

developments in deposits of rock salt of various morphological types]. *Nauka i tekhnika v gazovoy promyshlennosti* [Science and Engineering in a Gas Industry], 2002, no. 4, pp. 13–15.

8. Ibragimova F. V. Snizhenie prochnosti solevykh porod pod vliyaniem temperatury [Decrease in durability of salt breeds under the influence of temperature]. *Burenie, kreplenie i ispytanie skvazhin na territorii BSSR* [Drilling, Attachment and Trial of Wells for Territories BSSR], Minsk, 1975, pp. 66–68.

9. Klassen-Neklyudova M. V., Urusorskaya A. A. Deformatsiya kristallov kamennoy soli pri povyshennoy temperature [Deformation of crystals of rock salt at elevated temperature]. *Kristallografiya* [Crystallography], 1960, issue 5, pp. 744–748.

10. Osipov V. I. *Priroda prochnostnykh i deformatsionnykh svoystv glinistykh porod* [Nature of strength and deformation properties of clay breeds], Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ. House, 1979. 232 p.

11. Proskuryakov N. M., Permyakov R. S., Chernikov A. K. *Fiziko-mekhanicheskie svoystva solyanykh porod* [Physical and mechanical properties of salt formations], Leningrad, Nedra Publ., 1973. 53p.

12. Snintsitskiy S. B. Prognozirovaniye ustoychivosti stvolov skvazhin v solenosnykh otlozheniyakh [Forecasting of stability of trunks of wells in saliferous deposits]. *Burenie gazovykh i gazokondensatnykh skvazhin* [Drilling of Gas and Gas Condensate Wells], Moscow, IRTs Gazprom Publ., 2004. 144 p.

13. Stavrogin A. L., Protosenya A. G. *Prochnost gornyykh porod i ustoychivost vyrabotok na bolshikh glubinakh* [Rock strength and stability of developments at big depths], Moscow, Nedra Publ., 1985. 271 p.

14. Strelets G. L., Filatov B. S., Luban V. Z., Yermeev Yu. A. Narusheniye obsadnykh kolonn v solenosnykh otlozheniyakh [Violation of upsetting columns in saliferous deposits]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Industry], 1970, no. 2, pp. 28–31.

15. *Upravleniye proyavleniyami gornogo davleniya pri stroitelstve neftyanykh i gazovykh skvazhin* [Management of manifestations of mountain pressure at construction of oil and gas wells], Tyumen, Izdatelsko-poligraficheskiy tsentr "Ekspress" Publ., 2006, vol. 1, pp. 105–115.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПОРОДЫ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ДЕБИТА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН

Ниязова Лилия Рамилевна, аспирант, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16; геолог, ООО «ПКФ «Недра-С», e-mail: lniyazova@inbox.ru, nijazova@nedras.ru

В данной работе рассмотрены сущность и причины снижения дебита эксплуатационных скважин, возникающего в процессе разработки нефтяных и газовых месторождений. Одной из причин снижения дебита нефтяных и газовых скважин является ухудшение проницаемости в призабойной зоне продуктивного пласта. Приведен и теоретически обоснован метод волнового воздействия на призабойную зону в целях улучшения ее коллекторских свойств. В основе данного метода лежит создание на забое скважины возмущений среды за счет упругих волн. При волновом воздействии происходит следующее. Во-первых, наблюдается деформация стенок капилляров, которая приводит к значительному ускорению течения флюида. Во-вторых, акустические потоки вызывают интенсивное перемешивание, выравнивание температуры и интенсификацию конвективной диффузии в среде, что приводит к уменьшению вязкости раствора. Кроме того, существенную роль играют кавитационные явления в акустическом поле, которые также приводят к увеличению скорости фильтрации раствора. В статье содержится описание необходимого для проведения воздействия оборудования, схемы монтажа генератора силовых волн на устье скважины, а также сама технология проведения волновой обработки. Представлены физические основы метода и результаты воздействия акустического поля на околоскважинную зону коллектора, перечень данных, необходимых для проведения расчета оптимального режима воздействия, определения условия возникновения эффекта и его

устойчивости. Приведены также примеры результатов волновой обработки нефтяных скважин, представлены преимущества данного метода.

Ключевые слова: акустическое поле, генератор силовых волн, пласт, коллектор, дебит, флюидонасыщение, интенсификация, призабойная зона, импульс, кавитация

TECHNOLOGY OF WAVE INFLUENCE ON PRODUCTIVE BREEDS FOR INCREASE IN THE OUTPUT OPERATIONAL WELLS

Niyazova Liliya R., Post-graduate Student, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation; Geologist, Ltd "PKF "Nedra-S", e-mail: lniyazova@inbox.ru, nijazova@nedras.ru

This work reviewed the meaning and the reasons of exploration wells production rate decrease, which arise in the process of oil and gas fields development. One of the reasons of decrease in an output of oil and gas wells is deterioration of permeability in a bottomhole zone of productive layer. Method of wave action on the bottomhole formation zone in order to improve its reservoir features is shown and theoretically justified in this work. Creation on a face of a well of indignations of the environment due to elastic waves. At wave influence there is a following. First there is a deformation of walls of capillaries which leads to considerable acceleration of a current of a fluid. Secondly, acoustic streams cause intensive hashing, alignment of temperature and an intensification of convective diffusion in the environment that leads to reduction of viscosity of solution. Besides, the essential role is played by the cavitation phenomena which are observed in an acoustic field which also lead to increase in speed of a filtration of solution. The article contains a description of the equipment required to carry out the action, charts of Wave Power Generator installation at the wellhead, as well as the technology of the wave treatment. Physical bases of the method and the results of an acoustic field impact on near-wellbore zone of a reservoir rock, the list of the facts needed for performing calculations of the optimum action mode, determination of conditions of origin of effect and its stability are presented. The example of results of wave treatment of an oil well is also given; advantages of this method are presented.

Keywords: acoustic field, wave power generator, reservoir, reservoir rock, lowrate, fluid saturation, stimulation, bottomhole zone, wavelet, cavitation, filtration, intensification

Увеличение эффективности разработки нефтяных и газовых месторождений является особенно актуальной проблемой, изучением которой занимается большое количество специалистов.

Благодаря многолетнему опыту разработки месторождений в России и за рубежом достоверно известно, что одной из причин снижения дебита нефтяных и газовых скважин является ухудшение проницаемости в призабойной зоне продуктивного пласта. Основной причиной возникновения данной проблемы является некачественное вскрытие целевого горизонта, которое неспособно обеспечить сохранение его естественных коллекторских свойств [8]. За счет изменения напряженно-деформированного состояния и отрицательных последствий взаимодействия с буровым раствором, фильтрационные свойства пород в околоскважинной зоне ухудшаются. Сопутствующее этому искажение истинной информации о флюидонасыщении пласта и падение производительности скважины оказывает серьезное влияние, как на темпы и качество разработки месторождения, так и на конечный коэффициент флюидоизвлечения [15]. Научно-изыскательские и опытно-экспериментальные работы этой области направлены, главным образом, на создание и введение новых технологий очищения призабойной зоны пласта.

В данной работе представлена попытка привлечь внимание специалистов к возможностям волновой технологии обработки призабойной части коллектора в целях улучшения фильтрационно-емкостных свойств и увеличения производительности продуктивного пласта [7].

В основе волнового воздействия на околоскважинную зону коллектора лежит создание на забое скважины возмущений среды за счет упругих волн.

При волновом воздействии на исходное течение Пуазейля (течение жидкости через пористую среду в виде системы прямых трубок одинакового сечения) накладывается дополнительное течение, обусловленное действием волн. В таких условиях происходит деформация стенок капилляров, что приводит к значительному ускорению течения флюида, которое может достигать трех и более порядков [1–3].

Наряду с этим эффектом, происходит также изменение основных физико-химических свойств флюида. Во время акустической волновой обработки снижается вязкость жидкости. В результате действия звука на дисперсную среду уменьшается поверхностное натяжение между фазами, за счет чего структура раствора получается более однородной. Акустические потоки вызывают интенсивное перемешивание, выравнивание температуры и интенсификацию конвективной диффузии в среде. При выравнивании температуры увеличивается теплообмен с окружающей средой. Физическая сущность влияния акустической волны на теплообмен при естественной или вынужденной конвекции заключается в проникновении акустических потоков в пограничный и ламинарный подслои, что приводит к деформации этих слоев, их турбулизации и перемешиванию [6, 7, 13].

Помимо этого, существенную роль в интенсификации процессов фильтрации играют кавитационные явления в акустическом поле. Явление кавитации заключается в образовании в жидкости ряда мельчайших разрывов и полостей с последующим схлопыванием этих разрывов. Разрывы возникают под действием переменных давлений, создаваемых в объеме жидкости источником акустических колебаний. То есть существование устойчивого кавитационного режима приводит к интенсификации процессов фильтрации в акустическом поле [10, 12, 14]. Максимальная активность кавитации, которая достигается при варьировании интенсивности ультразвука в достаточно широких пределах, растет при увеличении периода следования импульсов и при уменьшении длительности импульсов поля [5].

В интенсивном акустическом поле возникают также гравитационные эффекты, которые приводят к очистке обрабатываемых зон от загрязнений, механических примесей, солей и др.

В качестве источника упругих волн предполагается использование генератора силовых волн (УГСВ).

На рисунке показана схема смонтированного на устье генератора упругих волн при работе по увеличению дебита скважины. Общая установка представляет собой комплекс, состоящий из дизельной насосной станции (ДНС), УГСВ, цементировочного агрегата и отражателя. УГСВ в свою очередь разделяется на две основные части: гидромолот и излучатель волн.

Технология проведения волновой обработки заключается в следующем. Оборудование монтируется на устье скважины и соединяется с фланцевым соединением. К УГСВ подсоединяется ДНС и цементировочный агрегат, через который скважина полностью заполняется рабочим агентом (до излучателя волн). В результате включения ДНС, цементировочного агрегата и создания рабочего давления гидромолот начинает работать, создавая волновую

энергию, которая распространяется по волноводу (НКТ). Жидкостный волновод характеризуется тем, что в нем могут распространяться только продольные волны [9]. Поэтому боковые стенки волновода при прохождении по нему волновой энергии практически никаких нагрузок не испытывают. В качестве рабочего агента возможно использование технической воды, растворов химических реагентов, нефти. После прохождения отражателя импульс направляется вертикально по отношению к стенке скважины, на которой образуется кольцевая зона ударного воздействия. Волны ударного воздействия имеют большой радиус воздействия и составляют величину порядка десятков и сотен метров от скважины [4, 11].

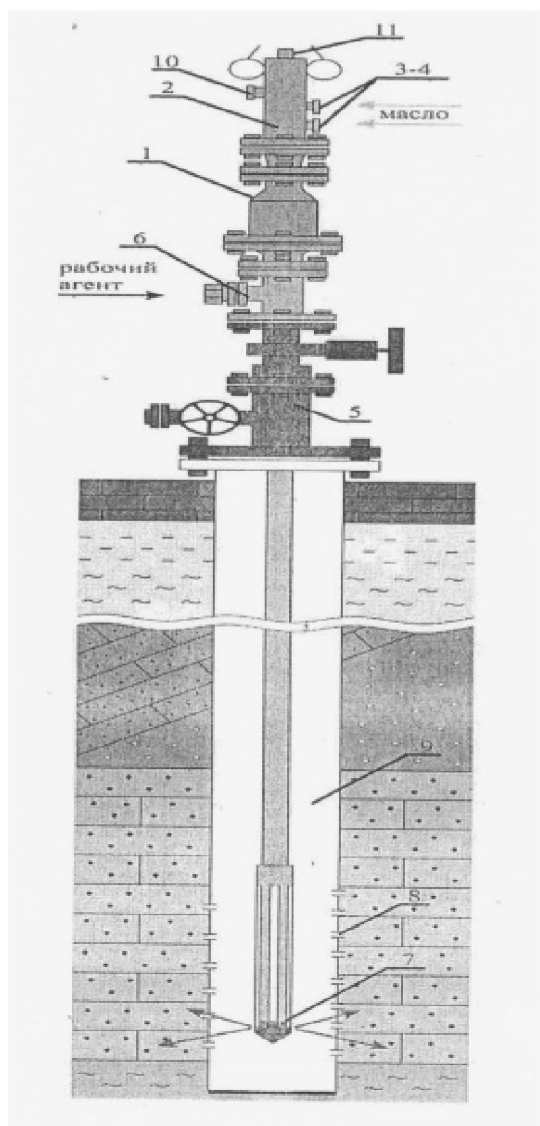


Рис. Схема УГСВ при работе по увеличению продуктивности (приемистости) скважины: 1 – корпус генератора; 2 – гидромолот; 3, 4 – сброс масла; 5 – устье скважины; 6 – подача рабочего агента; 7 – контейнер-отражатель; 8 – зона перфорации; 9 – волновод (НКТ); 10 – подача масла со станции управления; 11 – подача воздуха со станции управления

Результаты волновой обработки околоскважинной зоны зависят от физико-механических свойств среды, частоты и амплитуды её обработки, а также от времени воздействия.

Для применения данного метода воздействия необходимо наличие данных, на основе которых проводятся расчеты для определения оптимального режима воздействия, установления условия возникновения эффекта и его устойчивости: информация о стратиграфии, фильтрационно-ёмкостных свойствах пласта, конструкции скважины. Перед проведением обработки необходимо также уточнение интервала работ путем проведения геофизических исследований в скважине. В связи с этим рекомендуется проведение трехкомпонентного геоакустического каротажа, который позволяет уточнить интервал поступления флюида [6].

Из десятков проведенных опытных работ следует, что воздействие упругими волнами на продуктивный пласт позволяет увеличить дебит скважины в 10 и более раз, при этом в промышленную эксплуатацию удастся вводить скважины с начальным нулевым дебитом (табл.).

Таблица

Сведения по результатам обработки упругими волнами продуктивных горизонтов в нефтяных скважинах (УГСВ-3)

№ скважины	Дебит до обработки, м ³	Дебит после обработки, м ³
942 Жирновская	0,35	0,9–1,0
200 Кудиновская	2,5–3,0 насосный	23–24 фонтанный
127 Арчединская (нагнетательная)	200 (P _н = 80 ат)	432 (P _н = 60 ат)
12 Зеленовская	7,9	25
1364 Восточно-Тарко-	0	10
3491 Ромашкинская	2,7	15,8
6357 Ромашкинская	0	5,0
1311 Ромашкинская	0	0
6361 Ромашкинская	2,0	5,0
3530 Ромашкинская	0,8	21,0
3491 ЦДНГ-1	2,7	10

Рассматриваемый метод имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами повышения дебита скважин: простота оборудования; удобство монтажа из-за размещения оборудования на устье скважины; улучшение свойств коллекторов в несколько раз, что приводит к увеличению дебитов флюидов; возможность ввода скважины в эксплуатацию сразу после обработки пласта, не извлекая отражатель; равномерная обработка волнами всего коллектора, а при работах по интенсификации притока кислотами и т.д., их проникновение во все участки интервала перфорации (в отличие от гидроразрыва); очистка внутренней поверхности НКТ во время обработки; как сопутствующий фактор, в результате этого хорошее прохождение приборов ГИС контроля за разработкой месторождений; отсутствие высоких давлений в скважине и нежелательных побочных явлений; возможность расширить контур питания скважин за счет увеличения проницаемости коллектора и улучшить фильтрационную способность нефти; в результате вибровоздействия в работу включаются все пропластки, находящиеся в интервале перфорации.

Список литературы

1. Алешкевич В. А. Колебания и волны. Лекции / В. А. Алешкевич, Л. Г. Деденко, В. А. Караваев. – Москва : Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 2001. – 103 с.
2. Бабаков И. М. Теория колебаний : учебное пособие / И. М. Бабаков. – 4-е изд., испр. – Москва : Дрофа, 2004. – 591 с.
3. Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах / Л. М. Бреховских. – Москва : Мир, 1973. – 340 с.
4. Войтенко В. С. Волновая обработка коллекторов нефти и газа / В. С. Войтенко, В. Н. Иовец, А. М. Киреев, Ю. В. Семенов. – Минск : Юнипак, 2005. – С. 142–147.
5. Воронова Е. В. Результаты применения виброударных и вибросейсмических технологий повышения нефтеотдачи на месторождениях Урало-Поволжья / Е. В. Воронова // Нефтегазовое дело. – 2006. – № 2. – С. 15–20.
6. Кашкапеев С. В. Комплекс работ по выявлению и ликвидации источников межколонных давлений на примере газоконденсатной скважины Волго-Уральской нефтегазоносной провинции / С. В. Кашкапеев, С. Ю. Газиев // Бурение и нефть. – 2015. – № 7 / 8. – С. 40–43.
7. Керимов А-Г. Г. Акустическое воздействие на призабойную зону пласта в условиях депрессии с целью интенсификации притока нефти / А-Г. Г. Керимов, А. А. Иванов // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2009. – № 2. – С. 9–13.
8. Кузнецов О. Л. Применение ультразвука в нефтяной промышленности / О. Л. Кузнецов, С. А. Ефимова. – Москва : Недра, 1983.
9. Мун Ф. Хаотические колебания. Вводный курс для научных работников и инженеров : пер. с англ. / Ф. Мун. – Москва : Мир, 1990. – 312 с.
10. Пирсол И. Кавитация / И. Пирсол. – Москва : Мир, 1975. – 95 с.
11. Сиговатов Л. А. Теоретическое обоснование импульсно-волновых технологий с применением генератора УГСВ-3 : отчет о научно-исследовательской работе / Л. А. Сиговатов. – Астрахань, 2015.
12. Соловьянова И. П. Теория волновых процессов: Акустические волны / И. П. Соловьянова, С. Н. Шабунин. – Екатеринбург : Уральский государственный технический университет – УПИ, 2004. – 95 с.
13. Сулейманов Б. А. Повышение эффективности физического воздействия на призабойную зону нефтедобывающих скважин / Б. А. Сулейманов, Ш. З. Исмаилов // Нефтегазовое дело. – 2005. – № 1.
14. Флинн Г. Физика акустической кавитации в жидкостях // Физическая акустика / Г. Флинн. – Москва : Мир, 1967. – 138 с.
15. Халимов Р. Х. Исследование и разработка технологии восстановления продуктивности скважин, осложненных отложениями асфальтосмолистых веществ: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Р. Х. Халипов. – Тюмень, 2004.

References

1. Aleshkevich V. A., Dedenko L. G., Karavaev V. A. *Kolebaniya i volny. Leksii* [Oscillations and waves. Lectures], Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ. House, 2001. 103 p.
2. Babakov I. M. *Teoriya kolebaniy* [Theory of Oscillations], 4th ed., em. Moscow, Drofa Publ., 2004. 591 p.
3. Brekhovskikh L. M. *Volny v sloistykh sredakh* [Waves in Layered Media], Moscow, Mir Publ., 1973. 340 p.
4. Voytenko V. S., Iovets V. N., Kireev A. M., Semenov Yu. V. *Volnovaya obrabotka kollektorov nefii i gaza* [The wave processing of oil and gas reservoirs], Minsk, Yunipak Publ., 2005, pp. 142–147.
5. Voronova Ye. V. Rezultaty primeneniya vibroudarnykh i vibroseismicheskikh tekhnologiy povysheniya nefteotdachi na mestorozhdeniiakh Uralo-Povolzhya [The results of the application of vibro vibroseis technology and enhanced oil recovery in the oil fields of the Volga and Ural]. *Neftegazovoe delo* [Oil and Gas Business], 2006, no. 2, pp. 15–20.
6. Kashkapeev S. V., Gaziev S. Yu. Kompleks rabot po vyyavleniyu i likvidatsii istochnikov mezhkolonnykh davleniy na primere gazokondensatnoy skvazhiny Volgo-Uralskoy neftegazonosnoy provintsii [The complex of works on identifying and eliminating the sources of pressure on the example of the annular gas-condensate wells Volga-Ural oil and gas province]. *Burenie i nef* [Drilling and Oil], 2015, no. 7 / 8, pp. 40–43.
7. Kerimov A-G. G., Ivanov A. A. Akusticheskoe vozdeystvie na prizaboynuyu zonu plasta v usloviyakh depressii s tselyu intensivifikatsii pritoka nefii [Acoustic impact on bottomhole formation

zone in a depression to intensify oil inflow]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the North Caucasus State Technical University], 2009, no. 2, pp. 9–13.

8. Kuznetsov O. L., Yefimova S. A. *Primenenie ultrazvuka v neftyanoy promyshlennosti* [The use of ultrasound in the oil industry], Moscow, Nedra Publ. 1983.

9. Mun F. *Khaoticheskie kolebaniya. Vvodnyy kurs dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov* [Chaotic oscillations. Introductory course for scientists and engineers], Moscow, Mir Publ., 1990. 312 p.

10. Pirsol I. *Kavitatsiya* [Cavitation], Moscow, Mir Publ., 1975. 95 p.

11. Sigovatov L. A. *Teoreticheskoe obosnovanie impulsno-volnovykh tekhnologiy s primeneniem generatora UGSV-3 : otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote* [Theoretical Substantiation of Pulse-Wave Technologies Using Generator UGSV 3. Proceedings of the Research Work], Astrakhan, 2015.

12. Solovyanova I. P., Shabunin S. N. *Teoriya volnovykh protsessov: Akusticheskie volny* [The theory of wave processes: Acoustic waves], Ekaterinburg, Ural State Technical University – UPI Publ. House, 2004. 95 p.

13. Suleymanov B. A., Ismaylov Sh. Z. *Povyshenie effektivnosti fizicheskogo vozdeystviya na prizaboyunuyu zonu neftedobyvayushchikh skvazhin* [Improving the efficiency of the physical impact on the bottom zone of oil wells]. *Neftegazovoe delo* [Oil and Gas Business], 2005, no. 1.

14. Flinn G. *Fizika akusticheskoy kavitatsii v zhidkostyakh* [Physics of acoustic cavitation in liquids]. *Fizicheskaya akustika* [Physical Acoustics], Moscow, Mir Publ., 1967. 138 p.

15. Khalimov R. Kh. *Issledovanie i razrabotka tekhnologiy vosstanovleniya produktivnosti skvazhin, oslozhnennykh otlozheniyami asfal'tosmolistykh veshchestv* [Research and development of technology of restoration of well productivity, complicated asphalt tar deposits], Tyumen, 2004.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАТНОЙ ЗАКАЧКИ ШЛАМА В ПЛАСТ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ ОТХОДОВ НА ШЕЛЬФЕ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Середина Таисия Викторовна, инженер, филиал ООО «ВолгоградНИПИморнефть» «ЛУКОЙЛ-ИНЖИНИРИНГ», 414014, Российская Федерация, г. Астрахань, пр-т Губернатора Анатолия Гужвина, 12, e-mail: TSeredina@lukoilvmn.ru

Семисотова Ольга Сергеевна, ведущий инженер, филиал ООО "ВолгоградНИПИморнефть" "ЛУКОЙЛ-ИНЖИНИРИНГ", 414014, Российская Федерация, г. Астрахань, пр-т Губернатора Анатолия Гужвина, 12, e-mail: OSemisotova@lukoilvmn.ru

Штунь Елена Евгеньевна, инженер, филиал ООО "ВолгоградНИПИморнефть" "ЛУКОЙЛ-ИНЖИНИРИНГ", 414014, Российская Федерация, г. Астрахань, пр-т Губернатора Анатолия Гужвина, e-mail: EShtun@lukoilvmn.ru

В связи с активизацией геологоразведочных работ на шельфе Каспия, освоением и введением в эксплуатацию новых месторождений углеводородов, проблема переработки и утилизации отходов бурения сохраняет свою актуальность и требует внедрения наиболее экологически безопасных методов. Сегодня способ утилизации отходов посредством закачки пульпы в подходящий подземный пласт является предпочтительным методом утилизации отходов. В настоящее время при бурении скважин на шельфе Северного Каспия в основном используется буровой раствор «MEGADRIL» на углеводородной основе с применением минерального масла или дизельного топлива. Буровой шлам при использовании данного бурового раствора на углеводородной основе соответствует IV классу опасности (малоопасный отход), но утилизация его все равно необходима. В данной статье рассматривается один из наиболее надежных способов утилизации буровых отходов – закачка шлама в пласт, а также отработанных буровых растворов на нефтяной основе, остатков цементных растворов, жидкостей и буровых сточных вод. При использовании специальной скважины для отходов шлам закачивается под давлением в пласт по насосно-