

ТЕХНИКА ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ
GEOLOGICAL EXPLORATION TECHNIQUE

УДК.621.643.622

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОБСАДНЫХ ТРУБ
ПРИ СООРУЖЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН
ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА*

А.Г. ИВАНОВ¹, Д.А. ИВАНОВ², Ю.А. АРСЕНТЬЕВ³, А.П. НАЗАРОВ³, В.Н. КАЛИНИЧЕВ³

¹АО «Атомредметзолото»
22, Большой Дровяной пер., Москва 109004, Россия
e-mail: alekgeorivanov@armz.ru

²Weatherford
4, 4-й Лесной пер., Москва 109004, Россия
e-mail: alekgeorivanov@armz.ru

³ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117977, Россия
e-mail: arsentev1956@yandex.ru

Предприятие скважинного подземного выщелачивания (СПВ) на территории Хиагдинского рудного тела ведёт добычу урана на глубинах 90—300 м, ниже зоны распространения многолетнемерзлых пород. При этом широкое применение на месторождениях СПВ урана имели трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД), которые в настоящее время заменяются на трубы из модифицированного непластифицированного поливинилхлорида (НПВХ), с целью снижения аварийности технологических скважин в геокриологических условиях сооружения и эксплуатации. Сопоставительный анализ состояния труб ПНД и НПВХ в данных условиях позволил оценить влияние на прочностные характеристики температуры и длительности их применения в качестве обсадных колонн технологических труб скважин. И тем самым убедительно доказать необходимость перехода при формировании обсадных колонн на трубы из НПВХ резьбового соединения с предварительным нанесением на него соответствующих герметиков и указать на необходимость использования предлагаемых авторами технических приспособлений в виде металлических защитных муфт на резьбовые соединения, трубных ключей, специальных хомутов, позволяющих в целом довести аварийность при сооружении и эксплуатации технологических скважин в условиях криолитозоны до 2,5%.

К л ю ч е в ы е с л о в а: скважина; скважинное подземное выщелачивание; полимерные обсадные трубы; резьбовые соединения; герметики.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-4-50-57

FEATURES OF THE APPLICATION OF A POLYMER CASING IN THE CONSTRUCTION OF PRODUCTION WELLS IN UNDERGROUND LEACHING OF URANIUM

A.G. IVANOV¹, D.A. IVANOV², YU.A. ARSENTYEV³, A.P. NAZAROV³, V.N. KALINICHEV³

¹JSC ARMZ (Atomredmetzoloto Uranium Holding Co., the Rosatom's mining division)
22, B. Drovyanoi Lane, Moscow 109004, Russia
e-mail: alekgeorivanov@armz.ru

²Weatherford Llc,
4, 4th Lesnoy Pereulok, Moscow 125047, Russia
e-mail: alekgeorivanov@armz.ru

³Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklouho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia
e-mail: arsentev1956@yandex.ru

A borehole underground leaching enterprise in the Khiagda ore body leads to the uranium mining at a depth of 90 - 300 m below the permafrost distribution zone. At the same time, HDPE (high density polyethylene) pipes have been widely used in borehole underground leaching uranium deposits, which are currently being replaced by pipes from modified UPVC (unplasticized polyvinyl chloride), in order to reduce the accident rate of technological wells in the geocryological conditions of their construction and operation. A comparative analysis of the state of the HDPE and UPVC pipes, under these conditions, made it possible to assess the effect on the strength characteristics of wells by temperature and the duration of their use as casing strings of technological wells; and thereby to prove convincingly the need for the transition to the UPVC pipes of a threaded connection with preliminary application of the appropriate sealants on it. The description of these sealants has been given in the paper. And also its comparison allows to indicate the need of using the technical devices proposed by the authors in the form of metal protective couplings for threaded connections, pipe wrenches, special clamps, etc., allowing to reduce generally accidents during the construction and operation of technological wells in the conditions of permafrost zone to 2,5%.

Keywords: borehole; borehole underground leaching; polymer casing and features of its application; threaded joints, sealants.

Добыча урана скважинным подземным выщелачиванием (СПВ) производится с применением преимущественно агрессивных химических растворов: серной кислоты при добыче урана и более агрессивных соляной и плавиковой кислот при выполнении химических обработок прифилтровых зон при выполнении ремонтно-восстановительных работ. Поэтому одним из основных критериев выбора материала обсадных труб наряду с механической прочностью является его химическая стойкость к воздействию таких реагентов.

Наиболее распространёнными материалами для изготовления труб, которые могут применяться для оборудования скважин СПВ, — термопласты различного типа. Основными из них являются полиэтилен низкого давления (ПНД), непластифицированный поливинилхлорид (НПВХ), полипропилен (ПП). Химически стойкими к воздействию агрессивных жидкостей также являются трубы из стеклопластика (СПТ), представляющего собой композитный материал на основе эпоксидной или полиэфирной смолы со стеклонаполнителем (ткани, волокна, нити и др.), и стеклобазальтопластиковые трубы (СБПТ). В период с 1985 по 1995 гг. для обсадки скважин находили применение металлопластиковые трубы (МПТ) конструк-

ции Л.Л. Стриковского, выпускаемые в настоящее время АО «МЕПОС». По различным причинам: высокая стоимость, хрупкость, низкое качество труб, являющееся следствием сложной технологии их изготовления, при сооружении технологических скважин не нашли применения трубы из ПП, СПТ, СБПТ, МПТ. При этом широкое применение на месторождениях СПВ урана имели трубы из ПНД, которые в настоящее время заменяются трубами из модифицированного НПВХ. В связи с этим в настоящей работе рассматриваются варианты применения для сооружения технологических скважин только труб из ПНД и НПВХ.

Основные физико-механические характеристики труб из ПНД и НПВХ, их достоинства и недостатки приведены в [1—5]. Остановимся отдельно на каждом из этих видов труб, особенностях их применения для достижения максимальной эксплуатационной надёжности технологических скважин.

Трубы ПНД. В настоящее время нормативным документом, определяющим выпуск труб ПНД, является ГОСТ 18599-2001¹.

Трубы могут выпускаться из полиэтилена различных марок: ПЭ 32, ПЭ 63, ПЭ 80, ПЭ 100. В практике сооружения технологических скважин

¹ ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена. М.: Изд-во стандартов, 2002.

СПВ применяются трубы из полиэтилена марки ПЭ 100, поскольку имеют более высокие прочностные характеристики по сравнению с трубами одинакового диаметра, изготовленными из полиэтилена других марок. Качественные трубы должны иметь гладкую наружную и внутреннюю поверхности, на наружной, внутренней и торцевой поверхностях труб не допускаются пузыри, трещины, раковины, посторонние включения, видимые без увеличительных приборов. Для сооружения скважин допускается применять только трубы, отвечающие приведённым требованиям. На практике нередки случаи, когда поставляются трубы, изготовленные из некачественных материалов с включением в состав основного сырья продуктов дробления различных видов вторичных полимерных материалов, металлической стружки и мела (для увеличения плотности материала труб). При-

менение таких труб для сооружения скважин любого назначения категорически недопустимо. На рис. 1 приведены фотографии внутренней поверхности труб, изготовленных с добавками в основное сырьё вторичных материалов с посторонними включениями (мелкая металлическая стружка и др.).

Основными недостатками труб являются следующие: не склеиваются никакими доступными для промышленного использования клеями; имеют большой коэффициент температурного расширения при сезонных изменениях температуры выщелачивающих растворов, подаваемых в эксплуатационные колонны закачных скважин; обладают низкой осевой устойчивостью, приводящей к изгибу колонн и разрушению резьбовых соединений; для них характерна высокая скорость старения.

На рис. 2 отражены характерные дефекты обсадных труб ПНД: изгиб колонны труб ПНД по

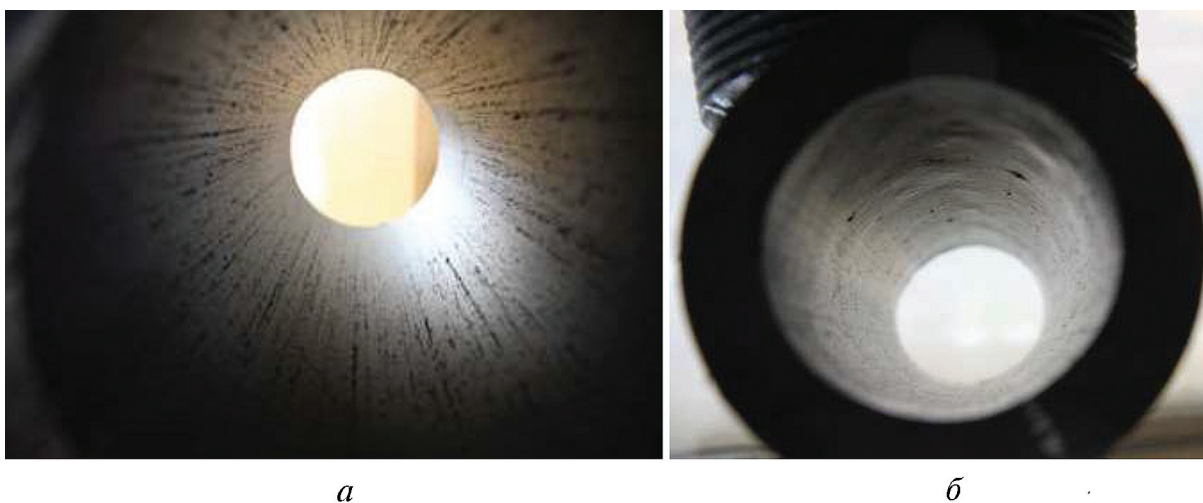


Рис. 1. Внутренняя поверхность труб ПНД, изготовленных с добавками в основное сырьё вторичных материалов и металлической стружки: *а* – труба ПЭ 100 SDR 9 – 160×17,9, *б* – труба ПЭ 100 SDR 6 – 110×18,3



Рис. 2. Дефекты обсадных колонн из труб ПНД: *а* – изгиб обсадной колонны; *б* – смятие трубы ПНД при замерзании воды в заколонном пространстве

резьбовому соединению под действием осевой нагрузки (один из видов деформации, приводящий к нарушению герметичности резьбовых соединений) и смятие обсадной трубы внешним сминающим давлением (потеря поперечной устойчивости трубы) при замерзании воды в затрубном пространстве, что является следствием не соответствующего геологическим условиям способа оборудования устьев скважин [1].

На фотографии (рис. 2, а) видно, что высота витков резьбы с правой и левой сторон различна, что свидетельствует об изгибе резьбового соединения. На рис. 2, б — фотография смятого участка трубы.

На рис. 3 приведены графики длительной прочности ПНД марки ПЭ 100².

На рис. 3 в качестве показателя прочности выбран параметр кольцевого напряжения. Этот параметр отражает соотношение геометрических параметров трубы и давления внутри трубы:

$$\sigma_{\text{кн}} = \frac{P(d-e)}{2e},$$

где $\sigma_{\text{кн}}$ — кольцевое напряжение, МПа; P — давление внутри трубы, МПа; d, e — соответственно наружный диаметр трубы и толщина стенки трубы, мм.

Из графиков следует, что этот показатель снижается в зависимости от продолжительности и температуры эксплуатации материала. Так, при эксплуатации в течение 5 лет при температуре +10°C допустимое кольцевое напряжение для материала ПНД марки ПЭ 100 снижается с 15 до 12 МПа.

Трубы ПНД соединяются следующими основными способами:

- 1) сварка труб на поверхности в плет с последующим спуском её в скважину [8, с. 87];
- 2) сварка труб над устьем скважины с помощью полуавтоматических установок УСВТ-2 [8, с.79];
- 3) сварка труб с помощью сварных проволок, нагретых выше температуры плавления материала труб и перемещаемых в направлении, перпендикулярном оси труб через совмещенные конусные внутреннюю и внешнюю поверхности труб [7];
- 4) соединение с помощью термомуфт (с размещёнными в корпусе нагревательными элементами);
- 5) резьбовые соединения.

Способы 1, 2, 3 имеют следующие основные недостатки: длительность процесса сварки стыков, необходимость тщательной подготовки стыков (подготовка торцов, обезжиривание, центрирование свариваемых труб), наличие града (капли материала труб) на внутренней поверхности сварных швов, приводящее к снижению внутреннего диаметра обсадной колонны. Способ 1 имел также ещё один существенный недостаток — невозмож-

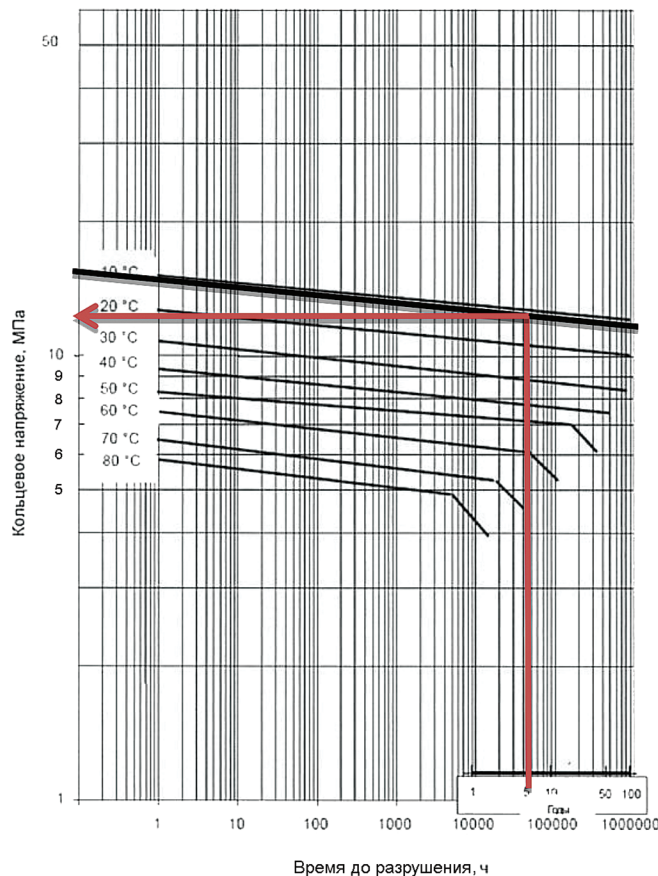


Рис. 3. Графики длительной прочности ПНД марки ПЭ 100 в зависимости от температуры и времени эксплуатации

ность его использования при температурах ниже +5°C, когда гибкость труб значительно снижается, в случае аварийных ситуаций, связанных с необходимостью подъема сварной обсадной колонны из скважины, эту колонну приходится разрезать на отрезки различной длины и для повторного использования необходима повторная подготовка извлечённых из скважины труб (подготовка торцов и пр.). В итоге применение сварных способов оправдано при применении тонкостенных обсадных труб в скважинах небольшой глубины (до 100 м).

Способ 4 предусматривает использование для соединения труб ПНД термомуфт с размещёнными в корпусе нагревательными элементами. Такие муфты, как правило, применяются для соединения горизонтальных трубопроводов. Достоинством их является отсутствие необходимости подготовки торцов соединяемых труб (зачистка, обезжиривание). Применительно к сооружению технологических скважин основные недостатки термомуфт заключаются в следующем: длительности процесса соединения труб; увеличении диаметра ствола скважины при их применении; необходимости использования специального источника электроэнер-

² ГОСТ 32415-2013 Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартиформ, 2014.

гии для запитки размещённых в корпусе термомуфты нагревательных элементов; а также недостатках, связанных с аварийным извлечением обсадной колонны из скважины (указаны выше для способов 1, 2, 3 сварных соединений обсадных труб).

Наиболее широкое применение для технологических скважин нашло резьбовое соединение толстостенных труб ПНД по схеме «труба в трубу».

Резьба является ключевым элементом эксплуатационной колонны скважин СПВ, обеспечивая безаварийный спуск обсадных труб при сооружении и герметичность колонны при эксплуатации скважин.

Для труб ПНД на начальных этапах их применения для сооружения технологических скважин СПВ использовались различные виды резьбы: коническая, цилиндрическая прямоугольная, ленточная, треугольная и др. Исследованиями А.Б. Зубарева было доказано, что для труб ПНД наиболее надёжной является коническая упорная трапециевидная резьба с шагом 5 мм, высотой профиля 3,47 мм, углом наклона профиля 3°, конусностью резьбы 5°, шириной гребня 1,5 мм [3]. При изготовлении соединений должно быть достигнуто высокое качество резьбовых поверхностей, что легче обеспечить на предприятиях по выпуску труб, чем в условиях механических мастерских организаций, занимающихся сооружением технологических скважин СПВ и имеющих ограниченный набор станочного парка для механической обработки полимерных материалов. Для повышения герметичности резьбовых соединений любых полимерных труб, и труб ПНД в том числе, обязательным является применение герметиков. В связи с отсутствием клеев единственно доступным способом для резьбовых соединений труб ПНД являются герметики на основе полиизобутилена. А.Б. Зубаревым рекомендован герметик следующего состава: низкомолекулярный полиизобутилен марки П-20 — 31%, высокомолекулярный полиизобутилен марки П-118 — 4%, бензин — 65% [7]. Он в отличие от битумных мастик сохраняет свои пластические свойства в течение всего срока эксплуатации скважин. Перед нанесением герметика на сопрягаемые резьбовые поверхности последние должны быть очищены от посторонних загрязнителей, а сами поверхности должны быть протерты насухо.

Важным моментом в применении обсадных труб ПНД является то, что их температура при обсадке должна быть максимально приближена к температуре промывочной жидкости (вмещающих пород) в стволе скважины. Поэтому при спуске колонн в скважину в летний период при высокой температуре окружающего воздуха, значительно — на десятки градусов Цельсия — превышающей температуру в скважине, обсадку целесообразно проводить в ночное время при минимальной суточной

температуре воздуха, либо перед спуском колонны проливать её холодной водой. В зимний период обсадку скважин следует выполнять при максимальной суточной температуре. Дальнейшие технологические операции по сооружению скважин (оборудование прифилтровых зон гравийными обсыпками и цементирование заколонного пространства, оборудование устьев скважин) должны выполняться после выравнивания температуры вмещающих пород и обсадных труб. Соблюдение этих условий позволяет максимально снизить нагрузки на резьбовые соединения обсадных труб в процессе эксплуатации скважины, так как в трубах на момент окончания ее сооружения практически отсутствуют остаточные температурные напряжения.

В процессе эксплуатации скважины подвергаются различным видам нагрузок. Эксплуатационные колонны закачных скважин, в которые подаются выщелачивающие растворы (ВР) под давлением, превышающим гидростатическое давление пластовой жидкости, подвергаются избыточному гидростатическому давлению. Критическое избыточное внутриколонное давление в зависимости от качества резьбового соединения и применения герметика не превышает 0,7—1,0 МПа. На практике внутриколонное давление при подаче ВР в скважину может превышать допустимые пределы. В результате может происходить разгерметизация резьбовых соединений, связанная в том числе с разрушением муфтовой части резьбы. На рис. 4 показан фрагмент резьбового соединения труб ПНД, извлеченный из скважины с глубины 11 м после обуривания эксплуатационной колонны нагнетательной скважины специальным снарядом на месторождении Канжуган (Республика Казахстан) в 1989 г. [6].

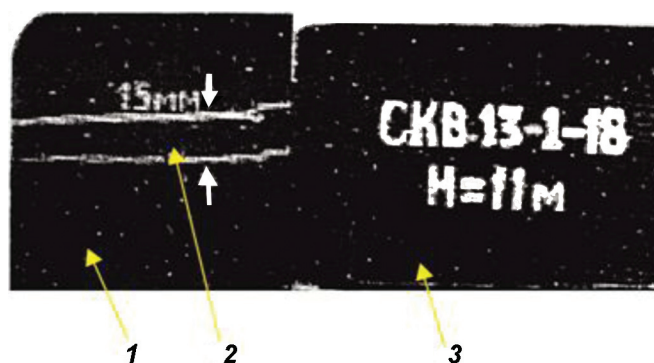


Рис. 4. Фрагмент разрушенного резьбового соединения труб ПНД с толщиной стенки 18 мм: 1 — муфтовая часть резьбы, 2 — разрушенный участок резьбы, 3 — ниппельная часть резьбы

На приведённой фотографии видно, что лопнула муфтовая часть резьбы с образованием трещины около 15 мм в резьбовой части. Через эту щель происходила утечка подаваемых в скважину выщелачивающих растворов.



Рис. 5. Защитная металлическая муфта для резьбовых соединений труб ПНД

Снизить число разрушенных резьбовых соединений труб ПНД можно установкой на резьбовое соединение защитных металлических муфт (рис. 5).

Защитная муфта размещается на муфтовой части резьбового соединения. При свинчивании труб происходит частичное расширение муфтовой части трубы и защитная муфта прочно фиксируется на соединении.

Внедрение защитных металлических муфт на технологических скважинах, сооруженных на месторождениях, обрабатываемых предприятиями, таких как Ленинабадский горно-химический, Навоинский горно-металлургический, Киргизский горнорудный комбинатов и других, позволило в несколько раз снизить аварийность скважин, связанную с разгерметизацией резьбовых соединений эксплуатационных колонн из труб ПНД. В настоящее время на месторождениях Хиагдинского рудного поля более чем на 400 скважинах, сооружённых в условиях многолетнемерзлых пород, установлены защитные металлические муфты, что позволило снизить аварийность скважин с 15 до 2,5%. Наличие защитных металлических муфт на резьбовых соединениях хорошо контролируется методом индукционного каротажа как на стадии сооружения, так и при эксплуатации скважин (рис. 6).

На приведённом графике индукционного каротажа (красный цвет) муфты отбиваются через каждые 6 м глубины скважины, что соответствует дли-

не одной обсадной трубы. Основной недостаток металлических защитных муфт — ограниченный срок службы, определяемый скоростью коррозии материала, из которого они изготовлены. По данным геофизических исследований срок сохранности защитных муфт, изготовленных из низкоуглеродистой стали марки Ст.3 толщиной 1,5—2,5 мм, не превышает двух лет.

Таковы основные особенности применения труб ПНД для оборудования технологических скважин СПВ урана.

Трубы *НПВХ* выпускаются в соответствии с ГОСТ Р 51613-2000³. Трубы и корпуса фильтров из непластифицированного поливинилхлорида изготавливаются по техническим условиям заводов-изготовителей.

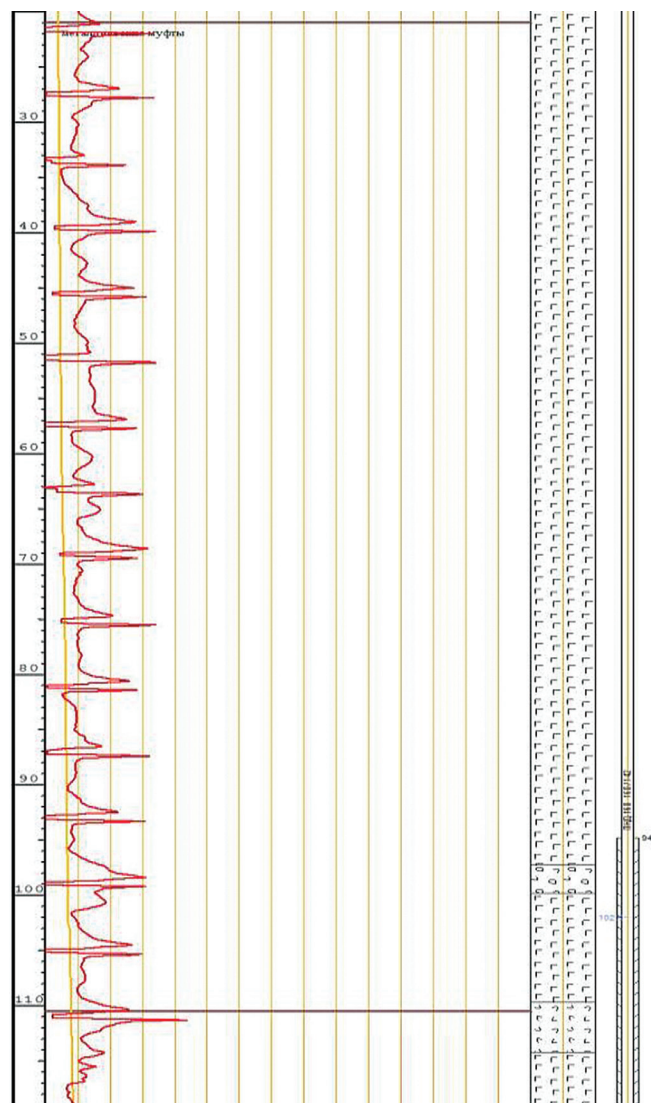


Рис. 6. Контроль за наличием металлических защитных муфт резьбовых соединений труб ПНД эксплуатационной колонны методом индукционного каротажа

³ ГОСТ Р 51613-2000 Трубы напорные из непластифицированного поливинилхлорида. Технические условия (с Поправкой). М.: Госстандарт России, 2000.

Основные определения для труб НПВХ совпадают с таковыми для труб ПНД. Трубы изготавливаются из непластифицированного поливинилхлорида (НПВХ) или непластифицированного поливинилхлорида с модификатором ударной прочности (НПВХ-М). Трубы могут изготавливаться с раструбом (Р) или без раструба, тогда в маркировке буква Р отсутствует. Возможно изготовление труб с двумя типами резьбы: трапецеидальной (ТР) или конической упорной (ТРК). Из практики работ по применению труб НПВХ установлено, что наиболее надёжной является резьба ТРК. Цилиндрическая ленточная резьба для обсадных труб НПВХ неприменима из-за разрушения муфтовой части резьбы при имеющих место перекосах соединяемых труб.

В практике сооружения технологических скважин наибольшее применение находят трубы НПВХ—М—Р—ТРК, имеющие более высокие физико-механические характеристики по сравнению с трубами НПВХ—ТР по следующим показателям: ударной прочности, модулю упругости, морозостойкости, пределу текучести при растяжении и пр. На рис. 7 приведены эталонные графики длительной прочности НПВХ [11].

Из графика следует, что за 5 лет эксплуатации при температуре +20°C предельное кольцевое напряжение в трубах НПВХ снижается с 47 до 27 МПа.

Сравнительный анализ графиков (рис. 3, 7) показывает, что трубы из НПВХ по прочности значительно превосходят трубы из ПНД марки ПЭ 100 и прочность труб НПВХ через 5 лет эксплуатации значительно превышает начальную прочность труб ПНД.

Визуально трубы НПВХ должны удовлетворять следующим критериям: иметь гладкие наружную и внутреннюю поверхности, допускаются незначительные продольные полосы и волнистость, не выходящие за пределы допускаемых отклонений. На наружной, внутренней и торцевой поверхностях не допускаются пузыри, трещины, сколы, раковины, видимые без увеличительных приборов. Концы труб должны быть срезаны перпендикулярно их осям и зачищены от заусенцев. Цвет труб — синий (оттенки не регламентируются). Резьбовые концевики должны иметь фаски 5×5 мм: муфтовые раструбы по внешнему диаметру торца, а ниппельные концевики по внутреннему диаметру торца. Наличие фасок является обязательным для обсадных труб, изготовленных из НПВХ. Это связано с необходимостью исключения ударных нагрузок на несоосные элементы труб при проведении технологических операций по сооружению и ремонту скважин, связанных со спуском технологического снаряда (бурильных труб) в за колонное пространство или внутрь эксплуатационной колонны.

Отличительной особенностью труб НПВХ является то, что в качестве герметика резьбовых сое-

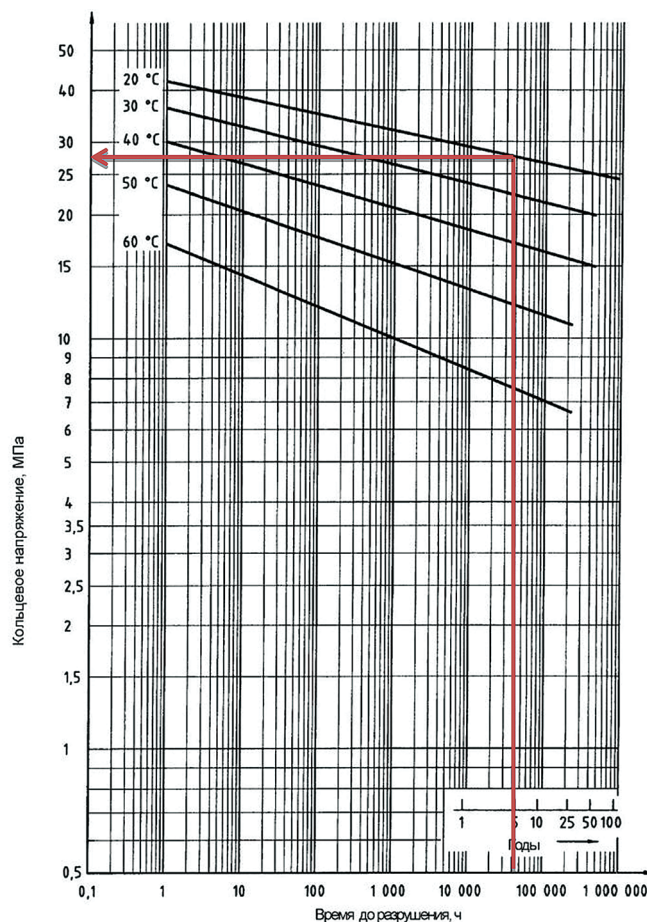


Рис. 7. Эталонные графики длительной прочности НПВХ в зависимости от времени и температуры эксплуатации

динений для них возможно применение клеев с различным сроком схватывания. Применение клеев позволяет получить абсолютно герметичную по всей длине эксплуатационную колонну. В качестве быстросхватывающегося клея (срок схватывания до 20 мин., при обязательном прогреве до температуры не менее +5°C свинчиваемых резьбовых концов труб в зимнее время) чаще всего используется «ТангитPVC-U». Недостаток этого клея один — короткий срок отверждения. Поэтому при необходимости извлечения спущенных в скважину обсадных труб на поверхность, их приходится разрезать на отрезки определённой длины, дальнейшее применение которых становится невозможным. В связи с этим более предпочтительными являются клеи с длительным сроком отверждения, позволяющие производить подъём колонны из скважины с раскручиванием обсадных труб. Эти трубы после очистки резьбовых соединений металлическими щётками можно использовать повторно. Такими клеями с длительным сроком отверждения являются следующие: «M-sealAllPressurePVSSolventCement» или «PVCpegafor». Возможно также применение клеев «GriffonUNI-100», «GEBSOPLASTGEB». Перед нанесением любого клея резьбовые поверхности обязательно очищаются от грязи и вытираются обтирочным материалом насухо.

Трубы НПВХ при работе требуют более бережного обращения, чем трубы ПНД. Особенности заключаются в следующем:

1) транспортировка труб должна исключать свисание их концов с платформы транспортного средства;

2) в процессе транспортировки ударные нагрузки на трубы должны быть исключены;

для выполнения погрузочно-разгрузочных работ допускается использование только текстильных строп;

3) для спуска труб в скважину допускается использование деревянных хомутов с кожаным покрытием рабочей поверхности (для обсадных труб без раструба), либо хомуты с клиновыми вставками, устанавливаемыми под раструб обсадных труб;

4) крутящий момент при свинчивании обсадных труб должен быть ограничен, перетягивать резьбу после характерного щелчка, свидетельствующего о полном сопряжении резьбовых поверхностей, категорически запрещено, для свинчивания труб целесообразнее всего применять ременные ключи из кожи или других тканевых материалов.

Комбинированные обсадные колонны из труб ПНД и НПВХ. Применение комбинированных колонн возможно в случаях, когда эксплуатационная колонна состоит из труб НПВХ, а её верхняя часть — из труб ПНД (на практике это, как правило, 1—2 трубы) для удобства обвязки устья и совместимости материалов и элементов обвязки с эксплуатационной колонной (оголовники, возможность свар-

ки между собой отдельных элементов и пр.). Если нет возможности исключить такое соединение в конструкции технологической скважины, то должно соблюдаться основное правило: резьбовое соединение труб из разных материалов должно находиться над устьем скважины. В этом случае аварийные ситуации по резьбовому соединению труб ПНД и НПВХ легко устранимы.

Выводы

1. Применяемые для оборудования скважин СПВ полимерные трубы должны соответствовать по своим параметрам горно-геологическим условиям месторождений, на которых они применяются, и технологическим регламентам добычи урана, прежде всего величине избыточного внутриколонного давления в закачных скважинах.

2. Для любых типов труб с резьбовыми соединениями применение соответствующих герметиков является обязательным с соблюдением технологии нанесения их на резьбовые поверхности.

3. Спуск обсадных труб в скважину должен производиться с применением инструмента, исключающего возникновение микротрещин или разрушений в трубах в процессе их свинчивания. Сами трубы перед спуском в скважину должны быть визуально осмотрены ответственным руководителем, осуществляющим контроль за технологией работ по их спуску в скважину, для определения их целостности (отсутствия дефектов).

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. Научное обозрение. № 21. М.: ОПТИМУС, 2019. С. 27–32.
2. Геотехнология урана (русский опыт) / Под ред. И.Н. Солодова, Е.Н. Камнева М.: Университетская книга, 2017. 576 с.
3. Зубарев А.Б. Условия работы, обоснование конструкции и технология применения полиэтиленовых обсадных колонн для крепления технологических скважин подземного выщелачивания металлов. Автореферат дис. ... канд. техн. наук, М., 1983. 24 с.
4. Иванов А.Г., Солодов И.Н. О выборе материала обсадных труб для оборудования эксплуатационных скважин подземного выщелачивания // Тезисы докладов XIV Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». М., 2019. С. 249–250.
5. Иванов А.Г., Солодов И.Н. Выбор материала обсадных труб для оборудования эксплуатационных скважин подземного выщелачивания // Горный журнал. 2018. № 7. С. 81–85.
6. Иванов А.Г., Кравцов В.А., Костин В.А., Езов А.П. Опыт восстановления герметичности технологических скважин при ПВ // Технический прогресс в атомной промышленности, Серия «Горно-металлургическое производство». 1989. № 6. С. 17–19.
7. Сергиенко И.А., Мосев А.Ф., Бочко Э.А., Пименов М.К. Бурение и оборудование геотехнологических скважин. М.: Недра, 1984. 224 с.
8. Солодов И.Н., Гладышев А.В., Иванов А.Г. Опыт добычи урана методом подземного выщелачивания в криолитозоне // Разведка и охрана недр. 2018. № 11. С. 65–70.

REFERENCES

1. Arsentyev Yu. A., Nazarov A. P., Zabaykin V., Ivanov A. G., On the calculation of production casing of polymeric materials for the permafrost conditions. *Actual problems and prospects of economic development: Russian and foreign experience, Scientific review*, Issue № 21. M., OPTIMUS, 2019, pp. 2–32.
2. *Geotechnology uranium (Russian experience)*. Ed. I.N. Solodova, E.N. Kamneva. M., University Publ., 2017, 576 p.
3. Zubarev A.B. *Working conditions, grounding design and applications engineering plastic casin for anchoring technology wells underground leaching of metals*, Moskow, 1983, 24 p.
4. Ivanov, A.G., Solodov I.N. About choosing the material casing wells equipment for in-situ leaching. *Book of abstracts of XIV International scientific-practical Conference «New ideas in the Earth Sciences»*, M., 2019, pp. 249–250.
5. Ivanov, A.G., Solodov I.N. Material casing wells equipment for in-situ leaching. *Mountain magazine*, 2018, no 7, pp. 81–85.
6. Ivanov, A.G., Kravtsov V.A., Kostin V.A., Yezhov A.P. Recovery Experience tightness technology wells at DC. *Technical progress in the nuclear industry, a series of mining-metallurgical production*, 1989, no 6, pp. 17–19.
7. Sergienko I.A., Mosev A.F., Bochco E.A., Pimenov M.K. *Out geotechnical equipment and Drilling wells*. M., Nedra Publ., 1984, 224 p.
8. Solodov I.N., Gladyshev A.V., Ivanov A.G. Experience mining of uranium in-situ leaching method in kriolitozone. *Exploration and protection of the subsoil*, 2018, no 11, pp. 65–70.