

3. Neskromnykh, V. V., Popova M. S. Osnovy sistemnogo podhoda k proektirovaniu burovogo instrumenta [Basis of the system approach to drilling tool design] // nauchno-tekhnicheskii zhurnal «Stroitelstvo neftianyx i gazovykh skvazhin na sushe i na more» [Scientific-technical journal «Construction of oil and gas wells on land and sea»] – №8, 2018. [in Russian]
4. Kornilov N. I., Bukharev N., Kiselev A. T. et al. Burovoi instrument dlia geologorazvedochnykh skvazhin: Spravochnik [Drilling tools for exploration wells: Reference]. – Moscow: Nedra, 1990, – 395 p. [in Russian]
5. Neskromnykh V. V. Razrushenie gornykh porod pri burenii skvazhin: Uchebnoe posobie [Destruction of rocks during drilling: The manual] – Moscow: INFRA-M; Krasnoyarsk: SFU, 2015. – 336 p. [in Russian]
6. Vozdvizhensky B. I., Vorobiev G. A., Gorshkov L. K. [and others]. Povyshenie ehffektivnosti kolonkovogo almaznogo bureniya (Improving the efficiency of core diamond drilling). Moscow: Nedra, 1990. 208 P. [in Russian]

УДК: 622.248.33

DOI: 10.33839/2223-3938-2019-22-1-115-126

А. К. Судаков, д-р техн. наук, **Д. А. Судакова**, канд. техн. наук

*Национальный технический университет «Днепровская политехника»,
пр. Дмитрия Яворницкого, 19, 49005, Днепр, E-mail: sudakovy@ukr.net*

ИЗОЛЯЦИЯ ПОГЛОЩАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ БУРОВЫХ СКВАЖИН ТЕРМОПЛАСТИЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Целью работы является повышение эффективности изоляционных работ за счет применения нерастворимых в скважинной жидкости термопластичных смесей.

Поставленные задачи решались комплексным методом исследования, включающим анализ и обобщение литературных и патентных источников, проведение аналитических, экспериментальных исследований. Разработан и обоснован способ изоляции поглощающих горизонтов термопластичными материалами, для реализации которого необходимо выполнить следующие технологические операции: доставку термопластичных материалов на забой скважины, плавление термопластичных материалов и задавливание термопластичных материалов в каналы поглощения. Для различных геолого-технических условий бурения предложены технологические схемы изоляции поглощающих горизонтов термопластичных материалов. В качестве тампонажного материала для изоляции поглощающих горизонтов буровых скважин предложено использование бытовых отходов на основе полиэтилентерефталата.

Ключевые слова: бурение скважин, поглощающий горизонт, изоляция, тампонажные материалы.

Постановка проблемы. Бурение как разведочных, так и эксплуатационных скважин в районе железорудных и каменноугольных бассейнов ведется в высокой степени разработки и метаморфизма, в крепких и трещиноватых породах. Породы разрабатываемых горизонтов находятся в сложнапряженном состоянии, что при сооружении горных выработок только осложняет технологию их сооружения.

Процесс бурения скважин связан с геологическими осложнениями. Наиболее распространенным осложнением является поглощение промывочной жидкости [1]. На ликвидацию поглощений затрачивается значительная часть времени и средств от общих расходов на бурение скважин. Поглощение приводит к нарушению технологического

режима бурения, целостности стенок скважины, провоцирует аварии. Ежегодные затраты времени в общем балансе на бурение выросли до 23 % и средств до 10% [2].

Анализ последних исследований и определение нерешенной проблемы. Исследованиям в области разработки тампонажных материалов и технологий борьбы с поглощениями промывочной жидкости посвящены работы Басаригина Ю. М., Бражененко А. М., Булатова А. И., Васильева М. И., Вахрамеева И. И., Воздвиженкова Б. И., Гайворонского А. А., Доценко Ю. Г., Ивачева Л. М., Кипко Е. Я., Коцкулича Я. С., Крылова В. И., Кудряшова Б. Б., Липатова М. К., Мартыненко И. И., Мыслюка М. А., Николаева Н. И., Полозова Ю. А., Рафиенко И. И., Спичака Ю. Н., Ставичного Е. М., Тершака Б. А., Титкова Н. И., Тяна П. М., Яковлева А. М., Ясова В. Г. и других ученых. Анализ их трудов выполнен в работах [1, 3-8].

Выполненный анализ показал, что в настоящее время существует большое многообразие технологий и материалов для ликвидации поглощения промывочной жидкости (рис. 1) [1, 6]. В большинстве случаев ликвидация поглощений обеспечивается тампонирующим каналом поглощения промывочной жидкости твердеющими или нетвердеющими тампонажными смесями путем создания водонепроницаемого экрана в породе вокруг скважины. При этом для ликвидации поглощения промывочной жидкости применяются недостаточно эффективные тампонажные материалы. Их главными недостатками являются многокомпонентность и водная основа, в которую вводят минераловязущие или синтетические вещества. На наш взгляд, эти материалы и технологии исчерпали свою возможность дальнейшего совершенствования, поэтому единственный путь – это разработка и применение для формирования изоляционных завес технологий, основанных на материалах, имеющих неводную основу, и другие процессы формирования тампонажного камня. К таким технологиям можно отнести технологии создания тампонажного камня, основанные на явлении фазового перехода термопластичных материалов (ТПМ).

До сих пор из ТПМ применялись смеси на основе битума, серы и синтетических термопластов (полиэтилен, полипропилен) [5-7]. Применяемые термопластичные материалы из-за несовершенства технологий не нашли широкого применения в качестве тампонажных материалов при изоляции поглощающих горизонтов буровых скважин.

Для решения проблемы изоляции поглощающих горизонтов необходимо находить принципиально новые решения. Поэтому исключительно важное значение имеет вопрос разработки технологий изоляции поглощающих горизонтов с использованием более эффективных тампонажных материалов.

Цель исследования. Целью работы является совершенствование термомеханической технологии изоляции поглощающих горизонтов буровых скважин.

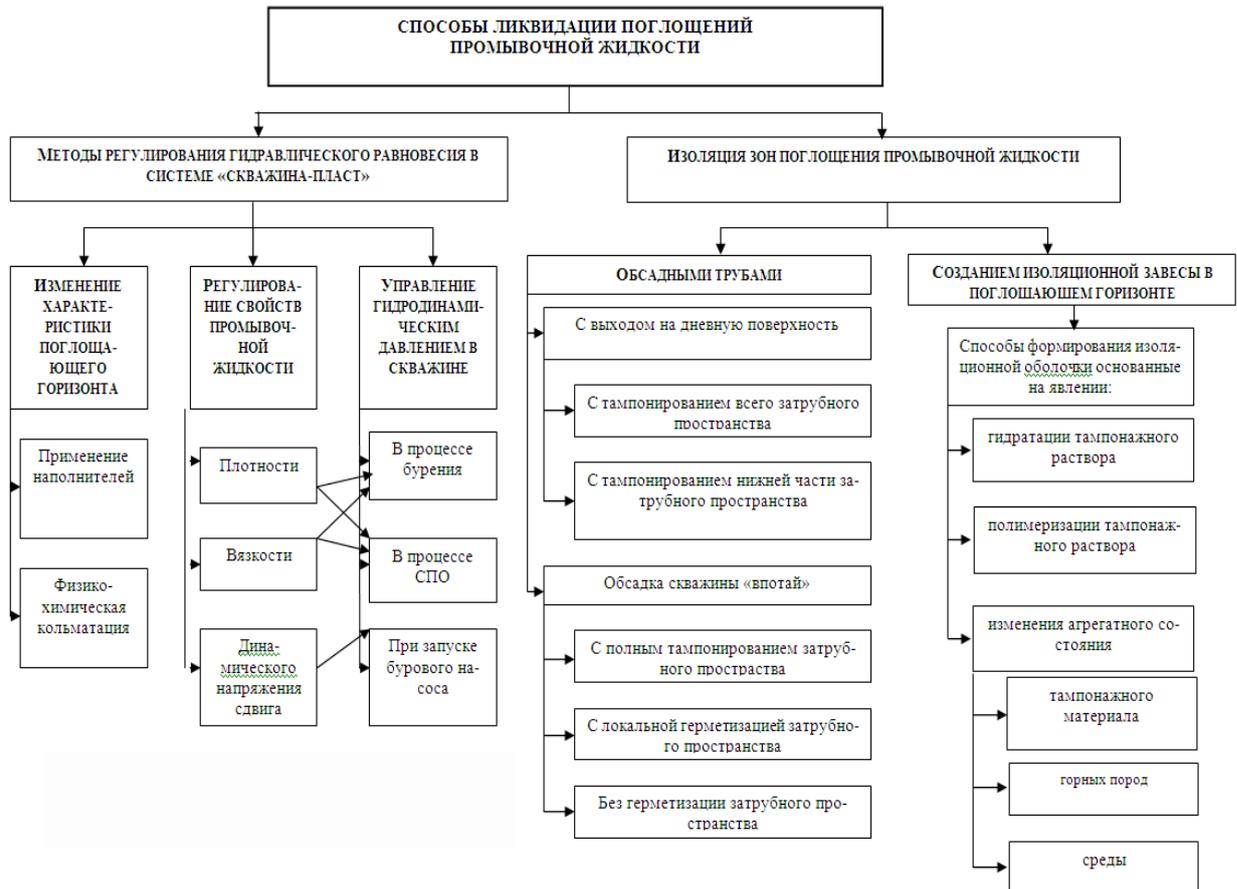


Рис. 1. Классификация способов ликвидации поглощений промывочной жидкости

Идея работы заключается в применении термопластичных, неразубоживаемых пластовыми водами материалов с низкой температурой плавления, расплав которых, проникая в каналы поглощения промывочной жидкости, затвердевает там, образуя надежную, непроницаемую изоляционную оболочку [9,10].

Изложение основного материала. С целью устранения недостатков, присущих технологиям применения ТПМ, на кафедре техники разведки месторождений полезных ископаемых НТУ «Днепровская политехника» разработана новая технология изоляции поглощающих горизонтов, основанная на применении полиэтилентерефталата [11-18]. Для реализации предлагаемой технологии необходимо поэтапно выполнить технологические операции: транспортировку ТПМ к поглощающему горизонту по стволу скважины, плавление ТПМ и задавливание ТПМ в каналы поглощения. Обоснование возможности плавления ТПМ в скважине рассмотрено ранее [19-24].

Областью применения разработанной технологии является изоляция поглощающих горизонтов в буровых скважинах различного целевого назначения, представленных устойчивыми, кристаллическими горными породами с полным, интенсивным или катастрофическим поглощением промывочной жидкости.

В качестве тампонажного термопластичного материала предлагается использовать полиэтилентерефталат (ПЭТ). Физические свойства полиэтилентерефталата приведены в работах [12-15]. Полиэтилентерефталат обладает высокой механической прочностью и ударостойкостью, устойчивостью к истиранию и многократным деформациям при растяжении и изгибе и сохраняет свои высокие ударостойкие и прочностные характеристики в рабочем диапазоне температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. ПЭТ отличается низким

коэффициентом трения и низкой гигроскопичностью. Общий диапазон рабочих температур изделий из полиэтилентерефталата от -60 °С до $+170$ °С. Термодеструкция полиэтилентерефталата происходит при температуре $+290$ °С и выше.

Анализ всех технологических операций и способов их осуществления показывает, что выбор необходимой технологической схемы может быть произведен, исходя из способа доставки ТПМ в зону осложнения.

При доставке ТПМ по стволу скважины возможны три схемы выполнения технологических операций. В схемах, приведенных на рис. 2, предусмотрено плавление ТПМ за счет тепла промывочной жидкости, а на рис. 3 – контактным методом.

Первая схема (рис. 2, а) предусматривает выполнение в определенной последовательности шести операций. Здесь между нагревом промывочной жидкости и плавлением ТПМ необходимо выполнить операции по подъему нагревателя и доставке ТПМ, что приведет к потерям тепла и времени. Поэтому при определении температуры нагрева промывочной жидкости необходимо вводить поправочный коэффициент на эти потери. Во второй технологической схеме допускается доставка ТПМ до подъема нагревателя на поверхность, т.е. операции доставки и прогрева могут быть совмещены во времени. В этом случае обеспечиваются более благоприятные условия для плавления ТПМ. Осуществление второй технологии возможно при достаточном зазоре между стенками скважины и стенками корпуса нагревателя, а сам корпус должен быть выполнен из материалов, стойких к агрессивной среде. При применении третьей технологии в случае отсутствия столба жидкости в скважине применяются электронагреватели контактного типа.

Вторая схема. При доставке по колонне труб (рис. 2, б) так же, как и в предыдущем случае, возможны три варианта выполнения операций. Для реализации первых двух технологий необходимы нагреватели малого диаметра, чтобы их можно было транспортировать по колонне бурильных труб. В первой технологии нагреватель после прогрева промывочной жидкости извлекают из скважины, после чего засыпают через колонну бурильных труб гранулы ТПМ. Такая последовательность выполнения операций приводит к определенным потерям тепла промывочной жидкости на забое скважины. Во второй технологии эти потери можно исключить, однако из-за остатков расплава ТПМ на корпусе нагревателя осложняется операция по его подъему внутри колонны труб. Третья технология требует меньшего числа операций, и может быть применен нагреватель большого диаметра, так как он опускается в скважину после подъема колонны бурильных труб. По этой технологии плавление ТПМ необходимо выполнять контактным методом.

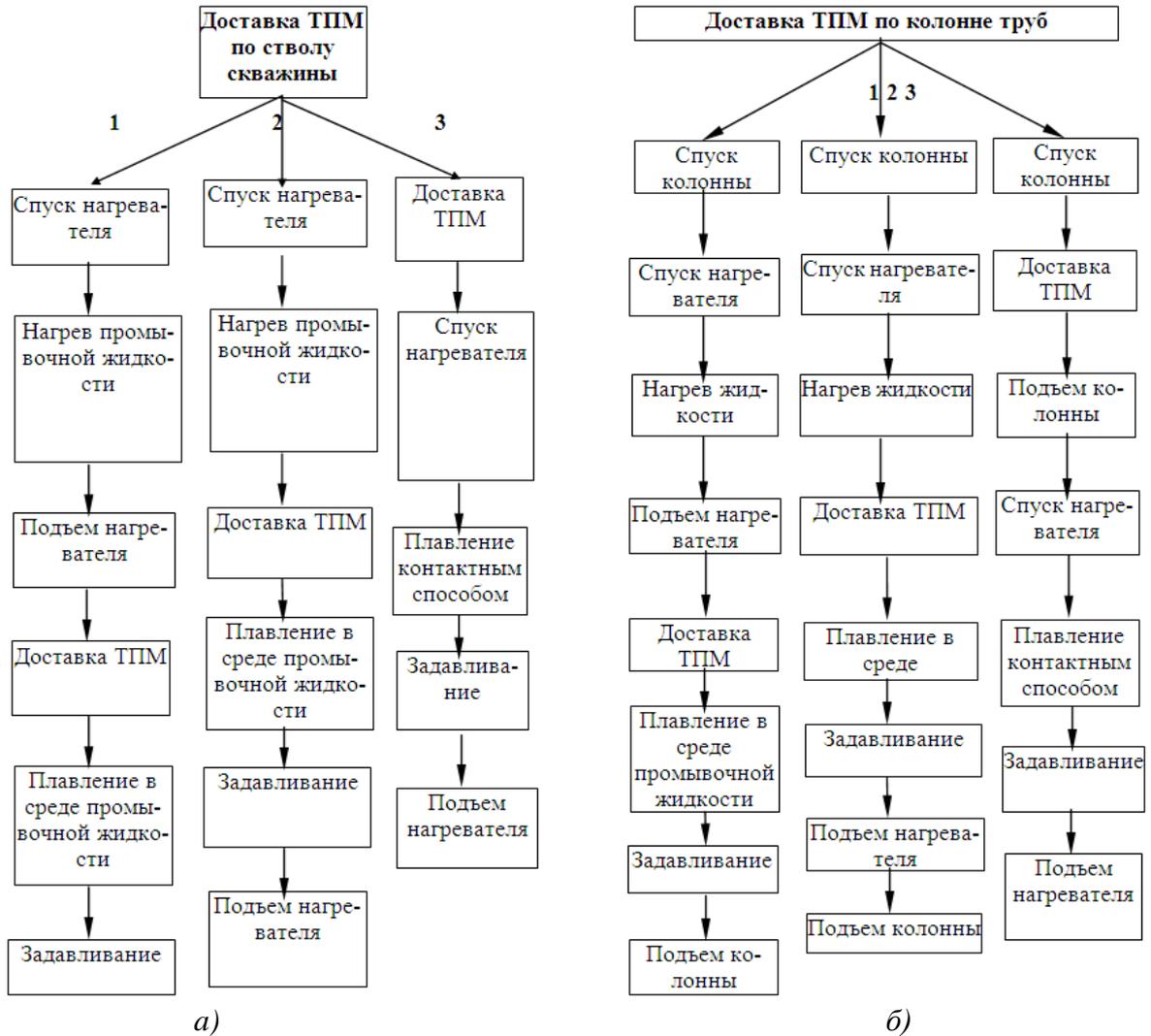


Рис. 2. Технология изоляции поглощающих горизонтов при доставке ТПМ: а – по стволу скважины, б – по колонне труб

Третья схема. При доставке ТПМ в контейнере (рис. 3) возможны две технологии выполнения операций. По первой технологии в скважину опускается контейнер, который при достижении забоя освобождается от ТПМ. После извлечения контейнера из скважины в нее опускают нагреватель и ТПМ плавят контактным методом. Для выполнения технологических операций по второй технологической схеме требуется специальный снаряд, опускаемый в скважину на кабеле, который совмещает в себе нагреватель, контейнер и клапан для выпуска расплава на забой скважины.

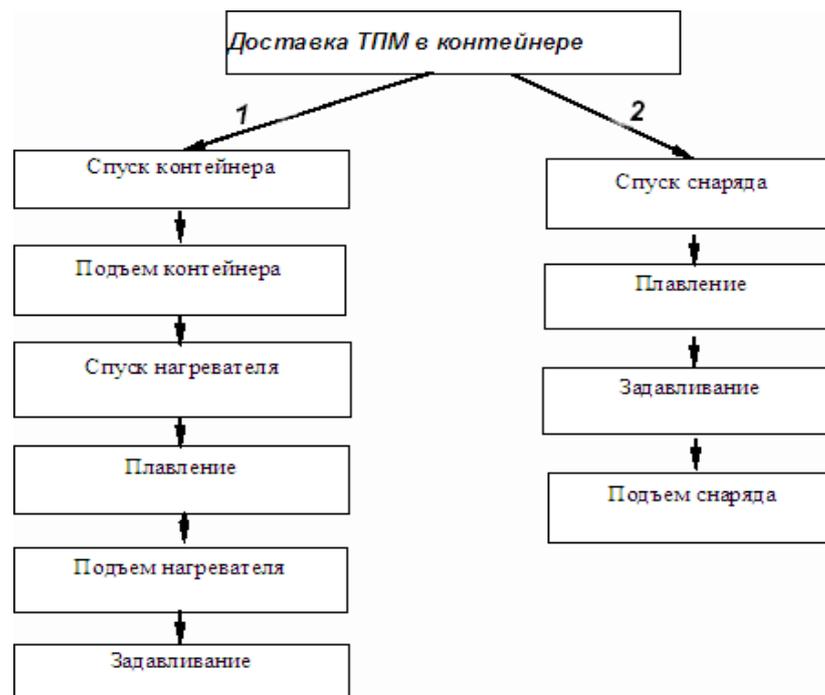


Рис. 3. Технология изоляции поглощающих горизонтов при доставке ТПМ в контейнере

На основании рассмотренных технологических схем проведения тампонажных работ можно рекомендовать к применению в производственных условиях, после проведения дополнительных аналитических и экспериментальных исследований, в зависимости от геолого-технических условий бурения, технологические схемы, рассмотренные на рис. 2, а. 1; 2, а. 3; 2, б. 3. При этом должны быть выдержаны общие требования, предъявляемые к технологии тампонирувания поглощающих горизонтов с применением ТПМ.

Ввиду того, что, по мнению ряда исследователей, тампонирувание пористых пород не вызывает особых трудностей из-за применения инертных материалов, предлагаемую технологию рекомендуется применять при тампонирувании трещиноватых поглощающих горизонтов с минимальным раскрытием трещин 0,5 мм.

При применении разработанных технологий диаметр скважин ограничений не имеет. В качестве промывочной жидкости может применяться техническая вода, глинистый раствор.

Для условий: скважина обсажена колонной труб, ее открытая часть не превышает 50 м, глубина скважины не более 150...200 м, скважина вертикальна и в ней отсутствуют каверны, столб промывочной жидкости над кровлей поглощающего горизонта не менее 20...25 м – для этих условий рекомендуется применение технологической схемы с доставкой ТПМ по стволу скважины (рис. 2, а. 1). Для этих условий данная технологическая схема наиболее приемлема, т.к. все ее технологические операции последовательны и в скважине невозможно создание аварийных ситуаций связанных с затяжкой, прихватом инструмента.

При бурении скважин в районе Донбасса, в силу интенсивной разработки и высокой трещиноватости, проницаемости пород слагающих стенки скважины, нередки случаи, когда скважина бурится с полным поглощением промывочной жидкости. При этом на забое скважины имеется незначительный столб промывочной жидкости или ее полное отсутствие. Для таких скважин рекомендуется применение технологической схемы, представленной на рис. 2, а. 3. При этом, доставку материала возможно выполнять путем засыпания его через устье скважины, а при значительной глубине – по колонне бурильных труб (рис. 2, б. 3). При

выполнении данной технологической схемы в колонковой трубе не должно быть керна. Для плавления гранулированного ТПМ применяются забойные тепловые источники контактного типа.

Наиболее универсальным, простым и технологичным способом тампонирования является способ доставки ТПМ в контейнере (рис. 3.2). При этом плавление производится контактным способом. Недостатком данного способа является ограниченность объема контейнера. При этом, для изоляции поглощающего горизонта потребуется минимальное количество технологических операций. Метод доставки ТПМ на забой скважины в контейнере на кабеле имеет наибольшие перспективы. Он может быть применен для скважин глубиной до 9000 м при минимальных затратах времени и энергии.

Выводы

В работе рассмотрена технология изоляции поглощающих горизонтов ТПМ, для реализации которой необходимо выполнить следующие операции: доставку ТПМ на забой скважины, плавление ТПМ и задавливание ТПМ в каналы поглощения. Для различных геолого-технических условий бурения предложены технологические схемы изоляции поглощающих горизонтов ТПМ.

Метою роботи є підвищення ефективності ізоляційних робіт за рахунок застосування нерозчинних у свердловинній рідині термопластичних сумішей.

Поставлені завдання вирішувалися комплексним методом дослідження, що включає аналіз і узагальнення літературних і патентних джерел, проведення аналітичних, експериментальних досліджень. Розроблено і обґрунтовано спосіб ізоляції поглинаючих горизонтів термопластичними матеріалами, для реалізації якого необхідно виконати наступні технологічні операції: доставку термопластичних матеріалів на вибій свердловини, плавлення термопластичних матеріалів та задавлювання термопластичних матеріалів в канали поглинання. Для різних геолого-технічних умов буріння запропоновано технологічні схеми ізоляції поглинаючих горизонтів термопластичними матеріалами. Як тампонажний матеріал для ізоляції поглинаючих горизонтів бурових свердловин запропоновано використання побутових відходів на основі поліетилентерефталату.

Ключові слова: буріння свердловин, поглинаючий горизонт, ізоляція, тампонажні матеріали.

A. Sudakov, D. Sudakova

National technical university "Dnipro Polytechnic", Ukraine

ABSORBING HORIZONS INSULATION OF DRILLING WELLS THERMOPLASTIC MATERIALS

The work objective is to increase the efficiency of insulation work through the use of thermoplastic mixtures insoluble in the well fluid.

The tasks were solved by a complex research method, including analysis and synthesis of literary and patent sources, conducting analytical, experimental studies.

A method of isolating absorbing horizons by thermoplastic materials has been developed and substantiated, for the implementation of which it is necessary to perform the following technological operations: delivery of thermoplastic materials to the bottom hole, melting of thermoplastic materials and crushing of thermoplastic materials into absorption channels.

For various geological and technical drilling conditions, technological isolation schemes of absorbing horizons of thermoplastic materials are proposed. The use of household waste based on polyethylene terephthalate has been proposed as a cement material for isolating absorbing horizons of boreholes.

Key words: well-boring, absorbing horizon, insulation, grouting materials.

Литература

1. Тампонаж горных пород при бурении геологоразведочных скважин легкоплавкими материалами: учеб. пос. / А. М. Бражененко, С. В. Гошовский, А. А. Кожевников и др. – К.: УкрГГРИ, 2007. – 130 с.

2. Фокин В. В. Совершенствование методов борьбы с поглощениями в интрузиях долеритов глубоких разведочных скважин Сибирской платформы: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.15. – М., 2009. – 164 с.
3. Судакова Д. А. Результаты анализа технологий тампонирувания поглощающих горизонтов буровых скважин. Школа підземної розробки: XI Міжнародна науково-практична конференція (Бердянськ, вересень 2017 р.) Бердянськ: НГУ, 2017. С. 101 – 102.
4. Kuzin J., Mostinets O., Sudakova D., Isakova M. Isolation technology for swallowing zones by thermoplastic materials on the basis of polyethyleneterephthalate. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2017. – Volume 1. – pp. 34–39.
5. Мартыненко И. И. Исследования, разработка и внедрение технологии ликвидации геологических осложнений тампонирующими смесями на битумной основе: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.15.14 / Днепропет. горн. ин-т. – Д., 1990. – 16 с.
6. Судаков А. К. Технология изоляции зон поглощения буровых скважин с применением термопластичных материалов: автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец 05.15.10 «Бурение скважин» / А.К. Судаков. – Днепропетровск, 2000. – 18 с.
7. Танинский П. Ю. Выбор легкоплавких связующих материалов для экологически чистого беструбного крепления скважин: автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец 05.15.14 «Технология и техника геологоразведочных работ» / П.Ю. Танинский. – Санкт-Петербург, 2000. – 20 с.
8. Судакова Д. А. Нетрадиционная технология борьбы с поглощением буровых растворов в скважинах // Вісті Донецького гірничого інституту / ДВНЗ «ДонНТУ». – Покровськ, 2017. – №1(40). – С. 227 – 233.
9. Кузин Ю. Л., Судакова Д. А. О возможности применения бытовых отходов для изоляции поглощающих горизонтов буровых скважин. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сб. науч. тр. / ИСМ НАН Украины. – К., 2016. – Вып. 19. – С. 92 – 96.
10. Судакова Д. А. О возможности применения бытовых отходов в качестве тампонажного термопластичного материала. Молодь: наука та інновації – 2017: П'ята всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпро, 28 – 29 листопада 2017 р.) Дніпро: 2017. С. 34–35.
11. Isakova M., Sudakova D. Thermoplastic materials on the basis of polyethyleneterephthalate. The 11th International Forum for Students and Young Researchers, (Dnipropetrovsk, april 2016). Dnipropetrovsk: НГУ, 2016. – p. 62.
12. Sudakov A., Dreus A., Sudakova D., Khamininch O. (2018) The study of melting process of the new plugging material at thermomechanical isolation technology of permeable horizons of mine opening. E3S Web of Conferences. Volume 60, 2018. p. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000027>.
13. Судакова Д.А. Обґрунтування параметрів ізоляції поглинаючих горизонтів бурових свердловин: автореф. дис. на здобув. науч. степ. канд. техн. наук: спец 05.15.10 «Буріння свердловин» / Д.А. Судакова. – Івано-Франківськ, 2018 – 20 с.
14. Судакова Д. А. Механические свойства тампонажного термопластичного материала на основе полиэтилентерефталата. // Вісті Донецького гірничого інституту / ДВНЗ «ДонНТУ». – Покровськ, 2017. – №2. – С. 107–116.
15. Кузин Ю. Л., Судакова Д. А., Лукьяненко М. В. Результаты исследований механических свойств тампонажного термопластичного композиционного материала на основе полиэтилентерефталата. Форум горняков – 2017: материал

- международной научно-технической конференции, г. Днепр, 4 – 7 октября 2017 г. – Днепр, 2017. – С 242-247.
16. Судакова Д. А. Результаты стендовых исследований термомеханической технологии изоляции поглощающих горизонтов тампонажными термопластичными композиционными материалами. // Збірка наукових праць Національного гірничого університету / ДВНЗ «НГУ». – Дніпро, 2018. – №54. – С. 285-296.
 17. Dreus, A., Sudakov, A.K., & Kozhevnikov, A.A. (2016). Investigation of heating of the drilling bits and definition of the energy efficient drilling modes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technologies*, 3(7(81)), 41-46.
 18. Кузін Ю. Л., Судакова Д. А. Термомеханічний спосіб тампонування проникних горизонтів бурових свердловин. Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: XVIII Международная конференция (Трускавец, сентябрь 2017 г.) Трускавец: ИИМ, 2017. – С 98- 102.
 19. Sudakov, A.K., Dreus, A.Yu., Khomenko O.Ye., & Sudaкова. D.A. (2017). Analytic study of heat transfer in absorbing horizon of boreholes in the formation of protection cryogenic plugging material. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 3(159). – 32-46.
 20. Sudakov, A., Dreus, A., Ratov, B., & Delikesheva, D. (2018). Theoretical bases of isolation technology for swallowing horizons using thermoplastic materials. *News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan*. – 2(428). – 72-80.
 21. Sudakov A.K. Khomenko O.Ye., Isakova M. L., & Sudaкова, D.A. (2016). Concept of numerical experiment of isolation of absorptive horizons by thermoplastic materials. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2016. – Volume 5 (155). – pp. 12–16.
 22. Dreus, A.J., Sudakov, A.K., Kozhevnikov, A.A., & Vahalin, J.M. (2016). Study on thermal strength reduction of rock formation in the diamond core drilling process using pulse flushing mode. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 3(153). – 5-9.
 23. Khomenko, O.Ye., Sudakov, A.K., Malanchuk, Z.R., & Malanchuk, Ye.Z. (2017). Principles of rock pressure energy usage during underground mining of deposits. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2(158). – 34-43.
 24. Kozhevnykov, A.O., Dreus, A.Yu., Baochang, Liu, & Sudakov, A.K. (2018). Drilling fluid circulation rate influence on the contact temperature during borehole drilling. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 1(163). – 35-43.

Поступила 09.06.19

REFERENCES

1. Brazhnenko, A. M., Goshovskii, S. V., Kozhevnikov, A. A. et al. (2007). *Tamponazh gornykh porod pri burenii geologorazvedochnykh skvazhin legkoplavkimi materialami* [Tamponage of rocks when drilling geological exploration wells with low-melting materials]. K.: UkrGGRI [in Russian].
2. Fokin, V. V. (2009), *Sovershenstvovanie metodov borbyi s pogloscheniiami v intruziakh doleritov glubokikh razvedochnykh skvazhin Sibirskoi platformy* [Improvement of methods for controlling absorption in the intrusions of dolerites of deep exploratory wells of the Siberian platform]. *Candidate's thesis*. Moskva [in Russian].
3. Sudaкова, D. A. *Rezultaty analiza tekhnologii tamponirovaniia pogloshchaiushchikh gorizontov burovnykh skvazhin* [The results of the analysis of technology plugging absorbing horizons of boreholes]. *Shkola pidzemnoii rozrobky: XI Mizhnarodna naukovo-praktichna konferentsiya (veresen 2017)*. (pp. 101-102). Berdiansk [in Russian].

4. Kuzin, J. L., Isakova, M. L., Sudakova, D. A., et al. (2017). Tehnologiiia izoliatsii pogloschaisushchikh gorizontov burovnykh skvazhin termoplastichnymi materialami na osnove polietilentereftalata [Isolation technology for swallowing zones by thermoplastic materials on the basis of polyethyleneterephthalate]. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu – Scientific bulletin of National Mining University, 1*, 34-39 [in English].
5. Martynenko, I. I. (1990). Issledovaniia, razrabotka i vnedrenie tekhnologii likvidatsii geologicheskikh oslozhnenii tamponiruiushchimi smesiami na bitumnoi osnove [Research, development and introduction of technology for liquidation of geological complications by tamponizing mixtures on bitumen base], *Extended abstract of candidate's thesis*. Dnepropetrovsk [in Russian].
6. Sudakov, A. K. (2000). Tekhnologiiia izoliatsii zon pogloshcheniia burovnykh skvazhin s primeneniem termoplastichnykh materialov [Technology of isolation of absorption zones of boreholes with application of thermoplastic materials]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Dnepropetrovsk [in Ukrainian].
7. Taninskiy, P. Yu. (2000). Vybory legkoplavkikh svyazuiushchikh materialov dlia ekologicheskii chistogo bestrubnogo krepneniia skvazhin [Selection of low-melting bonding materials for environmentally friendly non-tie fastening of wells]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Sankt-Peterburg [in Russian].
8. Sudakova, D. A., (2017). Netraditsionnaia tekhnologiiia borby s pogloshcheniem burovnykh rastvorov v skvazhinakh [Unconventional technology to combat the absorption of drilling fluids in wells]. *Naukovi pratsi DonNTU – Scientific works of DonNTU, 1*, 227-233 [in Russian].
9. Kuzin, Yu. L., & Sudakova, D. A., (2016). O vozmozhnosti primeneniia bytovykh otkhodov dlia izolyatsii pogloshchaisushchikh gorizontov burovnykh skvazhin [About the possibility of using household waste to isolate absorbing horizons of boreholes]. *Porodorazrushaiushchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnologiiia ego izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools-Techniques and Technology of the Tool Production and Applications, 19*, 92– 96 [in Russian].
10. Sudakova, D. A. O vozmozhnosti primeneniya bytovykh otkhodov v kachestve tamponazhnogo termoplastichnogo materiala [On the possibility of using household waste as a grouting thermoplastic material]. *Young: science and innovation - 2017: Piata vseukrainska naukovo-tekhnichna konferentsiia studentiv, aspirantiv i molodykh uchenykh (28 – 29 lystopada 2017)*. (pp. 34-35). Dnepr [in Russian].
11. Isakova, M., & Sudakova, D. (2016). Termoplastichnye materialy na osnove polietilentereftalata [Thermoplastic materials on the basis of polyethyleneterephthalate]. *The 11th International Forum for Students and Young Researchers (april 2016)*. (p. 62). Dnepr [in English].
12. Sudakov, A., Dreus, A., Sudakova, D., et al. (2018). Issledovanie protsessa plavleniia novogo tamponazhnogo materiala pri tekhnologii termomekhanicheskoi izoliatsii pronitsaemykh gorizontov vskrytiia shakhty [The study of melting process of the new plugging material at thermomechanical isolation technology of permeable horizons of mine opening]. *E3S Web of Conferences, 60*, 1-10 [in English].
13. Sudakova, D. A. (2018). Obgruntuvannia parametriv izoliatsii poglynaiuchykh goryzontiv burovnykh sverdlovykh [Substantiation of insulation parameters of absorbing horizons of drilling wells]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Ivano-Frankivsk [in Ukrainian].
14. Sudakova, D. A., (2017). Mekhanicheskie svoistva tamponazhnogo termoplastichnogo materiala na osnove polietilentereftalata [Mechanical properties of grouting thermoplastic

- material based on polyethylene terephthalate]. *Naukovi pratsi DonNTU – Scientific works of DonNTU*, 2, 107–116 [in Russian].
15. Kuzin, Yu. L., Sudakova, D. A., & Lukianenko, M. V. Rezultaty issledovaniy mekhanicheskikh svoystv tamponazhnogo termoplastichnogo kompozitsionnogo materiala na osnove polietilentereftalata [The results of studies of the mechanical properties of the grouting thermoplastic composite material based on polyethylene terephthalate]. *Forum of the miners - 2017: material mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (oktyabr' 2017 hoda)*. (pp. 242-247). Dnepr [in Russian].
 16. Sudakova, D. A., (2018). Rezultaty stendovykh issledovaniy termomekhanicheskoi tekhnologii izolyatsii pogloshchaiushchikh gorizontov tamponazhnymi termoplastichnymi kompozitsionnymi materialami [The results of the bench research of thermomechanical technology of isolation of absorbing horizons by thermoplastic thermoplastic composite materials]. *Zbirnik naukovikh prats' NGU*, 54, 285 – 298 [in Russian].
 17. Dreus, A. Yu., Sudakov, A. K., & Kozhevnikov, A. A. (2016). Issledovanie nagreva burovykh dolot i opredelenie energoeffektivnykh rezhimov bureniia [Investigation of heating of the drilling bits and definition of the energy efficient drilling modes]. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technologies*, 3(7(81)), 41-46 [in English].
 18. Kuzin, Yu. L., & Sudakova, D. A. (2017) Termomekhanichniy sposib tamponuvannia pronyknykh goryzontiv burovykh sverdlovykh [Thermomechanical method of tiling permeable horizons of drilling wells]. *Porodorazrushaiushchii i metallobratatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools-Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*. (pp. 98-102). Truskavets [in Ukrainian].
 19. Sudakov, A. K., Dreus, A. Yu., & Sudakova, D. A. et al. (2017). Analiticheskoe issledovanie teploobmena v pogloshchaiushchem gorizonte skvazhin pri formirovannii zashchitnogo kriogennoho zakuporivaiushchego materiala [Analytic study of heat transfer in absorbing horizon of boreholes in the formation of protection cryogenic plugging material]. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu – Scientific Bulletin of the National Mining University*, 3(159), 32-46 [in English].
 20. Sudakov, A., Dreus, A., Ratov, B., et al. (2018). Teoreticheskie osnovy tekhnologii izolyatsii dlia pogloshchaiushchikh gorizontov s ispolzovaniem termoplastichnykh materialov [Theoretical bases of isolation technology for swallowing horizons using thermoplastic materials]. *Novosti Natsionalnoy akademii nauk Respubliki Kazahstan – News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 2, 428, 72 – 80 [in English].
 21. Sudakov, A. K., Khomenko, O. E., Isakova, M. L., et al. (2016). Kontseptsiiia chislennogo eksperimenta izolyatsii pogloshchaiushchikh gorizontov termoplastichnymi materialami [Concept of numerical experiment of isolation of absorptive horizons by thermoplastic materials]. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu – Scientific bulletin of National Mining University*, 5, 155, 12-16 [in English].
 22. Dreus, A. J., Sudakov, A. K., Kozhevnikov, A. A., et al. (2016). Issledovanie termicheskoi prochnosti gornykh porod v protsesse bureniia almaznogo kerna s ispolzovaniem rezhima impulsnoi promyvki [Study on thermal strength reduction of rock formation in the diamond core drilling process using pulse flushing mode]. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu – Scientific Bulletin of the National Mining University*, 3(153), 5-9 [in English].
 23. Khomenko, O. Ye., Sudakov, A. K., Malanchuk, Z. R., et al. (2017). Printsipy ispolzovaniia energii gornogo davleniia pri podzemnoi razrabotke mestorozhdenii [Principles of rock pressure energy usage during underground mining of deposits].

Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu – Scientific Bulletin of the National Mining University, 2(158), 34-43 [in English].

24. Kozhevnykov, A. O., Dreus, A. Yu., Baochang, Liu, et al. (2018). Vliianie skorosti tsirkuliacii burovogo rastvora na temperaturu kontakta pri burenii skvazhiny [Drilling fluid circulation rate influence on the contact temperature during borehole drilling]. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu – Scientific Bulletin of the National Mining University, 1(163), 35-43 [in English].*

УДК 622.24

DOI: 10.33839/2223-3938-2019-22-1-126-133

А. О. Ігнатов, канд. техн. наук

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького,
19, 49027, м. Дніпро, Україна, e-mail: A_3000@i.ua*

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОБОТИ ЗАБІЙНОГО МЕХАНІЗМУ ПОДАВАННЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ГНУЧКОЇ КОЛОНИ БУРИЛЬНИХ ТРУБ

Методами конструкторського аналізу, лабораторних та теоретичних прийомів досліджень встановлені основоположні принципи роботи забійного пристрою створення осьового навантаження на породоруйнівний інструмент. В результаті проведення конструкторського і теоретичного аналізу встановлені основні принципи роботи як окремих вузлів забійного пристрою створення осьового навантаження, так і його в цілому. Розглянуті особливості протікання циркуляційних процесів при роботі проектного пристрою. Показана можливість оцінки ефективності роботи пристрою зі створення осьового навантаження на підставі порівняльного дослідження показників процесу буріння свердловин і насамперед питомої енергоємності, що характеризує витрати роботи на одиницю зруйнованої породи. Досліджені умови руйнування гірських порід при роботі пристрою у складі забійної компоновки колони гнучких труб, в результаті яких встановлено, що умови руйнування порід зазнають значного впливу у разі наявності у складі бурових промивальних рідин поверхнево-активних речовин. Показані перспективні можливості використання забійних механізмів створення осьового навантаження на породоруйнівний інструмент. Доведена необхідність розширення сфери застосування колони гнучких бурильних труб. Розширенню сфери застосування колони гнучких труб, і зокрема при бурових роботах, сприятиме розробка і впровадження забійних пристроїв створення осьового навантаження на породоруйнівний інструмент, одна з базових конструкцій яких розглядається в даній статті. Розроблений пристрій є ефективним механізмом створення осьового навантаження на породоруйнівний інструмент і дозволяє розширити можливості використання колони гнучких труб в бурових роботах. Конструктивні рішення, закладені в основу механізму функціонування пристрою, виступають базовими для подальших розробок в області проектування забійних компоновок створення осьового навантаження.

Ключові слова: *колона гнучких бурильних труб, осьове навантаження, забійний пристрій, циркуляційні процеси, промивальна рідина.*

Використання колони гнучких труб є принципово новим напрямом в техніці будівництва свердловин. При цьому не сама ідея із застосування однієї суцільної безперервної колони замість зібраної з окремих труб є іноваційною, а реалізація схем працездатного устаткування в підземних умовах [1]. Реалізація схем працездатного устаткування стала можливою тільки після рішення наступних технічних завдань – створення колони гнучких труб, що має досить високу циклічну міцність, і промислового устаткування, що забезпечує виконання усіх необхідних технологічних операцій [2]. Між