

УДК 556.3

Фомин А. И., доктор технических наук, профессор кафедры аэрометрии, охраны труда и природы

Кузбасский государственный технический университет

Грунской Т. В., заведующий кафедрой ХХТЭиТБ

Ухтинский государственный технический университет

Fomin A. I., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Aerometry, Occupational Safety, and Environmental Protection

Kuzbass State Technical University

Grunskoy T. V., Head of the Department of Chemical Engineering and Safety

Ukhta State Technical University

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ ТЕРМОШАХТНОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ

WATERPROOFING OF MINE WORKINGS IN THERMAL MINE OIL PRODUCTION CONDITIONS

В результате разработки Яргского нефтетитанового месторождения термошахтным способом одним из осложняющих факторов является регулярный водопритоки в горные выработки. В результате этого, из-за роста влажности рудничного воздуха, наряду с ухудшением условий труда подземных рабочих, происходит и интенсивное разрушение крепления горных выработок, образование вывалов, глухих завалов и, в конечном итоге, к нарушению системы общешахтной вентиляции, являющейся основной в функционировании жизнеобеспечения шахты.

Водопритоки при строительстве и эксплуатации горных выработок в условиях темношахтной добычи нефти несут в себе следующие риски:

- затопление горных выработок;
- остановка эксплуатации блоков;
- предписания со стороны надзорных органов.

Динамика водопритоков в горные выработки нефтешахт представлена рисунке 1.



Рисунок 1 – Динамика водопритоков в полевые штрееки нефтешахт

В процессе вовлечения запасов Яргское нефтетитановое месторождение в прогресс с 2018 года зафиксирован значительный рост водопритоков в буровые галереи и действующие горные выработки.

Основные влияющие факторы на водопритоки:

- геологические (наличие естественной трещеноватости пласта);
- технические (наличие неконтролируемых горных выработок, ликвидированных подземных скважин, отсутствие эффективных технологий изоляции);
- технологические (увеличение площади охвата разработкой; агрессивные темпы закачки теплоносителя; проведение ревизии ВПУ700).

В этой связи необходимо проведения работ по подбору составов на локализацию водопритоков, которые будут разделены на несколько этапов: подбор и анализ перечня составов; лабораторные испытания; разработка технологии локализации; инженерное сопровождение.

По результату литературного обзора, можно сделать выводы, что изоляционные составы применяются в основном для:

1. Предварительной гидроизоляции при проходке и строительстве;
2. Упрочнения нарушенных или неустойчивых пород;
3. Для гидроизоляции подземных вод в существующих объектах.

Для ограничения водопритока в зонах с низкой температурой предложены гелеобразующие наноструктурированные композиции, способные работать в интервале температур от +10 до +200 °C, в условиях заданной влажности. Использованы подходы при разработке гелеобразующих наноструктурированных композиций с одним и двумя гелеобразующими компонентами – полимерным и неорганическим.

В качестве полимерного гелеобразующего компонента использовали водорасторимые полимеры – простой эфир целлюлозы – метилцеллюлозу и поливиниловый спирт, в качестве неорганического гелеобразующего компонента – соли алюминия: алюминий хлористый 6-водный $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, полиоксихлориды алюминия АКВА АУРАТ 30, Бриллиант-50.

Для ликвидации паропроявлений и ограничения водопритока в широкой области температур – от низких (10–40 °C) до высоких (70–200 °C) разработаны гелеобразующие составы с двумя гелеобразующими компонентами – полимерным и неорганическим, и реагентами, регулирующими время гелеобразования и реологические характеристики геля, в частности, композиции на основе МЦ и солей алюминия, ПВС и солей алюминия, образующие непосредственно в пласте наноструктурированные системы типа «гель в геле» с улучшенными прочностными и реологическими характеристиками.

В работе исследовался тампонирующий эффект от гелеобразующей композиции на основе ПВС, результатами этого эксперимента (смесь на основе МЦ) показана возможность ограничения водопритока в прямом направлении и снижение скорости фильтрации в обратном направлении.

Для данного эксперимента была приготовлена модель горного массива из дезинтегрированного нефтенасыщенного песчаника с газовой проницаемостью 3,782 мкм².

В таблице 1 представлены результаты исследования тампонирующего эффекта химической смеси на модели горного массива нефтешахт.

Таблица 1 – Результаты исследования тампонирующего эффекта химической композиции на модели горного массива нефтешахт (проницаемость 2,837 мкм²)

Композиция 1: 1.5% МЦ, 4,5% Бр-50, 5%, ПЭР, 3% уротропин

| Модель | Закачка композиции1, V _{пор} | ΔP ¹ _{прямо} , атм/м | ΔP ¹ _{обратно} , атм/м | ΔP ¹ _{прямо} , атм/м |
|--------|---------------------------------------|--|--|--|
| 1 | При 150 °C | | | |
| | 0,20 | > 303 | 19 | > 276 |

Через модель горного массива в прямом направлении при 150 °C фильтровали воду Ярегского месторождения до стабилизации перепада давления. Установившийся

при этом градиент давления составил 1 атм/м. Результаты исследований представлены на рисунке 2.

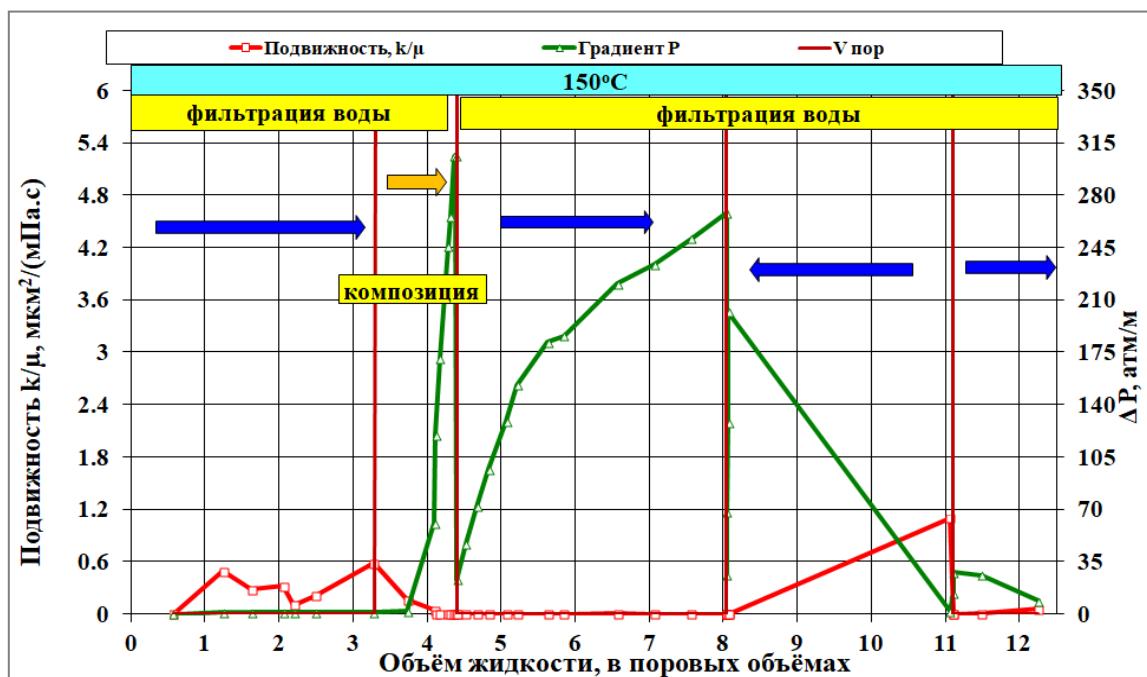


Рисунок 2 – Фильтрационные характеристики модели пласта Ярегского месторождения (нефтенасыщенный песчаник) при 150 °C. Газовая проницаемость – 3,782 мкм²

В прямом направлении закачали оторочку тампонирующей композиции в объеме, равном 0,48 объема пор модели, выдержали 27 часов и возобновили фильтрацию в прямом направлении. Несмотря на закачанный объем смеси, не произошло полной блокировки фильтрации воды при постепенном увеличении градиента давления (скорость нагнетания воды и скорость фильтрации не совпадали) до 268 атм/м. Изменение направления фильтрации на обратное привело к полному ограничению воды (пара) до градиента давления 202 атм/м, после этого началась фильтрация воды. Возобновление прямого направления фильтрации воды через модель привело к ограничению водопритока лишь до градиента давления 28 атм/м с последующим прорывом.

В этом эксперименте четко показано различие тампонирующего эффекта композиций на основе МЦ от композиций на основе ПВС: практически полный прорыв гелевого экрана при использовании композиций на основе МС, тогда как для композиций с ПВС наблюдалось лишь частичное его разрушение. Тем не менее, смесь на основе МЦ проявляет высокий эффект в тампонировании прорывов воды.

Основные преимущества состава являются:

- жесткость и эластичность – материал имеет отличные характеристики на растяжение, гарантирующие целостность покрытия даже при деформации пород;
- простота при смешивании – к одной части порошкового компонента просто необходимо добавить воды и использовать стандартное оборудование для сухого набрызга;
- быстрое затвердевание – загустевает в течение нескольких секунд, после нескольких минут происходит отверждение до исчезновения отлипа;
- отличная адгезия – специальная рецептура позволяет превосходно прилипать к породе, бетону и стали, гарантируя длительное покрытие;

– негорючий, не требует специальных условий хранения или вентиляции, простота чистки оборудования, нет токсичных или опасных компонентов, экологически безопасный.

Упрочнение и уплотнение горного массива

Предлагаемые дополнительные мероприятия по нагнетанию активных составов в горный массив вокруг контура горной выработки одновременно является искусственно возведенным барьером для проникновения влаги, нефтяной эмульсии, подаваемого в пласт пара и прочих факторов, вызванных различными нарушениями и оказывающих негативное влияние на прочностные характеристики приконтурных пород.

Заполнение сообщающихся пустот и трещин нефтесодержащего породного массива приведет к созданию вокруг выработки гидроизоляционного слоя, состоящего из породы и нагнетенного раствора в трещины массива. Достигнуть полной изоляции выработок от притоков из вмещающих пластов возможно при нагнетании состава по всему контуру выработки «кровля-бока-почва».

Список литературы

1. Фомин А.И., Грунской Т.В. Исследование составов для изоляции горных выработок нефтешахт от прорывов пара в полевые штреки // Современные проблемы развития Европейского Севера - 2024. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ухта, 2024. С. 92-95.
2. Фомин А.И., Грунской Т.В. Изучение причин формирования нагревающего микроклимата в уклонах блоках Ярегских нефтешахт // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2023. № 3. С. 34-41.
3. Фомин. А. И., Грунской Т. В. Определение критериев эффективности составов смесей для ликвидации прорывов пара в полевые штреки нефтешахт // В сборнике: Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. СИБРЕСУРС 2024. Сборник материалов XX Международной научно-практической конференции. Кемерово, 2025. С. 115.1-115.5.
4. Алтунина, Л. К. Технология "гель в геле". Увеличение нефтеотдачи тяжелых высоковязких нефтей / Л. К. Алтунина, В. А. Кувшинов, И. В. Кувшинов, Л. А. Стасьева, В. В. Козлов, М. В. Чертенков, Л. С. Шкрабюк // Oil&Gas Russia. - 2017. - № 7 (1117). - С. 28-34.

References

1. Fomin A.I., Grunskoy T.V. Study of compositions for insulation of oil mine workings from steam breakthroughs into field drifts // Modern problems of development of the European North - 2024. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference. Ukhta, 2024. Pp. 92-95.
2. Fomin A.I., Grunskoy T.V. Study of the causes of formation of heating microclimate in inclined blocks of Yarega oil mines // Bulletin of the scientific center for safety of works in the coal industry. 2023. No. 3. Pp. 34-41.
3. Fomin. A.I., Grunskoy T.V. Definition of criteria for the effectiveness of mixture compositions for elimination of steam breakthroughs into field drifts of oil mines // In the collection: Natural and intellectual resources of Siberia. SIBRESURS 2024. Proceedings of the XX International Scientific and Practical Conference. Kemerovo, 2025. pp. 115.1-115.5.
4. Altunina, L. K. Gel-in-gel technology. Enhanced oil recovery of heavy, highly viscous oils / L. K. Altunina, V. A. Kuvshinov, I. V. Kuvshinov, L. A. Stasyeva, V. V. Kozlov, M. V. Chertenkov, L. S. Shkrabyuk // Oil&Gas Russia. - 2017. - No. 7 (1117). - P. 28-34.