МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТАМПОНАЖНОГО ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Приведены результаты исследования механических свойств тампонажного термопластичного композиционного материала на основе полиэтилентерефталата. Определены механические свойства полиэтилентерефталата и полиэтилентерефталата с добавками наполнителей, поливинилхлорида и полиэтилена. Дана оценка влияния добавок на свойства тампонажного термопластичного композиционного материала на основе полиэтилентерефталата. Обоснована оптимальная рецептура тампонажного термопластичного композиционного материала.

Ключевые слова: поглощение промывочной жидкости, тампонаж, термопластичный материал, полиэтилентерефталат.

Постановка проблемы. Процесс бурения скважин связан с геологическими осложнениями. Наиболее частыми видами осложнений, нарушающих технологию буровых работ, является поглощение буровых и тампонажных растворов.

Ежегодные затраты на борьбу с осложнениями составляют от 8 % до 16 % календарного времени бурения и от 5% до 10% финансовых средств [1]. При этом, материальные расходы не подвергаются строгому учету. Выполненный анализ применения технологий борьбы с поглощениями показывает, что их эффективность в среднем составляет 30 %. Затраты времени в общем балансе на бурение возрастают до 18-23 % [1,2].

Это обусловлено тем, что для ликвидации поглощения промывочной жидкости применяются недостаточно эффективные тампонажные материалы, которые готовятся на водной основе с введенным в его состав минераловязущих или синтетических веществ.

Основными недостатками этих материалов является то, что они обладают большой чувствительностью к разбавлению водой. При тампонировании растворы легко перемешиваются с промывочной жидкостью и пластовыми водами, особенно при наличии межпластового перетекания. Происходит разубоживание, седиментация тампонажных растворов, что ведет к повышению времени схватывания, растеканию на значительные расстояния от скважины, и как следствие ведет к перерасходу тампонажных смесей,

необходимости повторения операций по тампонированию. На практике, при ликвидации поглощения промывочной жидкости расходуются тонны, десятки тонн цемента [3].

Имеют определенный интерес тампонажные растворы на основе термопластичных, неразубоживаемых пластовыми водами материалов с низкой температурой плавления, расплав которых может легко проникать в каналы поглощения промывочной жидкости и твердеть там.

К настоящему времени из термопластичных материалов применялись смеси на основе битума [4], серы [5] и синтетических термопластов (полиэтилен, полипропилен) [6]. Физико-механические свойства этих веществ достаточно хорошо известны и подробно освещены в литературных источниках. Из положительных свойств, что способствует их применению в качестве тампонажного материала, следует отметить такие, как неразубоживаемость водой и нерастворимость в ней. Их плавление происходит при сравнительно невысокой температуре, и они не теряют своих свойств после повторных циклов плавления и застывания. Эти материалы являются достаточно долговечным гидроизоляционным материалом, которые имеют высокую антикоррозийную стойкость в агрессивных средах.

Но применение этих материалов ограничено и их недостатки рассмотрены в работах, опубликованных ранее [7].

Для кардинального решения проблемы изоляции поглощающих горизонтов необходимо использовать последние достижения фундаментальных наук, идти не только по пути известных, традиционных технологий, но и находить принципиально новые решения. Поэтому исключительно важное значение имеет проблема разработки нетрадиционных технологий изоляции поглощающих горизонтов с использованием более эффективных тампонажных материалов.

В Национальном горном университете, на протяжении ряда лет ведутся работы по разработке нетрадиционных технологий ликвидации поглощений промывочной жидкости. Ранее были выполнены работы результаты которых приведены в [3]. На современном этапе эти работы получили дальнейшее развитие, в результате которого разработаны: концепция численного моделирования [8] и модель процесса тампонирувания поглощающего горизонта термопластичными материалами [9]; криогенная технология изоляции поглощающих горизонтов с применением традиционных тампонажных материалов [10]; разработана математическая модель [11] и произведено численное моделирование криогенной технологии изоляции поглощающего горизонта [12].

Идея работы, заключается в применении инертных, термопластичных бытовых отходов, неразубоживаемыми пластовыми водами с низкой температурой плавления, расплав которых, проникая в каналы поглощения промывочной жидкости, затвердевает там, образуя малообъемную, надежную, непроницаемую изоляционную оболочку вокруг ствола буровой скважины.

Целью работы является повышение эффективности изоляционных работ за счет применения термопластичных смесей на основе полиэтилентерефталата.

Изложение основного материала. В основу работы, которая выполняется в Национальном горном университете, поставлена задача усовершенствования способа тампонирувания проницаемых горизонтов буровых скважин, в котором применение принципиально нового тампонажного термопластичного композиционного материала (ТПКМ), с механическими свойствами горной породы,

обеспечивает повышение надежности изоляционных работ, улучшение условий труда и существенное сокращение материальных затрат на тампонирувание зон осложнений.

Объектом лабораторных исследований является ТПКМ на основе полиэтилентерефталата ПЭТа с добавками наполнителей и пластификаторов. Исходными материалами для проведения лабораторных исследований являются:

- вторичный ПЭТ;
- вторичный поливинилхлорид;
- вторичный полиэтилен;
- гравий;
- вторичная минеральная вата.

Лабораторные исследования проводились в лабораториях кафедр техники разведки МПИ (ГРМПИ) и строительства, геотехники и геомеханики (СГГ) Национального горного университета.

Приготовление ТПКМ заключается в нагреве, плавлении и перемешивании до получения однородной массы его компонентов. После чего расплав формовался в емкости, предназначенные для проведения соответствующих исследований.

При исследованиях определялись следующие показатели физико-механических свойств ПЭТа с добавками наполнителей и пластификаторов:

- предел прочности на одноосное сжатие тампонажного камня;
- плотность, тампонажного камня;

При производстве лабораторных работ, для оптимизации числа проб ТПКМ, подвергаемых исследованию, в качестве критерия использован предел прочности на одноосное сжатие.

При исследовании механических свойств, в качестве базы сравнения использовался портландцемент марки М-400 производства криворожского цементного завода, с введением в состав цементного теста, с В/Ц отношением 0,4, наполнителя. Количество наполнителя бралось из расчета 1:3 по отношению к массе цемента. В качестве наполнителя применялся отсев гравия карьера «Просяное», с крупностью менее 0,5 мм.

Предел прочности на одноосное сжатие ПЭТа и композита на его основе определялся, в лаборатории кафедры СГГ на полуавтоматическом гидравлическом прессе

серии КД с электронной калибровкой и фиксацией результата, на образцах правильной формы согласно ГОСТ 21152-84. Для определения предела прочности принималось не менее 5 образцов.

Плотностные свойства ТПКМ определены согласно ГОСТ 5180-84.

В качестве вяжущего вещества разрабатываемой технологии должен был выступать вторичный ПЭТ. Поэтому необходимо было подтверждение принципиальной возможности его применения в качестве тампонажного материала. Одним из критериев оценки

возможности применения является определение предела прочности на одноосное сжатие.

Для определения предела прочности на одноосное сжатие изготавливались образцы правильной кубической формы. С этой целью в разогретую на электроплите емкость помещались очищенные от полиэтиленовых наклеек и поливинилхлоридных крышек вторичный ПЭТ. После плавления необходимого количества ПЭТ его расплав был разлит по формам (рис. 1). Кристаллизация, остывание до комнатной температуры осуществлялось в воздушной среде.

Рис. 1. Внешний вид образца ПЭТ после кристаллизации

При остывании образцов, находящихся в формах, на их поверхности образовывались радиальные глубокие трещины. После попытки их извлечения из форм – образцы разрушились (рис. 1). В изломе образцов структура высокопористая. Всем образцам присуще явление усадки, ее размер более 25%.

На этом основании: были сделаны выводы о невозможности его применения в качестве тампонажного материала; с чистым вторичным ПЭТом работы были прекращены.

Из практики применения вторичного ПЭТ в строительстве известно, что он является основой полимер-песчаных композитов. В виду отсутствия в литературных источниках сведений об исследованиях и рецептурах композитов на

его основе, с учетом специфики сбора и переработки бытовых отходов, а также имеющего накопленного опыта применения технологий ликвидации геологических осложнений в буровых скважинах авторами принято:

- с целью удешевления переработки вторичный ПЭТ не подвергать предварительной подготовке, т.е. не производить сортировку, мойку, удаление этикеток, крышек, диспергирование и т.д.;

- для снижения вероятности образования порового пространства, а также повышения механических характеристик ПЭТ использовать только, как вяжущее наполнителя;

- в качестве наполнителя применять доступные и недорогие: гранулированные –

гравий; волокнистые – стекловата; комбинации на их основе;

- гранулированный наполнитель имеет крупность: <0,5 мм; 0,5-1,0 мм; 1,0-3,0 мм; 3,0-5,0 мм;

- массовая доля гранулированного наполнителя вводимого в расплав вторичного ПЭТ составляет: 1:1; 1:2; 1:3; 1:4, а массовая доля волокнистого 1:0,5; 1:1; 1:2.

Исследование механических свойств ТПКМ условно можно разделить на три

этапа. На первом этапе исследовался ТПКМ с гранулированным наполнителем. На втором с волокнистым, а на третьем их комбинация.

В первую очередь интересовало изменения механических характеристик в зависимости от концентрации гранулированного наполнителя. На рис. 2 приведены средние значения предела прочности образцов на одноосное сжатие, расплав которых не нагревался выше 300°C.

Рис. 2. Зависимость среднего предела прочности на одноосное сжатие от содержания и концентрации гранулированного наполнителя

Из рис. 2 следует, что наилучшие механические (прочностные) свойства имеет ТПКМ с гравием, крупность которого не превышает 0,5 мм. Так по сравнению с ТПКМ с гравием крупностью:

- 0,5-1,0 мм превышает на 32% при соотношении компонентов 1:1 и 8% при 1:4;

- 1-3 мм превышает на 61% при соотношении компонентов 1:1 и 56% при 1:4;

- 3-5 мм превышает на 64% при соотношении компонентов 1:1 и 77% при 1:4.

Этот факт можно объяснить более компактной упаковкой гранул композита, фотографии которых приведены на рис. 3.

На рис. 3 приведен внешний вид образцов ТПКМ с соотношением

компонентов 1:3, но с разной крупностью. В первом случае (рис. 3.а) грансостав <0,5 мм, во втором (рис. 3.б) 1,5 мм.

С учетом приведенных результатов на рис. 3, авторами принято решение, с целью оптимизации исследований механических свойств, в дальнейшем исследовать физико-механические свойства ТПКМ только с крупностью гравия <0,5 мм.

Из литературных источников известно, что при повышении температуры выше 300°C происходит частичное разложение ПЭТ с выгоранием (выделением) летучих веществ. Поэтому определенный интерес представляет влияние температуры нагрева расплава ТПКМ перед формованием на его механические свойства (рис. 4)

Рис. 3. Плотность упаковки гранул ТПКМ

Рис. 4. Зависимость среднего предела прочности на одноосное сжатие от температуры нагрева ТПКМ в соотношении компонентов 1:1 и крупностью гравия менее 0,5 мм

В ходе исследования влияния температуры нагрева расплава на механические свойства ТПКМ (рис. 4) установлено, что повышение температуры до 350°C приводит к снижению прочностных характеристик на 63%, а при 400°C до 80%, а так же происходит увеличения усадки от 2% при 300°C до 20% при 400°C. Кроме того тампонажный камень при увеличении температуры расплава меняет цвет. С бирюзового при температуре

расплава до 300°C на светло-коричневый и коричневый при повышении температуры до 400°C. Поэтому в дальнейших исследованиях использовались образцы, которые изготавливались в диапазоне температур от 250°C до 300°C.

Применение термопластичных материалов предполагает их многократное, повторное плавление, например для переработки. Поэтому авторами выполнены исследования влияния количества

повторяющихся плавков на прочностные характеристики ТПКМ. Результаты исследований приведены на рис. 5.

Из рис. 5 следует, что с увеличением количества плавков прочностные характеристики ТПКМ снижаются на 49%

после 5 плавки и на 73% после 10. Но после проведения второй и третьей плавки снижения прочностных характеристик незначительно и составляет, соответственно 11% и 24%.

Рис. 5. Зависимость среднего предела прочности на одноосное сжатие от количества плавков ТПКМ при концентрации гранулированного наполнителя 1:1 и фракцией менее 0,5 мм

Определенный интерес вызывает динамика набора прочностных свойств ТПКМ. Для проведения данного вида исследований выбран композит с массовым соотношением компонентов 1:3. В качестве базы сравнения принят цементный раствор (тампонажный камень), полученный из портландцемента марки М-400 производства криворожского цементного завода, с введением в его состав наполнителя, с массовым соотношением компонентов 1:3.

Результаты исследований представлены на рис. 6. Исследования тампонажного состава (тампонажного камня) и ТПКМ проводились в течение 7 суток (168 часов). Исходя из полученных результатов исследований, можно утверждать, что:

- набор прочностных характеристик тампонажного камня на основе цемента марки М – 400 происходит длительное время. В первые несколько суток прочностные характеристики отсутствуют. К концу третьих суток предел прочности на одноосное сжатие составил примерно 1

МПа. К истечению седьмых суток предел прочности на одноосное сжатие составил 10 МПа;

- набор прочностных характеристик ТПКМ происходит стремительно. После начала процесса формирования периферийная область (в силу разности температур по отношению к форме) остывая, кристаллизуется и набирает прочностные свойства. Образцы в возрасте 10-15 мин. имеют практически конечную прочность. Но в силу высокой их температуры поверхности (более 130⁰С) и исходя из соображений техники безопасности, предел прочности на одноосное сжатие ТПКМ проводился для образцов достигших возраста 0,5 часа. В возрасте 0,5 часа ТПКМ имеет максимальный и неизменный во времени предел прочности на одноосное сжатие равный 33 МПа.

Помимо гранулированных наполнителей могут быть применены волокнистые. В качестве волокнистого наполнителя была выбрана вторичная минеральная вата. Результаты исследований

механических свойств ТПКМ приведены на рис. 7.

Рис. 6. Зависимость среднего предела прочности на одноосное сжатие от времени твердения ТПКМ и цементного раствора при содержании гранулированного наполнителя в соотношении 1:3, крупностью гравия <0,5 мм

1, 1'- волокнистый наполнитель; 2, 2' - гранулированный наполнитель

Рис. 7. Зависимость среднего предела прочности на одноосное сжатие и плотности ТПКМ от содержания наполнителя

На рис 7 сплошной линией приведены результаты определения предела прочности на одноосное сжатие образцов ТПКМ и пунктирной линией их плотность при

соответствующей концентрации наполнителя. В качестве базы сравнения выбран ТПКМ с гранулированным наполнителем крупностью менее 0,5 мм.

Исходя из приведенных результатов следует, что:

- с увеличением концентрации волокнистого наполнителя прочностные свойства ТПКМ снижаются с 19,7 МПа при соотношении компонентов 1:0,5 до 6,5 МПа при соотношении 1:4. Вместе с этим и плотностные свойства несколько снижаются с 1310 кг/м³ при соотношении 1:0,5 до 1150 кг/м³ при 1:4;

- при применении гранулированного наполнителя прочностные свойства ТПКМ в 3,5 раза выше, чем у волокнистого. Так при соотношении компонентов 1:1 в первом случае предел прочности составил 52,6 МПа, а во втором 15 МПа. При увеличении концентрации наполнителя, как и в предыдущем случае, прочностные свойства

тоже снижаются, и при соотношении 1:4 в 3,2 раза выше, чем у волокнистого и составило 20,6.

Из буровой практики известно, что наилучшими закупоривающими свойствами обладают тампонажные композиционные материалы с комбинированными наполнителями. Поэтому авторами были проведены исследования ТПКМ на основе ПЭТ с введением в его состав волокнистого наполнителя в соотношении к вяжущему 1:0,5 и 1:1. При этом соотношение ПЭТ к гранулированному наполнителю изменялось от 1:0,1 до 1:2 (рис. 8). В качестве базы сравнения, как и в случае с рис. 7, выбран ТПКМ с только гранулированным наполнителем крупностью менее 0,5 мм.

Рис. 8. Зависимость среднего предела прочности на одноосное сжатие полимер-волокнисто-песчаного композита от концентрации наполнителя

Как следует из рис. 8 прочностные характеристики полимер-волокнисто-песчаного композита ниже прочности базы сравнения в 1,5-2,6 раз.

С целью оптимизации (обоснования) рецептуры ТПКМ авторами обобщены результаты исследований прочностных характеристик ТПКМ. Результаты представлены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что наилучшие механические (прочностные) свойства имеет

ТПКМ с гравием, крупность которого не превышает 0,5 мм. Так по сравнению с ТПКМ, с гравием крупностью:

- 0,5-1,0 мм превышает на 32% при соотношении компонентов 1:1 и 8% при 1:4;
- 1-3 мм превышает на 61% при соотношении компонентов 1:1 и 56% при 1:4;
- 3-5 мм превышает на 64% при соотношении компонентов 1:1 и 77% при 1:4.

Таблица 1 – Сравнение прочностных характеристик ТПКМ

Рецептура	, МПа	$\Delta\sigma_{сж}$, МПа	$\pm\Delta\sigma_{сж}$, %
Тампонажный камень на цементной основе с гравием, соотношение 1:1, в возрасте 10 сут.	10	1	0
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:1; d <0,5 мм	52,60	5,26	+426,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:2; d <0,5 мм	44,10	4,41	+341,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:3; d <0,5 мм	33,00	3,30	+230,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:4; d <0,5 мм	20,60	2,06	+106,00
ПЭТ + Гравий : Соотношение 1:1; d=0,5...1,0 мм	36,00	3,60	+260,00
ПЭТ + Гравий : Соотношение 1:2; d=0,5...1,0 мм	25,80	2,58	+158,00
ПЭТ + Гравий : Соотношение 1:3; d=0,5...1,0 мм	25,10	2,51	+151,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:4; d=0,5...1,0 мм	18,90	1,89	+89,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:1; d=1,0...3,0 мм	20,70	2,07	+107,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:2; d=1,0...3,0 мм	24,00	2,40	+140,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:3; d=1,0...3,0 мм	17,70	1,77	+77,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:4; d=1,0...3,0 мм	9,20	0,92	-8,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:1; d=3,0...5,0 мм	18,90	1,89	+89,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:2; d=3,0...5,0 мм	15,30	1,53	+53,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:3; d=3,0...5,0 мм	9,40	0,94	-6,00
ПЭТ + Гравий: Соотношение 1:4; d=3,0...5,0 мм	4,70	0,47	-53,00
ПЭТ + Минвата: Соотношение 10:0,5	19,70	1,97	+197,00
ПЭТ + Минвата: Соотношение 10:1	11,60	1,16	+16,00
ПЭТ + Минвата: Соотношение 10:2	12,10	1,21	+21,00
ПЭТ+Минвата+Гравий: Соотношение 10:0,5:1; d <0,5 мм	14,80	1,48	+48,00
ПЭТ+Минвата+Гравий: Соотношение 10:0,5:5; d <0,5 мм	18,00	1,80	+80,00
ПЭТ+Минвата+Гравий: Соотношение 10:0,5:10; d <0,5 мм	34,90	3,49	+249,00
ПЭТ+Минвата+Гравий: Соотношение 10:0,5:20; d <0,5 мм	17,90	1,79	+79,00
ПЭТ+Минвата+Гравий: Соотношение 10:1:1; d <0,5 мм	19,20	1,92	+92,00
ПЭТ+Минвата+Гравий: Соотношение 10:1:5; d <0,5 мм	16,40	1,64	+64,00
ПЭТ+Минвата+Гравий: Соотношение 10:1:10; d <0,5 мм	20,20	2,02	+102,00
ПЭТ+Минвата+Гравий: Соотношение 10:1:20; d <0,5 мм	20,30	2,03	+103,00

Выводы. На основании проведенных исследований механических свойств экспериментально показана возможность применения в скважинных условиях тампонажного термопластичного композиционного материала на основе полиэтилентерефталата. Обоснован состав тампонажного термопластичного композиционного материала на основе полиэтилентерефталата. К применению в скважинных условиях рекомендуется ТПКМ на основе полиэтилентерефталата с введением в его состав гранулировано наполнителя с крупность менее 0,5 мм.

Список литературы

1. Фокин В. В. Совершенствование методов борьбы с поглощениями в интрузиях долеритов глубоких разведочных скважин Сибирской платформы: дис. ... канд. техн. наук : 25.00.15 / Фокин Виктор Вениаминович. – М., 2009. – 164 с.
2. Белкин О.К. Изоляция зон поглощения / О.К. Белкин, В.А. Евсский // Разведка и охрана недр. – 1982. – Вып. 2. – С. 33-36.

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

4. Мартыненко И.И. Исследования, разработка и внедрение технологии ликвидации геологических осложнений тампонирующими смесями на битумной основе: автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.15.14 "Технология и техника геологоразведочных работ" / И. И. Мартыненко. – Днепр, 1990. – 16 с.

5. 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. – Днепр, 2000. – 18 с.

6. 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.

7. Kuzin J. (2017) Isolation technology for swallowing zones by thermoplastic materials on the basis of polyethyleneterephthalate / J. Kuzin, M. Isakova, D. Sudakova, O. Mostinets. // Scientific bulletin of National Mining University, no. 1. pp. 34-39.

8. Sudakov A.K. (2016) Concept of numerical experiment of isolation of absorptive horizons by thermoplastic materials /A.K. Sudakov, O.Ye. Khomenko, M. L. Isakova and other // Scientific Bulletin of NMU", №5(155). pp. 12-16.

9. Судаков А. К. Теоретические основы технологии изоляции поглощающих горизонтов термопластичными материалами / А. К. Судаков, А. Ю. Дреус, О. Е. Хоменко и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сборник научных трудов.- Вып. 20. – Киев: ИСМ им. Бакуля НАН Украины 2017. С. 52-58.

10. Судаков А. К. Криогенная технология изоляции поглощающих горизонтов / А.К. Судаков, Ю.Л. Кузин, Д.А. Судакова // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна. – 2016. – Вип. 1(24). – С. 3-6

11. Sudakov A.K. (2017) Analitic study of heat transfer in absorbing horizon of boreholes in the formation of protection cryogenic plugging material /A.K. Sudakov, A.Yu. Dreus, O.Ye. Khomenko and other // "Scientific Bulletin of NMU". №3(159). pp. 32-46.

12. Судаков А. К. Аналитическое исследование инновационной криогенной технологии ликвидации поглощения в буровой скважине / А. К. Судаков, А. Ю. Дреус, О. Е. Хоменко и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сборник научных трудов.- Вып. 20. – Киев: ИСМ им. Бакуля НАН Украины 2017. С. 44-51

References

1. Fokin V. V. (2009), "Improvement of methods for controlling absorption in the intrusions of dolerites of deep exploratory wells of the Siberian platform", ["Sovershenstvovanie metodov borbyi s pogloscheniyami v intruziyah doleritov glubokih razvedochnykh skvazhin Sibirskoy platformy"], dis. ... kand. tehn. nauk : 25.00.15, pp. 164 (in Russian).

2. Belkin O.K. (1982), "Isolation of absorption zones", ["Izolyatsiya zon pogloscheniya"], O.K. Belkin, V.A. Evetskiy, Razvedka i ohrana neдр, No. 2, pp. 33-36 (in Russian).

3. Brazhenenko A.M. (2007), "Tamponage of rocks when drilling geological exploration wells with low-melting materials", ["Tamponazh gornyykh porod pri burenii geologorazvedochnykh skvazhin legkoplavkimi materialami"], A.M. Brazhenenko, S.V. Goshovskiy, A.A. Kozhevnikov i dr., K.: UkrGGRI, pp. 130 (in Russian).

4. Martynenko I.I. (1990), "Research, development and introduction of technology for liquidation of geological complications by tamponizing mixtures on bitumen base", ["Issledovaniya, razrabotka i vnedrenie tehnologii likvidatsii geologicheskikh oslozhneniy tamponiruyuschimi smesiyami na bitumnoy osnove"], avtoref. dis. na soisk. nauch. step. kand. tehn. nauk: spets.

05.15.14 "Tehnologiya i tehnika geologorazvedochnykh rabot", pp. 16 (in Russian).

5. Sudakov A.K. (2000), "Technology of isolation of absorption zones of boreholes with application of thermoplastic materials", ["Tehnologiya izolyatsii zon pogloscheniya burovyykh skvazhin s primeneniem termoplastichnykh materialov"], avtoref. dis. na soisk. nauch. step. kand. tehn. nauk: spets. 05.15.10 "Burenie skvazhin", pp. 18 (in Russian).

6. Taninskiy P.Yu. (2000), "Selection of low-melting bonding materials for environmentally friendly non-tie fastening of wells", ["Vyibor legkoplavkikh svyazuyuschikh materialov dlya ekologicheskii chistogo bestrubnogo krepleniya skvazhin"], avtoref. dis. na soisk. nauch. step. kand. tehn. nauk: spets 05.15.14 "Tehnologiya i tehnika geologorazvedochnykh rabot", pp. 20 (in Russian).

7. Kuzin J. (2017), "Isolation technology for swallowing zones by thermoplastic materials on the basis of polyethyleneterephthalate", J. Kuzin, M. Isakova, D. Sudakova, O. Mostinets, Scientific bulletin of National Mining University, No. 1. pp. 34-39 (in English).

8. Sudakov A.K. (2016), "Concept of numerical experiment of isolation of absorptive horizons by thermoplastic materials", A.K. Sudakov, O.Ye. Khomenko, M. L. Isakova and other, Scientific Bulletin of NMU, No. 5(155), pp. 12-16 (in English).

9. Sudakov A.K. (2017), "Theoretical basis of technology of insulation of absorbing horizons with thermoplastic materials", ["Teoreticheskie osnovy tehnologii izolyatsii pogloschayuschiy gorizontov termoplastichnyimi materialami"], A.K. Sudakov, A.Yu. Dreus, O.E. Homenko i d.r., Porodorazrushayuschiy i metalloobrabatyvayuschiy instrument – tehnika i tehnologiya ego izgotovleniya i primeneniya: Sbornik nauchnykh trudov, No. 20, pp. 52-58 (in Russian).

10. Sudakov A.K. (2016), "Cryogenic technology of insulation of absorbing horizons", ["Kriogennaya tehnologiya izolyatsii pogloschayuschiy gorizontov"], A.K. Sudakov, Yu.L. Kuzin, D.A. Sudaкова, Naukovі pratsі DonNTU, Seriya «Gіrничo-geologіchna», No. 1(24), pp. 3-6 (in Russian).

11. Sudakov A.K. (2017), "Analitic study of heat transfer in absorbing horizon of boreholes in the formation of protection cryogenic plugging material", A.K. Sudakov, A.Yu. Dreus, O.Ye. Khomenko and other, "Scientific Bulletin of NMU", No. 3(159), pp. 32-46 (in English).

12. Sudakov A.K. (2017), "Analytical study of innovative cryogenic technology for absorption elimination in a borehole", ["Analiticheskoe issledovanie innovatsionnoy kriogennoy tehnologii likvidatsii pogloscheniya v burovoy skvazhine"], A.K. Sudakov, A.Yu. Dreus, O.E. Homenko i d.r., Porodorazrushayuschiy i metalloobrabatyvayuschiy instrument – tehnika i tehnologiya ego izgotovleniya i primeneniya: Sbornik nauchnykh trudov, No. 20, pp. 44-51 (in Russian).

Надійшла до редакції 01.11.2017

Рецензент д-р. техн. наук, проф. В.О. Агафонов

Судакова Д.А. – аспирант, Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет” (пр. Дмитрия Яворницкого, 19, Днепр, 49005, Украина).

E-mail: sudakovy@ukr.net

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТАМПОНАЖНОГО ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ

Анотація. Наведено результати дослідження механічних властивостей тампонажного термопластичного композиційного матеріалу на основі поліетилентерефталату. Визначено механічні властивості поліетилентерефталату і поліетилентерефталату з добавками наповнювачів, полівінілхлориду та поліетилену. Дана оцінка впливу добавок на властивості тампонажного термопластичного композиційного матеріалу на основі поліетилентерефталату. Обґрунтована оптимальна рецептура тампонажного термопластичного композиційного матеріалу.

Ключові слова: поглинання промивної рідини, тампонаж, термопластичний матеріал, поліетилентерефталат.

Судакова Д.А. – аспірант, Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет” (пр. Дмитра Яворницького, 19, Дніпро, 49005, Україна).

E-mail: sudakovy@ukr.net

MECHANICAL PROPERTIES OF TAMPONATIC THERMOPLASTIC MATERIAL THAT IS BASED ON POLYETHYLENE TEREPHTHALATE

Abstract. The results of investigation of mechanical properties of a plugging thermoplastic composite material that is based on polyethylene terephthalate are presented. The mechanical properties of polyethylene terephthalate, and polyethylene terephthalate with additives of fillers, polyvinylchloride and polyethylene are determined. The effect of additives on the properties of a plugging thermoplastic composite material based on polyethylene terephthalate is evaluated. The optimal formulation of a plugging thermoplastic composite is substantiated.

Keywords: absorption of washing liquid, plugging, thermoplastic material, polyethylene terephthalate.

Sudakova D. – State Higher Educational Institution “National Mining University”(pr. Dmytra Yavornytskoho, 19, Dnipro, 49005, Ukraine).

E-mail: sudakovy@ukr.net