинговой добычи нефти и газа из сланцевых залежей и показаны

объективные причины, почему эффективность извлечения УВ методом фрэкинга является столь низкой, себестоимость столь высокой, а экологические проблемы, вызываемые фрэкингом, столь существенны.

Рассматриваемый в настоящей публикации Метод S-SHOT/S-BTF является альтернативой гидроразрыву. При его использовании не применяются вредные химические вещества, а создаваемые на уровне микропор энергии не изменяют общей картины напряженных состояний в горной породе и не создают техногенных разломов. Уникальной особенностью и отличием Метода от любых других технологий добычи углеводородов является то, что процессы, преобразующие рассеянные в горной породе нефть и газ в месторождение со всеми обязательными характеристиками такового, как термобарические (давление и температура), фильтрационные и аккумулирующие параметры (открытая пористость, проницаемость коллектора, герметичность покрышки), управляемо зарождаются и развиваются в флюидосодержащих порах породы естественным образом, а не доставляются с поверхности земли. Рассматриваемый Метод создает в непроницаемом пласте феномен суперпроницаемости, объединяющий поры горного массива системой микрокапиллярных каналов, а также механизм создания и поддержания энергии извлечения из пор и дальнейшего движения углеводородов по этим капиллярам к добывающим скважинам, позволяющий извлечь из пласта теоретически всю, содержащуюся в нем жидкие или газообразные углеводородные компоненты.

Для иллюстрации механизма преобразования залежи с рассеянной нефтью в действующее месторождение с эффективным и низкзатратным нефтеизвлечением рассмотрим вариант залежи в сланце с рядом горизонтальных стволов, законченных с применением мультистадийного фрэкинга (*рисунок 1*),

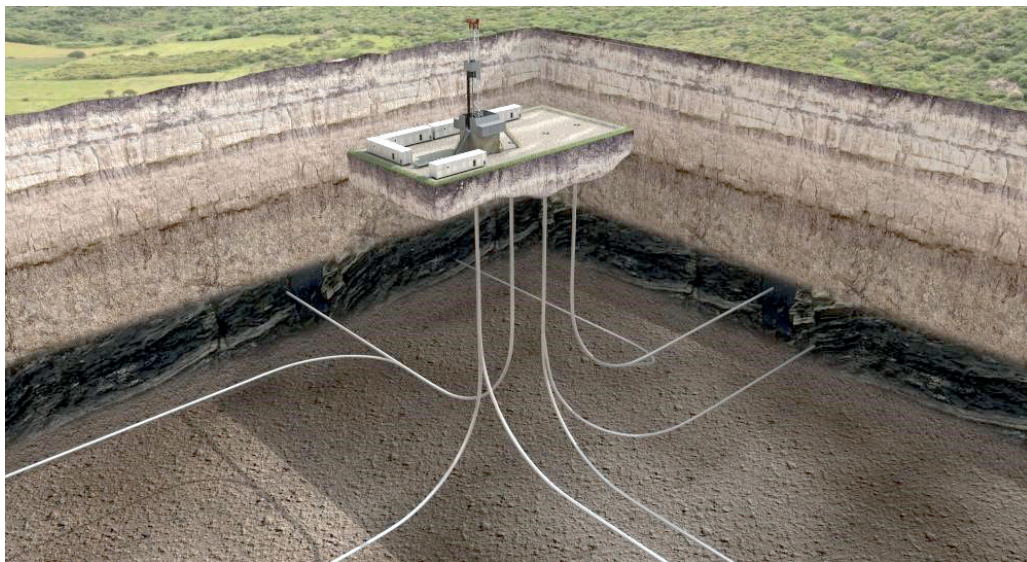


Рисунок 1 – Модель добычи сланцевых нефти/газа технологиями «Fracking»
<https://www.hartenergy.com/exclusives/unlocking-production-multilateral-wells-31250>

Скважины добыли свои 6–7% запасов, типичные для фрэкинга, истощили свои добычные возможности и в настоящий момент бездействуют. Остаточные геологические запасы составляют 93–94% от первоначальных, но возможности фрэкинговой технологии не позволяют прибыльно извлечь эти запасы даже частично. Метод S-SHOT/S-BTF позволит, используя эти горизонтальные стволы скважин, эффективно извлечь из пласта дополнительно 5–7-ми кратный объем нефти и газа, то есть, порядка 35%–50% от первоначальных геологических запасов, причем без необходимости несения капитальных затрат на бурение и обустройство и при минимальных эксплуатационных расходах.

Для этого, во-первых, горная порода сланцевой залежи должна быть преобразована в единую гидродинамическую систему. То есть, вся продуктивная толща должна приобрести фильтрационно-емкостные свойства, подчиняющиеся ее закону Дарси.

Очевидно, что находящиеся в порах нефть или газ не могут быть извлечены, пока эти поры остаются герметично изолированными. Для создания условий нефтеизвлечения, поры, содержащие нефть или газ, должны быть раскрыты, а углеводороды транспортированы к стволу добывающей скважины. Технология S-SHOT, являющейся одной из аппликаций технологии волнового воздействия SWEPT, позволяет преобразовать непроницаемую породу в проницаемую. Преобразование непроницаемой горной породы в проницаемую происходит посредством создания в горном массиве густой сети микротрещин, образованных разгрузкой по кристаллическим граням минералов напряженного состояния в горной породе. Данный процесс в динамике проиллюстрирован в документе (источник: <http://www.galexenergy.com/patents/>).

На рисунках 2–5 изображена ситуация, в которой на сланцевый пласт, насыщенный рассеянными углеводородами, изолированными в герметически запертых порах и являющийся абсолютно непроницаемым, оказывается импульсно-волновое циклическое воздействие. Воздействие оказывается импульсно-волновыми генераторами SWEPT из скважины, пробуренной для этой цели.

При проектировании импульсно-волнового циклического воздействия исключительно важно не допустить разломов породы на отдельности. Микротрещиноватость должна создаваться по граням минералов посредством их сдвига, не нарушая их монолитности. Физические механизмы импульсно-волнового циклического воздействия для достижения эффекта объемной суперпроницаемости монолитных пород основаны на принципе дилатансии и запатентованы в принадлежащих Galex Energy патентах SWEPT США и Украины.

Дилатансия представляет собой сдвиг в горной породе по кристаллическим плоскостям минералов. Это могут быть плоскости отдельных кристаллов или целых блоков. Сдвиг по всему объему, подтвержденному суперпозицией импульсных волн неравномерному нагружению, а также накопление усталостных явлений при многоцикловом низкоамплитудном нагружении обеспечивают равномерную проницаемость всего массива за счет вновь образованной трещиноватости и пористости массива. Разовая суперпозиция неравномерного волнового поля и многоцикловая импульсно-волновая активация дислокаций приводят к ускорению диффузии и по-

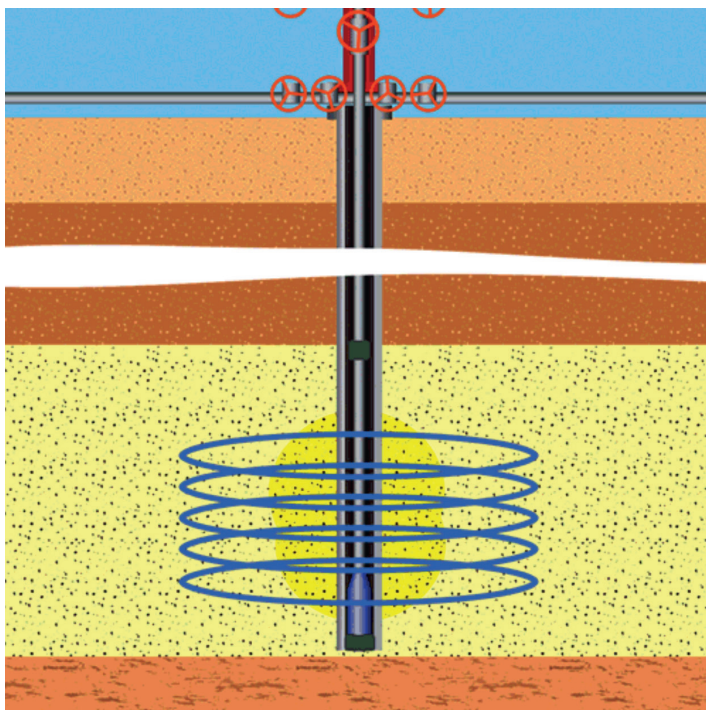


Рисунок 2 – Из скважин, вскрывших пласт нефтесланцев, осуществляется импульсно-волновое воздействие на пласт для создания в нем проницаемости при помощи генераторов SWEPT, установленных на устье скважин

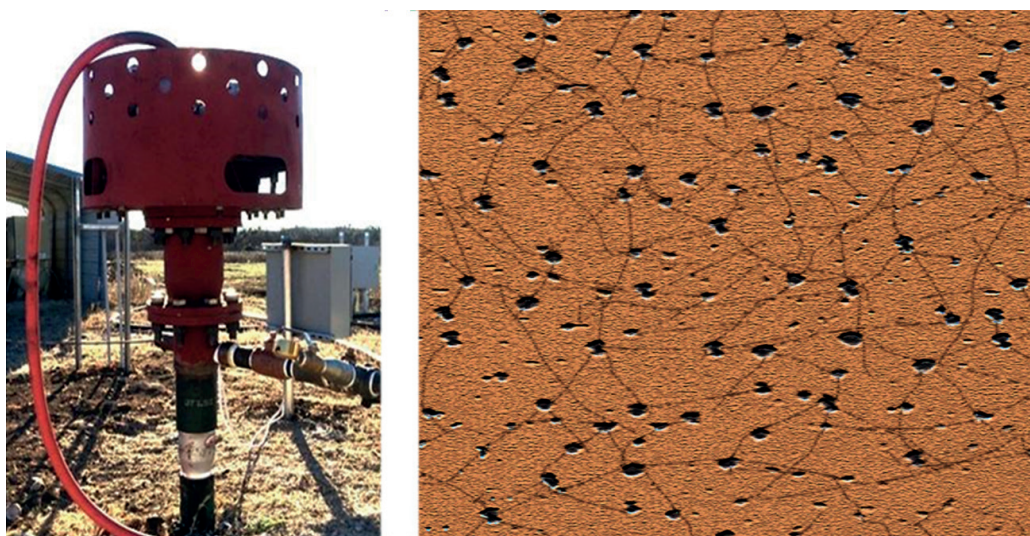


Рисунок 3 – Слева – волновой генератор SWEPT, смонтированный на устье скважины. Справа – результат воздействия S-SHOT на горную породу, покрывающуюся густой сетью трещин-капилляров, раскрывающих и объединяющих поры, содержащие углеводороды, в единую систему.

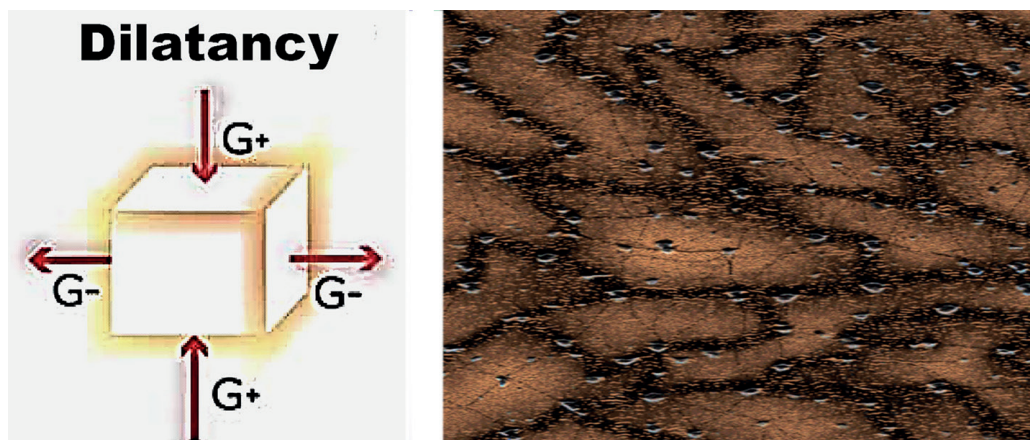


Рисунок 4 – Слева – куб дилатантного нагружения.
Справа – модель: под действием капиллярных сил жидкость из пор горной породы мигрирует в созданные микротрещины-капилляры и заполняет их.

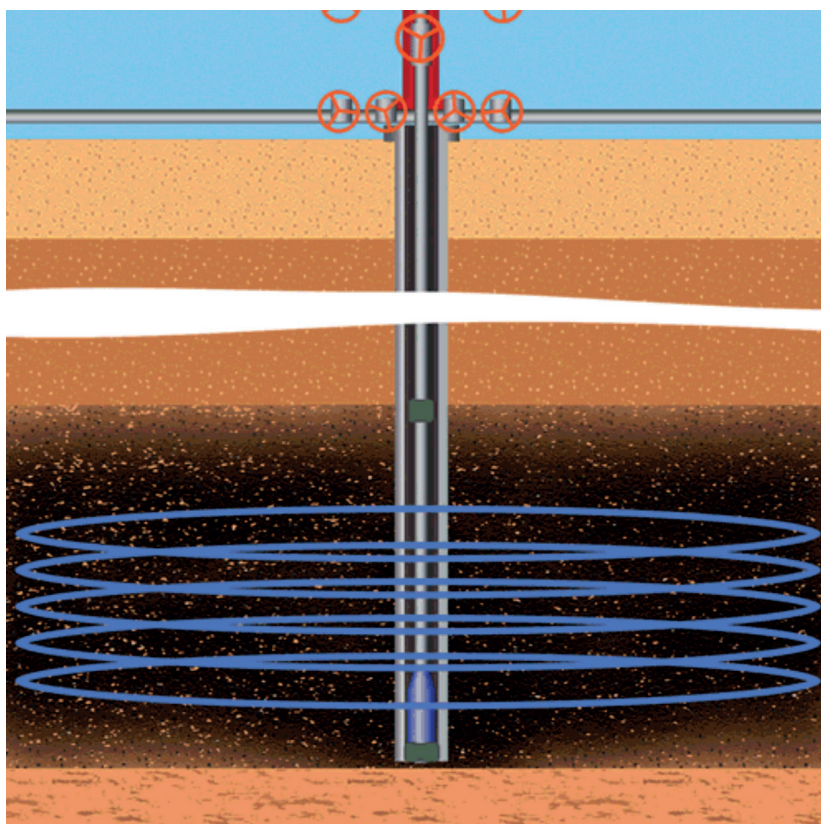


Рисунок 5 – Иллюстрация преобразования изначально непроницаемого горизонта горной породы с рассеянными углеводородами, замкнутыми в порах, в единую гидродинамическую систему месторождения

следующему повышению извлекаемости полезного ископаемого. Многоцикловое импульсно-волновое нагружение с заданным вектором скорости частиц в волне и при наличии жидкой фазы приводит к дилатантным эффектам при значительно меньших величинах напряжений в горной породе. Наиболее эффективное дилатантное разуплотнение происходит при создании в одной из плоскостей нагружения растягивающих напряжений, в то время как в остальных двух плоскостях нагружения имеют место сжимающие напряжения.

Под воздействием капиллярных сил вновь образованные трещины-капилляры постепенно заполняются углеводородной жидкостью из пор (см. рисунок 4).

На рассматриваемом примере сланцевого залегания углеводородов, освоенных по технологии фрэкинга (см. рисунок 1), мы описали механизм создания месторождения, отвечающего основным признакам такового. Через горизонтальные стволы, пробуренные ранее, из истощенных запасов теперь может быть добыта нефть или газ, поступивших из пор, которые не были раскрыты фрэкингом, а это практически львиная доля запасов.

Однако капиллярные процессы, обеспечивающие пополнение отобранного из горизонтальных стволов объема нефти или газа, очень медленные. Возникает задача резкого ускорения снабжения добычных стволов нефтью из горизонта горной породы. Эта задача решается технологией S-BTF.

Технология S-BTF также защищена патентами США и Украины. В пласте инициируются процессы образования и поддержания пластового давления на аномально более высоком уровне, по сравнению с изначальным. Давлением раскрываются и удерживаются в таком состоянии микротрещины – капиллярные каналы, запускающие гидродинамические процессы по законам Дарси. Поступление углеводородов к добычным стволам, таким образом, кратно ускоряется. Это позволяет добиваться максимальных текущих отборов и максимального суммарного извлечения углеводородов из залежи.

Важнейшей особенностью S-BTF является то, что энергия образования и поддержания пластового давления на аномально высоком уровне запускается с поверхности, но поддерживается в результате естественного экзотермического режима, происходящего в пласте. Это является основой интенсивного поступления жидкости к стволам добычных скважин и предопределяет низкую себестоимость добычи.

Технологии S-BTF, SWEPT, а также вариации их для решения специфических проблем извлечения нефти, в применении к разработке залежей высоковязких нефтей и природных битумов, частном случае применения для месторождения Мортук и другие подробно описаны в наших предыдущих публикациях, защищены патентами Украины и США [1–21]. 

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Трохименко М.С., Надиров Н.К., Барак А.М., Бажал А.И. Нетрадиционные ресурсы углеводородного сырья Республики Казахстан: проблемы и некоторые возможные пути их решения // Нефть и газ. – 2013. – № 4. – С. 45–76.
- 2 Bazhal A., Barak A. SWEPT technology for enhanced oil production at heavy oil and

- natural bitumen field development by cumulative waves // Нефть и Газ. – 2013. – № 4. – С. 109–126.
- 3 Бажал А.И., Барак А.М. Волновая активация продуктивного нефтяного пласта (технология SWEPT) // Нефть и газ. – 2013. – № 5. – С. 17–27.
 - 4 Барак А., Бажал А. Технологические решения разработки приповерхностных залежей нефти Западного Техаса // Нефть и газ. – 2016. – № 5. – С. 67–77.
 - 5 Проблема эффективной добычи тяжелых нефтей и природных битумов нашла решение в США. Беседа Михаила Трохименко с Алексом Баракком // Нефть и Газ. 2017. № 4. С. 10–17.
 - 6 Надиров Н.К., Барак А., Трохименко М.С. Мортук – месторождение нефтебитуминозных пород, природных битумов и тяжелых нефтей как единый объект для комплексного освоения // Нефть и Газ. – 2017. – № 6. – С. 22–41.
 - 7 Надиров Н.К., Трохименко М.С. Тюбкараганская мегантиклиналь: перспективные объекты для комплексного освоения нефтебитуминозных пород, природных битумов и тяжелых нефтей // Нефть и Газ. – 2017. – № 6. – С. 42–59.
 - 8 Надиров Н.К., Трохименко М.С. Тюбкараганская мегантиклиналь: перспективные объекты для комплексного освоения нефтебитуминозных пород, природных битумов и тяжелых нефтей // Перспективы нефтегазоносности Казахстана, проблемы, пути изучения и освоение трудноизвлекаемого нетрадиционного углеводородного сырья. Тр. КОНГ. Вып. 6 (На базе докладов IV Международной геологической конференции «АтырауГео–2017»). Под ред.: Б.М. Куандыкова, К.М. Таскинбаева, М.С. Трохименко – Алматы: Казахстанское общество нефтяников-геологов, 2017. – С. 107–121.
 - 9 Надиров Н.К., Трохименко М.С. Каспийский регион: нефтебитуминозные породы – источник углеводородного сырья (изученность, ресурсы, проблемы, перспективы) // Перспективы нефтегазоносности Казахстана, проблемы, пути изучения и освоение трудноизвлекаемого нетрадиционного углеводородного сырья. Тр. КОНГ. Вып. 6 (На базе докладов IV Международной геологической конференции «АтырауГео–2017»). Под ред.: Б.М. Куандыкова, К.М. Таскинбаева, М.С. Трохименко – Алматы: Казахстанское общество нефтяников-геологов, 2017. – С. 122–138.
 - 10 Барак А. Концепция обеспечения сырьем Мангистауского НПЗ // Нефть и Газ. – 2018. – № 4. – С. 52–66.
 - 11 Nadirov N.K., Barak A., Trokhimenko M.S. Disruptive technologies unlock potentials for efficient development of unique oil and bitumen field Mortuk // Нефть и Газ. – 2018. – № 5. – С. 47–64.
 - 12 Бажал А.И., А.М. Барак, М.С. Трохименко, Н.К. Надиров. Способ герметизации покрывающего слоя продуктивных нефтегазовых резервуаров // Нефть и Газ. – 2019. – № 2. – С. 73–88.
 - 13 Бажал А.И., Барак А.М. SWELT – технология волновой транспортировки вязких жидкостей по трубопроводам Казахстане // Нефть и Газ. – 2019. – № 3. – С. 60–66.
 - 14 Bazhal A.I., Barak A.M. SWELT – technology of wave enhanced transportation of viscous and ultraviscous oil via pipelines // Нефть и Газ. – 2019. – № 4. – С. 114–122.
 - 15 Бажал А.И., Барак А.М. SWIT – технология блокирования водопритока при разработке залежей вязкой нефти // Нефть и Газ. – 2019. – № 5. – С. 80–87.
 - 16 Бажал А.И., Барак А.М. Беспрецедентные возможности SWELT подтверждены промысловыми испытаниями // Нефть и Газ. – 2019. – № 5. – С. 88–84.
 - 17 Bazhal A.I., Barak A.M. SWELT's unprecedented capabilities, proven by the field trials // Нефть и Газ. – 2019. – № 5. – С. 95–101.

- 18 Патент на корисну модель № 54248 Республіка Україна. Спосіб видобутку нафти, насамперед в'язких нафт / Бажал Анатолій Гнатович і Барак Александр Мотелевич. Від 25.10.2010. Бюл. № 20.
- 19 METHOD OF THERMOBARIC PRODUCTION OF HYDROCARBONS – Issued Patent October 16, 2018 No. 10,100,625 Authors: Anatolii Bazhal, Alexander Barak. Owners: Galex Energy Corporation.
- 20 METHOD OF THROUGH-WELLBORE EXTRACTION OF SUBSOIL RESOURCES – Issued Patent December 18, 2018 No. 10,156,131 Authors: Anatolii Bazhal, Alexander Barak. Owners: Galex Energy Corporation.
- 21 APPARATUS AND METHOD FOR IN-SITU PERMEABILITY ENHANCEMENT OF RESERVOIR ROCK – US Patent Application No. 16/047,533 – Publication No. US 2019/0032454 – Pending – Authors: Anatolii Bazhal, Alexander Barak. Owners: Galex Energy Corporation.