ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2024;(2):51-62
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.23.05 DOI: 10.25018/0236_1493_2024_2_0_51

РЕМОНТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КОЛОНН ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОБСАДНЫХ ТРУБ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

А.Г. Иванов[1], А.В. Гладышев[1], Ю.А. Арсентьев[2], А.П. Назаров[2], Д.А. Иванов[3]

[1] АО «Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии», Москва, Россия
[2] Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ–РГГУ), Москва, Россия, e-mail: arsentev1956@yandex.ru
[3] Компания «Везерфорд», Москва, Россия

Аннотация: Добыча металлов методом скважинного подземного выщелачивания в России производится в сложных природно-климатических условиях, приравниваемых к условиям Крайнего Севера, где суточные перепады температур достигают 20 °С. Эти обстоятельства увеличивают вероятность возникновения механических повреждений эксплуатационной колонны из полимерных труб, что приводит к нарушению стабильности работы скважины с требуемыми технологическими характеристиками. Основными видами механических повреждений являются следующие: расстройство резьбовых соединений, разрушение отдельных элементов эксплуатационных колонн. Вследствие этих нарушений возникают перетоки рабочих растворов в заколонное пространство для нагнетательных скважин и водопритоки внутрь эксплуатационной колонны заколонной жидкости, что приводит к разубоживанию рабочих растворов в откачных скважинах. В связи с этим разработаны методы восстановления герметичности эксплуатационных колонн из полимерных обсадных труб для нагнетательных и откачных скважин. Дано описание используемых для этой цели герметиков, а также рецептуры их приготовления и порядок применения. Представлены физико-механические характеристики и свойства применяемых материалов для герметизации аварийных участков колонны и технические средства для их доставки в заданный интервал скважины, а по результатам выполненных работ сформулированы выводы об эффективности предлагаемых методов ремонтно-восстановительных работ.

Ключевые слова: ремонт полимерных обсадных колонн, однокомпонентная влагоотверждаемая смола, зола-унос ТЭЦ, криолит, интерпретация результатов работ.

Для цитирования: *Иванов А. Г., Гладышев А. В., Арсентьев Ю. А., Назаров А. П., Иванов Д. А.* Ремонт эксплуатационных колонн из полимерных обсадных труб технологических скважин подземного выщелачивания металлов в условиях многолетнемерзлых горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 2. – С. 51–62. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_2_0_51.

© А.Г. Иванов, А.В. Гладышев, Ю.А. Арсентьев, А.П. Назаров, Д.А. Иванов. 2024.

Repair of polymeric flow casing strings in in-situ leach boreholes in permafrost rock mass

A.G. Ivanov[1], A.V. Gladyshev[1], Yu.A. Arsentiev[2], A.P. Nazarov[2], D.A. Ivanov[3]

[1] JSC «Leading Design and Survey and Research Institute of Industrial Technology», Moscow, Russia
[2] Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (MGRI-RSGPU), Moscow, Russia, e-mail: arsentev1956@yandex.ru
[3] Weatherford Company, Moscow, Russia

Abstract: In-situ leach of metals in Russia is carried out in severe natural and climatic conditions similar to the conditions of the Extreme North, at the possible temperature differences of 20 °C per day. Such circumstances increase the probability of mechanical damages in flow strings made of polymeric materials, which results in instable operation of boreholes with the preset functional specifications. The main mechanical damages are the disruption of threaded couplings and failure of the components of flow strings. As a result, process solutions flow to the hole clearance in injection holes and behind-the-casing fluids flow to the flow string, which deteriorates the process solutions in pumping-out holes. In connection with this, the methods of sealing restoration in polymeric casing strings are developed for the injection and pumping-out holes. The relevant sealers, their formulations and usage procedures are described. The physical and mechanical properties of sealing materials for the unsafe sites of the flow strings and the tools to bring the sealers to a target point in the hole are listed. From the implemented research, it is concluded on the efficiency of the proposed methods of repair-and-renewal operations.

Key words: polymeric casing string repair, single-phase water-hardening resin, fly ash, cryolite, work data interpretation.

For citation: Ivanov A. G., Gladyshev A. V., Arsentiev Yu. A., Nazarov A. P., Ivanov D. A. Repair of polymeric flow casing strings in in-situ leach boreholes in permafrost rock mass. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2024;(2):51-62. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_2_0_51.

Введение

Вопросы важности способа добычи урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) и обеспечения качества сооружения и эксплуатации скважин для наибольшей эффективности добычи рассмотрены в ряде отечественных и зарубежных источников [1—5 и др.]. Поддержание технологических скважин СПВ в исправном состоянии в течение времени отработки эксплуатационных единиц (ячеек, блоков, залежей, полигонов) — важнейшая задача добывающих предприятий. Ее решением на предприятиях занимаются службы по проведению ремонтно-восстановительных работ (РВР). Целью их деятельности является обеспечение условий эффективной добычи металлов с оптимальной производительностью путем профилактики состояния эксплуатационной колонны, состоящей из полимерных обсадных труб. Наиболее проблемными в этом отношении являются колонны обсадных труб, изготовленных из полиэтилена низкого давления (ПНД), особенности применения которых изложены в работах. Причины выхода из строя полимерных эксплуатационных колонн отражены в классификациях действующих на них видов нагрузок при сооружении и эксплуатации скважин, а также видов нарушений герметичности колонн, приведенных в работах [6—

9]. Причины нарушения герметичности эксплуатационных колонн различны. Основными из них можно считать сезонно-климатические условия сооружения и эксплуатации скважин; просчеты в выборе их конструкции, методов освоения, эксплуатации и ремонта, а также применяемых для выполнения различных операций технических средств. При этом вероятность аварийности возрастает при отработке месторождений скважинами, сооруженными в многолетнемерзлых горных породах (ММГП), которые затрудняют выполнение высокоэффективной гидроизоляции заколонного пространства с помощью экономически выгодных методов и доступных материалов для герметизации.

Методы контроля целостности эксплуатационных колонн

Дефекты эксплуатационных колонн, имеющие место на описываемых типах месторождений, как правило, приурочены к резьбовым соединениям обсадных труб и локализованы в интервалах ММГП. По глубине возникновения нарушений выделяется интервал глубин 30—135 м, где отсутствует гидроизоляция заколонного пространства. Разгерметизация колонн на сооруженных и находящихся в эксплуатации скважинах фиксируется следующими основными методами геофизических исследований (ГИС):

- метод токового каротажа (ТК), определяющего утечки тока между внутри- и заколонным пространством;
- метод расходометрии (РМ), определяющий величину перетоков пластовых жидкостей через нарушение герметичности колонны;
- метод видеокаротажа (ВК), позволяющий визуально оценить вид нарушения колонны и выбрать правильную технологию выполнения ремонтно-восстановительных работ (РВР).

Первые работы по восстановлению герметичности эксплуатационных колонн из труб ПНД были выполнены в 1990—1991 гг. на уранодобывающих предприятиях Южного Казахстана. В качестве ремонтной смеси использовалась битумно-масляная смесь (БМС), нагреваемая в специальной емкости до температуры не менее 60 °С и нагнетаемая в интервал разгерметизации по бурильным трубам. Трубы спускались до заданной глубины, причем интервал разгерметизации перекрывался верхним и нижним пакерами, между которыми была расположена заглушенная снизу и перфорированная по высоте между пакерами бурильная труба. Эта технология была оправдана в связи с высокой — до +30 °С и более — температурой вмещающих пород в интервале нарушения герметичности колонн.

Однако указанная технология оказалась неприемлемой для скважин, сооруженных в условиях ММГП. Выходом из создавшейся ситуации стала разработанная и реализованная с участием авторов статьи многоэтапная технология выполнения РВР по восстановлению герметичности полимерных обсадных колонн скважин СПВ, сущность которой заключается в следующем. Перед проведением ремонта в эксплуатационной колонне выполняются вышеперечисленные виды ГИС и уточняются параметры конструкции скважины: глубина и вид нарушения герметичности колонн; величина перетока рабочих растворов через нарушение; уровень рабочего раствора в колонне; верхняя граница материала гидроизоляции (цементного камня) в заколонном пространстве. При наличии герметизирующей пробки на устье между кондуктором и трубами эксплуатационной колонны (цементный камень, вязкоупругий материал и пр.) она удаляется (разрушается перфоратором или разбуривается с использованием бурового станка).

Результаты выполненных работ

Поскольку технология ремонта является многоэтапной, то работы могут быть прекращены по достижении положительного результата после выполнения очередного этапа. На первом этапе для эксплуатационной колонны, состоящей из обсадных труб типа ПНД, выполняется их довинчивание с использованием самоходной буровой установки типа УРБ-2Д3. При этом результативность данной процедуры для труб ПНД достигает 50%. А для труб, изготовленных из непластифицированного поливинилхлорида (НПВХ), данная процедедура просто неприемлема из-за того, что резьбовые соединения свинчиваются после нанесения на них клея, что исключает наличие негерметичных стыков.

После выполнения первого этапа в колонне выполняются контрольные виды ГИС, перечисленные выше. При отсутствии утечки рабочих растворов, фиксируемых методом расходометрии, скважина запускается в работу.

В случае отрицательного результата переходят ко второму этапу работы с использованием технологии формирования вязкоупругих пробок в заколонном пространстве. Второй этап может быть реализован при наличии свободного допуска технологического бурового инструмента в зону ниже места нарушения не менее чем 5 м. Технологический снаряд в этом случае состоит из колонны бурильных труб диаметром от 43 до 63,5 мм с размещенным в нижней части контейнером из обсадных (колонковых) труб диаметром от 57 до 73 мм, в котором размещается однокомпонентная влагоотверждаемая полиуретановая смола типа «Аквидур ЭСП», обладающая следующими свойствами. Однокомпонентная полиуретановая гидроактивная смола на основе изоцианатосодержащих предполимеров с низкой вязкостью при взаимодействии с водой увеличивается в объеме с образованием однородного материала (полиуретанмочевина) с высокой эластичностью и закрытой поровой структурой.

В зависимости от количества воды, присутствующей в системе, может образовываться как в виде студня, так и в виде пенопласта. После сушки остается каучукоподобный материал, набухающий в воде, но не способный вернуться в исходное состояние при погружении в воду. Степень набухания полимера в момент отверждения достигает 100%. После сушки равновесие водопоглощения составляет от 100 до 600%. При взаимодействии материала с водной суспензией образуется наполненный гель, при взаимодействии с песком — искусственный камень. Материал образует долговечное эластичное герметичное соединение с закрытой поровой структурой. Он не изменяет своих свойств под влиянием числа циклов замерзания и оттаивания и остается безусадочным во влажном состоянии. Однокомпонентный состав материала не требует специального дорогостоящего нагнетательного оборудования для его приготовления. Материал обладает высокой степенью проникновения даже в микротрещины за счет высокой вязкости, высокой гидрофильности (до начала реакции) и возрастания внутреннего давления предполимера при расширении в ограниченном пространстве, высокой адгезией к поверхности: вся вода, присутствующая в системе, при отверждении связывается и физически, и химически даже при ее огромном (двадцатикратном) избытке.

Большая прочность отвержденного материала растет с увеличением содержания полимера в связанной системе. Перед применением материал выдерживают при температуре не ниже 15 °С в течение 15 ч, при выполнении работ в холодное время материал рекомендуется нагреть до 5÷–80 °С.

Технические характеристики смолы «Аквидур ЭСП»
Technical characteristics of the resin «Aquidur ESP»

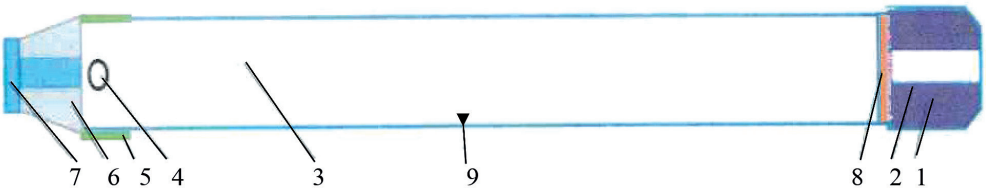
Внешний вид	**Однородная непрозрачная жидкость без механических примесей**
Вязкость динамическая при температуре 250 С°, МПа*с, не более	650
Массовая доля свободных NCO-групп, %	1052
Испытания по технологической пробе: – время старта, с – время подъема, с – коэффициент расширения	 30 ÷ 50 80 ÷ 120 не менее 6 раз, до 12 раз в свободном пространстве
Кажущаяся плотность в пересчете на сухой продукт, кг·м^3	70 ÷ 140

«Аквидур ЭСП» — невзрывоопасный и трудновоспламеняемый материал, который относится к первому классу опасности. При выполнении работ необходимо использовать перчатки, защитные очки, спецодежду. Гарантированный срок хранения — 6 месяцев. Технические характеристики смолы приведены в таблице.

Для доставки смолы в зону ремонта применяется контейнер, конструкция которого приведена на рис. 1.

Контейнер состоит из корпуса *9*, переходника *1* для соединения с колонной бурильных труб, имеющего канал подачи жидкости для активации смолы *2*, нижней заглушки *6* с болтом *7* для заливки смолы и ее удержания при спуске контейнера в скважину, поршня для выдавливания смолы *8*, отверстий для подачи смолы к месту ее выдавливания *4*, перекрытых разрушаемым при создании избыточного давления в контейнере давления кольцом *5*. Заливка смолы *3* в контейнер производится при отвинченном из нижней заглушки болте *7* и перекрытых разрушаемым кольцом *5* отверстиях. При этом поршень *8* находится под переходником *2*. Перед заливкой в контейнер смолы его внутренняя поверхность насухо вытирается и смазывается маслом любого типа для исключения контакта смолы с остатками влаги на стенках контейнера.

После спуска контейнера в заданный интервал на 2÷3 м ниже места нарушения герметичности эксплуатационной колонны в бурильные трубы заливается расчетное количество технической воды, соответствующее количеству смолы в контейнере, а затем компрессором создается избыточное давление в бурильных трубах путем подачи сжатого воздуха. При создании избыточного дав-



1 – переходник, 2 – канал подачи жидкости, 3 – смола, 4 – отверстия для подачи смолы, 5 – разрушаемое кольцо, 6 – нижняя заглушка, 7 – болт, 8 – поршень, 9 – корпус контейнера

Рис. 1. Контейнер для доставки герметика в зону ремонта
Fig. 1. Containerforthedeliveryofsealanttotherepairarea

ления происходит сначала выдавливание смолы на стенки скважины и участок обсадных труб с последующим их орошением водой. Операция выполняется несколько раз до достижения положительного результата, зафиксированного методами ГИС.

Вместо воды в качестве активатора вспенивания может использоваться смесь золы-уноса с электрофильтров ТЭЦ, работающих на каменном угле, с водой, которая подается на поверхность смолы в скважине. Смесь золы-уноса и воды в массовом соотношении составляет от 1:1 до 1,6:1. Смесь золы-уноса с водой в конечном продукте составляет 86÷94% по массе, гидроактивной полиуретановой смолы — 6÷12% [10]. Лабораторными исследованиями были опробованы различные наполнители: глина, песок различных фракций, цемент, зола-унос. По итогам были получены следующие результаты:

- глина — сильно загущает композицию и делает ее нетекучей;
- песок — все фракции быстро осаждаются и концентрируются в нижней части композита, не позволяя сформировать однородную структуру;
- цемент — моментально вступает в реакцию с полимером, что не позволяет производить заливку композита;
- зола-унос — при смешивании золы с водой до получения однородной смеси с последующим добавлением в нее смолы получается однородная высокотекучая композиция. После прохождения реакции полимеризации формируется безусадочный материал со следующими физико-механическими свойствами: плотность — 0,9÷0,95 гр/м^3, растяжение — не менее 120%, механическая прочность — 0,3÷0,5 МПа, твердость по прибору ШОРА 20÷25 в водонасыщенном состоянии и 65÷70 в воздушно-сухом состоянии. После окончания реакции происходит стабильное увеличение объема в 1,6÷1,7 раза, а по «Аквидуру ЭСП» — в 25 раз, композит становится эластичным, плотным, практически не усаживается. Испытания на химическую стойкость к воздействию концентрированной серной кислоты показали, что полученный материал не вступает с ней в реакцию и сохраняет свои физико-механические свойства. Глубина проникновения кислоты в поровое пространство образца материала не превысила за время проведения испытаний 1,5 мм без разрушения образца в зоне проникновения. Отсутствие расслоения золы-уноса и воды при их смешивании объясняется тем, что их плотности практически одинаковы.

Эта технология может быть использована для устройства пробок в заколонном пространстве с последующей подачей поверх них других видов материалов, в т.ч. и изоляционных. Подача такого материала внутрь обсадных труб скважин, перебуренных из-за возникших утечек, для изоляции их от зоны фильтра также возможна при соблюдении определенных требований к установке герметичной пробки на устье подачей через пробку сжатого воздуха под давлением, обеспечивающим снижение уровня жидкости в колонне ниже глубины перетока рабочих растворов в заколонное пространство с последующей подачей поверх уровня жидкости водозольного раствора и смолы по приведенной выше методике. Достоинством приведенного материала является высокая скорость его полимеризации, вследствие чего при ремонте он не успевает проникнуть внутрь ремонтируемой колонны.

В случае невозможности выполнения работ по указанной методике, когда контейнер невозможно спустить ниже глубины нарушения герметичности колонны, выполняются работы по методу, предусматривающему применение крио-

геля на основе поливинилового спирта (ПВС). Свое применение криогели находят в различных областях промышленности: для проведения тампонажных работ в зоне многолетнемерзлых пород [11], для сооружения дорог различного назначения, для улучшения теплового режима водоотводящих сооружений [12], в технологиях добычи и транспорта нефти [13] и в других отраслях промышленности. Порядок их получения и приготовления приведен в различной научно-технической литературе [14—18]. Особенностью криогеля является высокая упругость после окончания полимеризации в условиях низких температур многолетнемерзлых пород. При этом материал обладает высокой адгезией к твердой минеральной поверхности и увеличивает свою прочность при многократном повторении циклов замораживания и оттаивания.

По этому методу работы выполняются в следующей последовательности.

С поверхности в режиме свободного налива заливается отверждаемая до резиноподобного состояния жидкость на основе ПВС. Водный раствор ПВС готовится в течение не менее 1 ч в воде, нагретой до температуры не менее 90 °С, при постоянном перемешивании миксером. Соотношение компонентов определяется опытным путем. Базовый состав — 100 кг ПВС на 1 м^3 воды.

В конце приготовления в полученный раствор добавляется сухая борная кислота, исходя из соотношения

ПВС : борная кислота = 9 : 1.

Полученный материал — криолит — в режиме свободного налива поступает с устья скважины. Срок полимеризации такого криолита при температуре около 0 °С составляет до 24 ч.

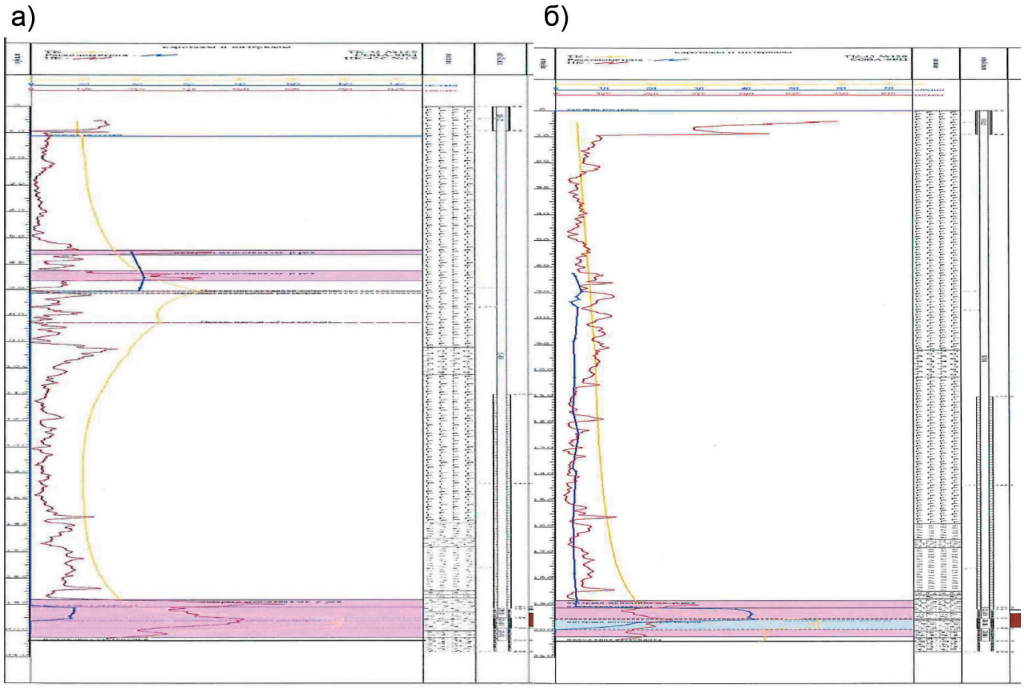


Рис. 2. Результаты расходометрии до выполнения ремонта колонны (а) и после ремонта (б) по скважине 1
Fig. 2. The results of flowmetry before the repairs of the column (a) and after the repair (b) according to well 1

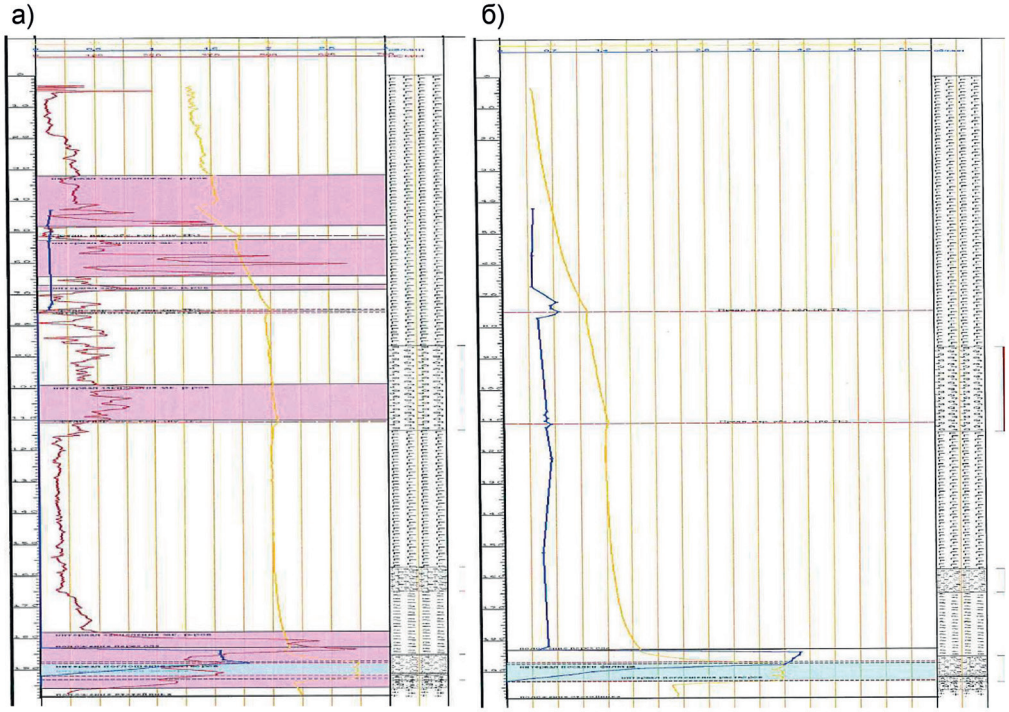


Рис. 3. Результаты расходометрии до выполнения ремонта колонны (а) и после ремонта (б) по скважине 2
Fig. 3. The results of flowmetry before the repairs of the column (a) and after the repair (b) according to well 2

Физико-механические свойства раствора следующие:

- вязкость при температуре +50 °С — не более 25 с по стандартному полевому вискозиметру СПВ-5;
- растекаемость по конусу АзНИИ не менее 21 см;
- продолжительность формирования вязкоупругой структуры материала при температуре 0 °С не менее 60 мин;
- плотность материала не менее 0,85 г/см^3.

Материал непроницаемый и стойкий к воздействию агрессивных сред в диапазоне pH = 3÷14.

Объем подаваемой в скважину смеси определяется по данным кавернометрии, выполняемой при сооружении скважины. Приготовление криолита может производиться порциями на специально выделенной площадке возле скважины или на отдельной площадке с дальнейшей доставкой его к месту выполнения работ.

Продолжительность хранения смеси (без борной кислоты) при положительной температуре — до 2 недель.

Образцы расходограмм приведены на рис. 2 и 3.

На рис. 2, *а* и 3, *б* показаны синим цветом результаты расходометрии, желтым цветом — результаты токового каротажа до ремонта скважин, на рис. 2, *б* и 3, *б* — результаты по тем же скважинам после проведения соответствующих видов каротажа после ремонта колонн. По выполненной интерпретации, утечки по данным ГИС, зафиксированные на рис. 2, *а* на глубине 71 м, ликвидированы полностью (см. рис. 2, *б*); на рис. 3, *а* утечка зафиксирована в интервале 75÷76 м (величина утечки —

100%), из рис. 3, *б* видно, что утечка устранена полностью.

Основное преимущество приводимой методики заключается в том, что при ее применении возможна неоднократная заливка криолита в заколонное пространство до достижения положительного результата. Основной недостаток — большая продолжительность формирования резиноподобной структуры. При этом часть криолита может проникнуть внутрь эксплуатационной колоны, что потребует дополнительных работ по его удалению из колонны. Одним из технологических приемов предотвращения попадания криолита внутрь колонны является создание внутри нее избыточного внутриколонного давления с использованием герметизирующей пробки на устье.

Агентом для создания избыточного давления может служить как жидкость (вода), так и газ (сжатый воздух). Избыточное давление желательно поддерживать в течение всего времени полимеризации криолита в заколонном пространстве.

Несмотря на то, что каждый из приведенных методов устранения зон разгерметизации колонн не имеет 100%-ного положительного эффекта, в совокупности они позволяют решить поставленную задачу (за исключением случаев, связанных с разрывом колонн). Затраты на проведение ремонта колонн при этом на порядок ниже затрат на сооружение новых скважин.

Заключение

Результаты выполненных работ позволяют сделать следующие выводы:

1. Разработаны рецептуры материалов для ликвидации нарушения герметичности эксплуатационных колонн из полимерных материалов при СПВ металлов.

2. В результате проведенных работ апробирован технологический инструмент, применяемый для устранения зон разгерметизации эксплуатационной колонны.

3. Разработаны методики проведения ремонтных работ по восстановлению герметизации эксплуатационной колонны и выполнены работы по их реализации на 24 скважинах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Добыча* урана методом подземного выщелачивания в криолитозоне: Монография / Под ред. И.Н. Солодова. — М.: ZetaPrint, 2022. — 183 с.

2. *Yipeng Zhou, Guangrong Li, Lingling Xu, Jinhui Liu, Zhanxue Sun, Weijun Shi* Uranium recovery from sandstone-type uranium deposit by acid in-situ leachingan example from the Kujieertai // Hydrometallurgy. 2020, vol. 191, pp. 17 — 25.

3. *Геотехнология* урана (российский опыт): Монография / Под ред. И.Н. Солодова, Е.Н. Камнева: Монография. — М.: «КДУ», «Университетская книга», 2017. — 576 с.

4. *Dedan Duan Haibin Wu, Fang Wei, Huiping Song, Zhibin Ma, Zhang Chen, Fangqin Cheng* Preparation, characterization, and rheological analysis of eco-friendly geopolymer grouting cementitious materials based on industrial solid wastes // Journal of Building Engineering. 2023, vol. 78, pp. 92 — 113.

5. *Li Li, Yu-jie Wei, Zongli Li, Muhammad Usman Farooqi* Rheological and viscoelastic characterizations of fly ash/slag/silica fume-based geopolymer // Journal of Cleaner Production. 2022, vol. 354, pp. 48 — 52.

6. *Арсентьев Ю. А.*, *Назаров А. П.*, *Забайкин Ю. В.*, *Иванов А. Г.* О расчете эксплуатационных колонн из полимерных материалов для условий многолетнемерзлых пород // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: российский и зарубежный опыт. — 2019. — № 21. — С. 27 — 32.

7. *Иванов А. Г.*, *Солодов И. Н.* Выбор материала обсадных труб для оборудования эксплуатационных скважин подземного выщелачивания // Горный журнал. — 2017. — № 7. — С. 81 — 85.

8. *Иванов Д. А.*, *Арсентьев Ю. А.*, *Соловьев Н. В.*, *Иванов А. Г.*, *Барашков В. А.*, *Башкатов И. А.* О результатах исследований свойств битумно-масляных смесей для заколонного ремонта резьбовых соединений полимерных труб технологических скважин подземного выщелачивания (СПВ) урана // Разведка и охрана недр. — 2021. — № 4. — С. 40—43.

9. *Иванов А. Г.*, *Михайлов А. Н.*, *Алексеев Н. А.*, *Иванов Д. А.*, *Арсентьев Ю. А.*, *Соловьев Н. В.*, *Назаров А. П.* Специальные работы для восстановления и поддержания рабочего состояния эксплуатационной колонны технологических скважин // Разведка и охрана недр. — 2020. — № 8. — С. 40—45.

10. *Глухов А. В.*, *Ермоленко С. И.*, *Иванов А. Г.*, *Иванов Д. А.* Способ гидроизоляции заколонного пространства скважин и состав смеси для его осуществления. Патент РФ на изобретение № 2726086 от 09.07.2020.

11. *Алтунина Л. К.*, *Кувшинов В. А.*, *Долгих С. Н.* Криогели для тампонажных работ в районах распространения многолетнемерзлых пород // Гидротехника. — 2010. — № 3. — С. 56—60.

12. *Клочков Я. В.*, *Непомнящих Е. В.* Мероприятия по улучшению водно-теплового режима водоотводящих сооружений // Вестник Забайкальского государственного университета. — 2014. — № 12 (115). — С. 12—21.

13. *Манжай В. Н.*, *Фуфаева М. С.* Свойства криогелей и их применение в технологиях добычи и транспорта нефти // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2011. — № 6. — С. 102—107.

14. *Кохановская О. А.*, *Раздьяконова Г. И.*, *Алтунина Л. К.*, *Лихолобов В. А.* Композитные криогели — новые конструкционные материалы для освоения Арктики / Новые материалы и технологии в условиях Арктики. — Ставрополь: Центр научного знания «Логос», 2014. — С. 322—327.

15. *Рогожин С. В.*, *Лозинский В. И.*, *Вайнерман Е. С.*, *Домовенко Л. В.*, *Манцас А. М.*, *Иванова С. А.*, *Штильман М. И.*, *Коршак В. И.* Нековалентное криоструктурирование в полимерных системах // Доклады АН СССР. — 1984. — Т. 278. — С. 129—134.

16. *Лозинский В. Н.*, *Домотеева Е. С.*, *Вайнерман Е. С.*, *Рогожкин С. В.* Некоторые термомеханические свойства криогелей поливинилового спирта // Высокомолекулярные соединения. — 1989. — Т. 31 А. — № 9. — С. 1805—1809.

17. *Лозинский В. И.* Криотропное гелеобразование растворов поливинилового спирта // Успехи химии. — 1998. — Т. 67. — № 7. — С. 641—655. DOI: 10.1070/RC1998v067n07ABEH000399.

18. *Вайнерман Е. С.*, *Лозинский В. И.*, *Стояченко И. А.*, *Рогожкин С. В.* Криогели природных и синтетических полимеров. Получение и свойства / Межвузовский научный сборник «Процессы студнеобразования в полимерных системах». Ч. 2. — Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1985. — С. 20. ГИАБ

REFERENCES

1. *Dobycha urana metodom podzemnogo vyshchelachivaniya v kriolitozone*. Monografiya. Pod red. I. N. Solodova [Uranium mining by the method of in-situ leaching in the cryolithic zone, Monograph. Solodov I. N. (Ed.)], Moscow, ZetaPrint, 2022, 183 p.

2. Yipeng Zhou, Guangrong Li, Lingling Xu, Jinhui Liu, Zhanxue Sun, Weijun Shi Uranium recovery from sandstone-type uranium deposit by acid in-situ leachingan example from the Kujieertai. *Hydrometallurgy*. 2020, vol. 191, pp. 17—25.

3. *Geotekhnologiya urana (rossiyskiy opyt)*: Monografiya. Pod red. I. N. Solodova, E. N. Kamneva. Monografiya [Uranium geotechnology (Russian experience), Monograph. Solodov I. N., Kamnev E. N. (Eds.)], Moscow, 2017, 576 p.

4. Dedan Duan Haibin Wu, Fang Wei, Huiping Song, Zhibin Ma, Zhang Chen, Fangqin Cheng Preparation, characterization, and rheological analysis of eco-friendly geopolymer grouting cementitious materials based on industrial solid wastes. *Journal of Building Engineering*. 2023, vol. 78, pp. 92—113.

5. Li Li,Yu-jie Wei, Zongli Li, Muhammad Usman Farooqi Rheological and viscoelastic characterizations of fly ash/slag/silica fume-based geopolymer. *Journal of Cleaner Production*. 2022, vol. 354, pp. 48—52.

6. ArsentievYu. A., Nazarov A. P., ZabaykinYu. V., Ivanov A. G. On the calculation of operational columns made of polymer materials for permafrost conditions. *Actual problems and prospects of economic development: Russian and foreign experience*. 2019, no. 21, pp. 27—32. [In Russ].

7. Ivanov A. G., Solodov I. N. The choice of casing pipe material for the equipment of production wells of underground leaching. *Gornyi Zhurnal*. 2017, no. 7, pp. 81 – 85. [In Russ].

8. Ivanov D. A., Arsentiev Yu. A., Solovyov N. V., Ivanov A. G., Barashkov V. A., Bashkatov I. A. On the results of studies of the properties of bitumen-oil mixtures for the backfill repair of threaded connections of polymer pipes of technological wells of underground leaching (SPV) uranium. *Prospect and protection of mineral resources*. 2021, no. 4, pp. 40 – 43. [In Russ].

9. Ivanov A. G., Mikhailov A. N., Alekseev N. A., Ivanov D. A., Arsentiev Y. A., Soloviev N. V., Nazarov A. P. Special works for the restoration and maintenance of the working condition of the production column of technological wells. *Prospect and protection of mineral resources*. 2020, no. 8, pp. 40 – 45. [In Russ].

10. Glukhov A. V., Ermolenko S. I., Ivanov A. G., Ivanov D. A. *Patent RU 2726086*, 09.07.2020. [In Russ].

11. Altunina L. K., Kuvshinov V. A., Dolgikh S. N. Cryogels for grouting works in areas of permafrost distribution. *The Hydrotechnika*. 2010, no. 3, pp. 56 – 60. [In Russ].

12. Klochkov Ya. V., Nepomnyashchikh E. V. Measures to improve the water-thermal regime of drainage structures. *Transbaikal state university journal*. 2014, no. 12 (115), pp. 12 – 21. [In Russ].

13. Manzhai V. N., Fufaeva M. S. Properties of cryogels and their application in oil production and transportation technologies. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Neft' i Gaz*. 2011, no. 6, pp. 102 – 107. [In Russ].

14. Kokhanovskaya O. A., Razdyakonova G. I., Altunina L. K., Likholobov V. A. Composite cryogels — new structural materials for the development of the Arctic. *Novye materialy i tekhnologii v usloviyakh Arktiki* [New materials and technologies in the Arctic], Stavropol, 2014, pp. 322 – 327.

15. Rogozhin S. V., Lozinsky V. I., Vainerman E. S., Domotenko L. V., Mantzans A. M., Ivanova S. A., Shtilman M. I., Korshak V. I. Non-covalent cryostructuring in polymer systems. *Doklady Akademii nauk SSSR*. 1984, vol. 278, pp. 129 – 134. [In Russ].

16. Lozinsky V. N., Domoteeva L. V., Vainerman E. S., Rogozhkin S. V. Some thermomechanical properties of polyvinyl alcohol cryogels. *Polymer Science*. 1989, vol. 31 A, no. 9, pp. 1805 – 1809. [In Russ].

17. Lozinsky V. I. Cryotropic gelation of polyvinyl alcohol solutions. *Russian Chemical Reviews*. 1998, vol. 67, no. 7, pp. 641 – 655. [In Russ]. DOI: 10.1070/RC1998v067n07ABEH000399.

18. Vainerman E. S., Lozinsky V. I., Stoyachenko I. A., Rogozhkin S. V. Cryogels of natural and synthetic polymers. Preparation and properties. *Mezhvuzovskiy nauchnyy sbornik «Protsessy studneobrazovaniya v polimernykh sistemakh»*. Ch. 2 [Interuniversity scientific collection «Processes of studne formation in polymer systems». Part 2], Saratov, 1985, pp. 20.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Иванов Александр Георгиевич[1] — канд. техн. наук,
главный специалист, e-mail: ivanov.A.G@mail.ru,
Гладышев Андрей Владимирович[1] — Генеральный директор,
e-mail: Gladyshev.A.V@vnipipt.ru,
Арсентьев Юрий Александрович[2] — канд. техн. наук,
доцент, e-mail: arsentev1956@yandex.ru,
Назаров Александр Петрович[2] — канд. техн. наук,
доцент, e-mail: al.naz@mail.ru,
Иванов Дмитрий Александрович — инженер по бурению,
Компания «Везерфорд»,
e-mail: dexhouse@yandex.ru,
[1] АО «Ведущий проектно-изыскательский
и научно-исследовательский институт
промышленной технологии»,
[2] Российский государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ – РГГУ).
Для контактов: Арсентьев Ю.А., e-mail: arsentev1956@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.G. Ivanov[1], Cand. Sci. (Eng.), Chief Specialist,
e-mail: ivanov.A.G@mail.ru,
A.V. Gladyshev[1], General Director,
e-mail: Gladyshev.A.V@vnipipt.ru,
Yu.A. Arsentiev[2], Cand. Sci. (Eng.),
Assistant Professor,
e-mail: arsentev1956@yandex.ru,
A.P. Nazarov[2], Cand. Sci. (Eng.),
Assistant Professor, e-mail: al.naz@mail.ru,
D.A. Ivanov, Drilling Engineer,
Weatherford Company, Moscow, Russia,
[1] JSC «Leading Design and Survey and Research Institute
of Industrial Technology», 115409, Moscow, Russia,
[2] Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological
Prospecting University (MGRI-RSGPU),
117997, Moscow, Russia.
Corresponding author: Yu.A. Arsentiev, e-mail: arsentev1956@yandex.ru.

Получена редакцией 06.07.2023; получена после рецензии 14.08.2023; принята к печати 10.01.2024.
Received by the editors 06.07.2023; received after the review 14.08.2023; accepted for printing 10.01.2024.

НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»

Супрун В. И., К. Дребендштедт, Зеленин Д. П., Радченко С. А., Левченко Я. В., Якутов А. В., Корчагина Т. В.
Горная геоморфология
Год: 2023
Страниц: 372
ISBN: 978-5-98672-569-7 (https://www.gornaya-kniga.ru/catalog/2419)

Геоморфология — наука о вечно меняющейся поверхности земли. Применительно к данной книге можно сказать, что горная геоморфология — это наука о перманентно меняющемся постгорном рельефе, формируемом при разработке месторождений полезных ископаемых.

В книге приведены базовые закономерности формирования техногенного рельефа и техногенных ландшафтных структур при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. Рассмотрено влияние природных факторов на процессы, протекающие на поверхности и во внутренних зонах техногенного рельефа. Значительное внимание уделено вопросам деформации и разрушения элементов техногенных склоновых поверхностей. Отражены основные условия для оптимизации параметров техногенных ландшафтов. Показаны взаимодействия между техногенными системами и окружающей средой, в ходе которого они изменяются и оптимизируют свое существование.

Содержание книги в значительной степени сложилось под влиянием опыта, полученного нами при оценках экологических последствий эксплуатации крупных угольных и рудных месторождений.

Материалы данной книги продолжают и уточняют методические подходы к формированию техногенного рельефа, которые сформировали наши учителя: Е.Ф. Шешко, В.В. Ржевский, В.В. Истомин, А.И. Арсентьев, Клаус Штродка, И. И. Русский, П. И. Томаков, В. С. Хохряков, А. М. Гальперин, В. Н. Попов, В.В. Манкевич. Благодарная память о них является одной из основ на которой держится наша нынешняя картина жизни.