

УДК 504:622.279:331.4

**М.М. Задериголова**, канд. техн. наук, главный специалист, ООО «ГЕОТЭК», e-mail: mail@eitec-eco.ru

## СНИЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ НА ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ ЛЧ МГ С ОПАСНЫМИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

*Предлагается выполнять исследовательские работы и мониторинг опасных геологических процессов (оползни, карст, провалы, разломы) на линейной части газопроводов ОАО «Газпром» с привлечением технологий hi-tech на основе радиоволнового метода. Высокоэффективные автоматизированные системы обеспечения геодинамической безопасности уже внедрены на нескольких проблемных участках линейной части (ЛЧ) магистрального газопровода (МГ) ряда дочерних предприятий ОАО «Газпром».*

**Ключевые слова:** опасные геологические процессы, геодинамическая безопасность, оползни, карст, провалы, разломы, радиоволновой метод.

Решение задачи обеспечения надежной и безопасной эксплуатации линейной части МГ на подводных переходах требует реализации комплексных мероприятий для достижения этой цели, в частности, организации мониторинга грунтов в напряженно-деформированном состоянии (НДС-грунтов).

Сухопутные участки газопроводов, как правило, пересекают многочисленные водные преграды. На многих реках развиты склоновые процессы, которые многократно усиливаются в силу техногенного воздействия (выполживание склона, перемещение грунта, устройство дренажей, полок и др.), что, естественно, приводит к нарушению гидрогеологического баланса, активизации опасных геодинамических процессов, зачастую со значительным ущербом. По данным ООО «Газпром ВНИИГАЗ», весьма ощутимое воздействие на безопасность гидротехнических сооружений (ГТС) оказывают оползни на склонах рек в местах переходов МГ больших диаметров (1420 мм) через крупные реки – Волгу, Каму, Малую Сосьву и др. В этом случае создается опасность

разрушения сразу нескольких ниток МГ, идущих в одном коридоре. Опасность таких ситуаций существует на магистральных газопроводах в объединениях ГП ТГ Чайковский, Томск, Тюмень, Волгоград, Нижний Новгород, Москва и др. И если эти тревожные ситуации не учтены на стадиях про-

ектирования и строительства [1–3], то в условиях «как построено» это выливается в серьезные проблемы, приводящие, как правило, к внезапному нарушению технического состояния и целостности ГТС.

В этих случаях, на наш взгляд, единственно правильным решением являет-



Фото 1. Радиоволновой комплекс обследования грунтов трассы газопровода



Фото 2. Газовые приборы

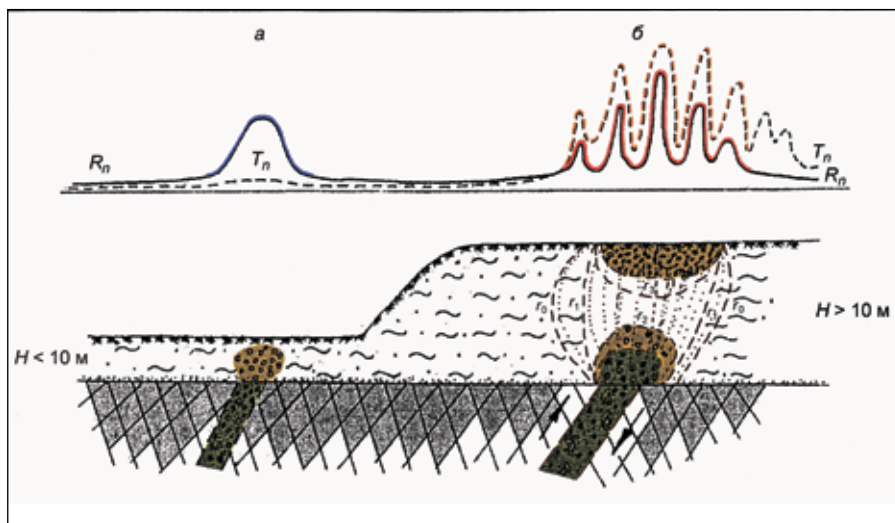


Рис. 1. Схема эманационных аномалий в покровных отложениях над выходами тектонических нарушений диффузного классического (а) и геодинамического (б) типов (по Селюкову Е.И., 2010 г.)

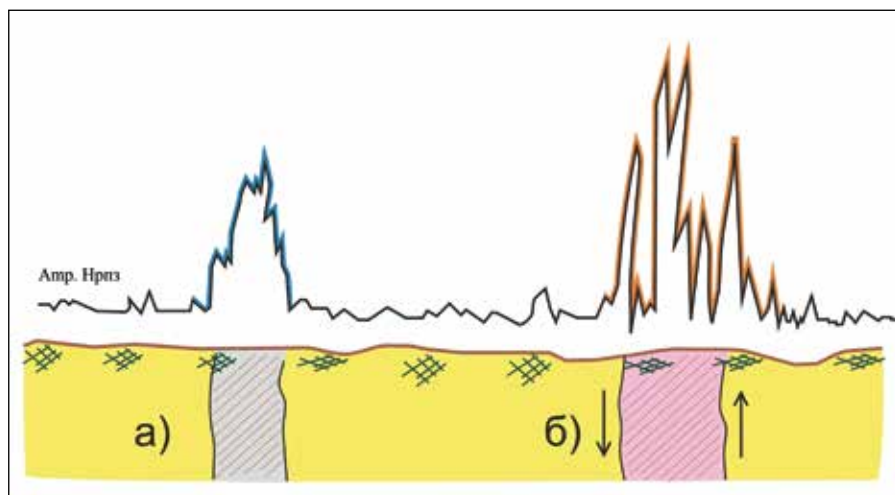


Рис. 2. Схема аномалий радиоволнового поля Земли над пассивными (а) и активными (б) тектоническими нарушениями, оползневыми зонами

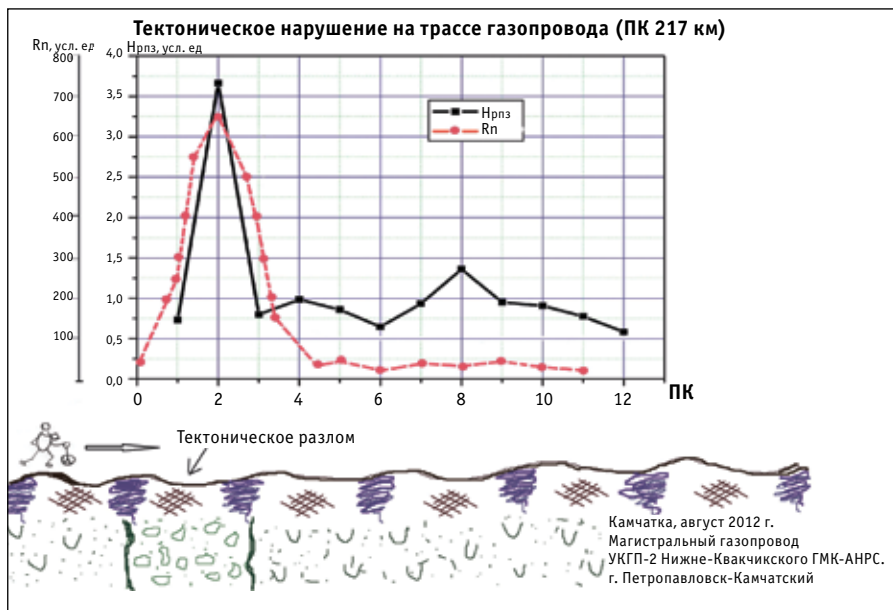
ся организация режимного, непрерывного геодинамического мониторинга НДС-грунтов оползневого склона, что и было еще в 2006 г. реализовано на подводном переходе МГ Ужгородского коридора через р. Каму ООО «Газпром трансгаз Чайковский». Повод здесь очевиден, поскольку затраты от эксплуатации этого МГ были никак не сопоставимы с убытками от техногенных аварий.

В основу автоматизированной системы мониторинга был заложен метод контроля радиоволнового (магнитотеллурического) поля Земли (РПЗ), специализированные технические средства и соответствующее программное обеспечение (ПО) (фото 1).

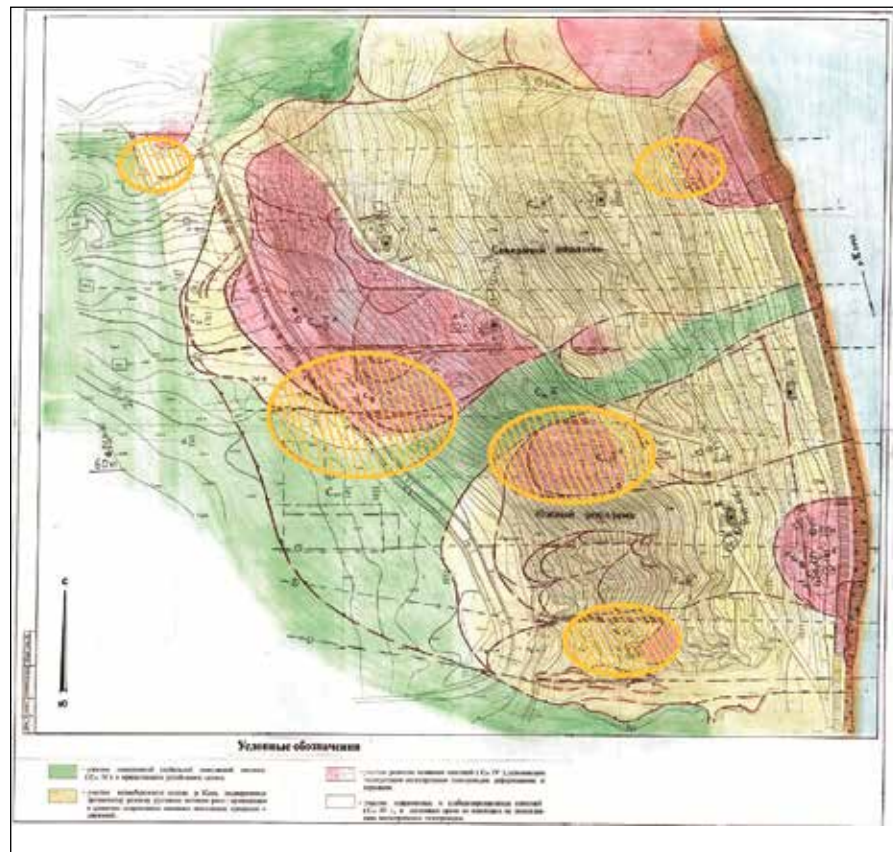
В последнее время метод РПЗ постепенно обретает нормативный облик для отрасли. С 2011 г. действуют «Технические требования» его использования, подготовлен «Прейскурант цен» на услуги, в стадии завершения работа над «Методикой использования метода РПЗ». Кроме Камы он уже нашел практическое использование на проблемных участках горных подработок МГ «Чусовой – Березники – Соликамск», оползнях МГ «с. Дзуарикау – г. Цхинвал», разломах Камчатского газопровода, оползнях МГ «Майкоп – Казимагомед», 607 км. В то же время прогнозная методика раннего оповещения активизации опасных геологических процессов (ОГП) требует дальнейшего совершенствования и развития, особенно в области повышения доверительной вероятности получаемой информации от РПЗ, точности прогноза.

В связи с этим полезно, на наш взгляд, обратить внимание еще на один уникальный **геохимический – газово-эманационный метод**, который является в определенных условиях отличным геодинамическим маркером [4, 5]. Это успешно апробированный нами ранее способ картирования геодинамических зон, при котором контролируют радиоактивные (торон-Тп, радон-Рп) и углекислые CO<sub>2</sub> газы, а также метан CH<sub>4</sub> (фото 2).

Проведенные нами комплексные радиоволновые и геохимические исследования на ряде объектов ОАО «Газпром»



**Рис. 3. Сопоставление радиоволновых данных с результатами эманационной съемки: Нрпз – напряженность радиоволнового поля Земли, Rn – эманации радона**



**Рис. 4. Карта оползневой опасности подводного перехода через р. Каму МГ Ужгородского коридора**

показали, что в пределах геодинамических зон (разломы, оползни, подработки, карст) отмечается высокое, в 3–5 раз выше фона содержания  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и в 500–1000 раз больше фонового значения, содержание гелия и радона.

Покажем это на примерах. На рисунке 1 приведены результаты геохимического картирования тектонических нарушений (разломов) в спокойном (классическом) (рис. 1а) и геодинамическом (рис. 1б) состояниях. Легко увидеть

резкое отличие показаний, которые проявляются на нарушениях. Следует особо отметить, что аномальные значения отмечаются задолго до активизации ОГП, примерно от 5–7 суток и более. Таким же образом фиксируются геодинамические процессы радиоволновым, магнитотеллурическим методом (рис. 2). При НДС в горном массиве, достигшем предела упругости, т.е. когда разрушения еще как бы и нет, но оно уже начинает происходить (рис. 2б), величина РПЗ в пределах аномалий резко падает до уровня фона (триггерный, релейный режим поведения НДС-грунтов). Это и есть начало катастрофического необратимого состояния.

Аномально высокие нестабильные (вариабельные) показания РПЗ и газов являются прогностическими признаками крупных возможных деформаций горного массива. Поэтому для повышения репрезентативности и достоверности получаемых данных радиоволновой метод необходимо комплексировать эманационными и газовыми методами малоглубинной геофизики, поскольку известно, что покровные отложения тесно связаны с коренным массивом; они также активно реагируют на малейшие вариации НДС.

Из недостатков геохимических способов контроля геодинамических процессов следует отметить большое время экспозиции проб почвенного воздуха (до 30 минут и более на одной точке), что не позволяет рекомендовать его для маршрутных обследований ЛЧ МГ. Выход был нами найден путем использования РПЗ для маршрутного пешеходного варианта выявления и оконтуривания проблемных участков ЛЧ МГ с последующей заверкой их геохимическими способами. Данный вариант был использован при обследовании в 2012 г. газопровода на Камчатке (рис. 3). При этом получена почти 100%-ная корреляция данных радиоволнового и геохимического методов, что зафиксировано в нашем Патенте РФ №123546, 2012 г.

То есть весь процесс обследования геодинамических зон заключается в экспрессном выявлении и оконтуривании проблемных участков радио-

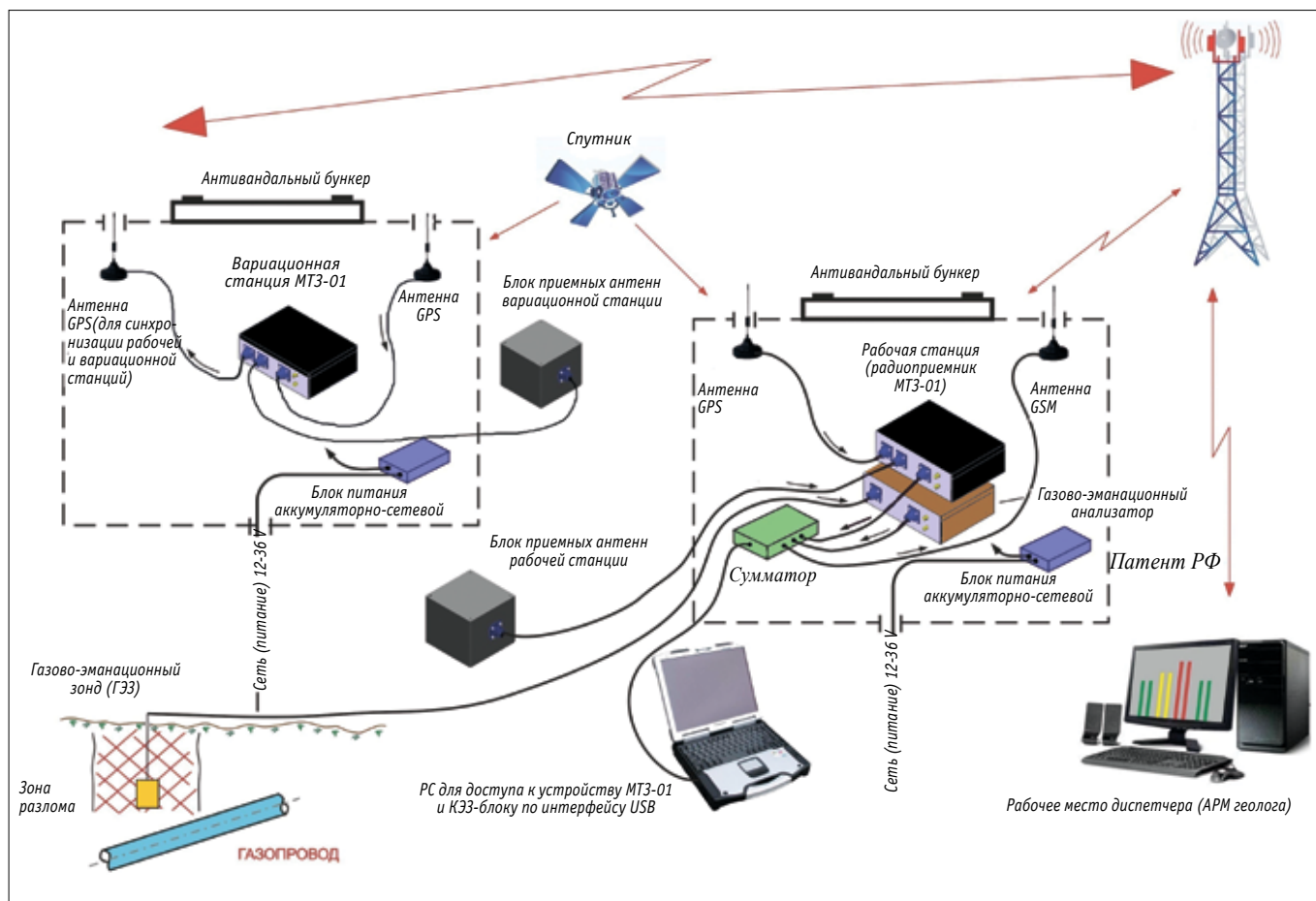


Рис. 5. Структурная схема локального наблюдательного пункта автоматизированной системы раннего оповещения опасных геологических процессов (АСК-ГП)



Фото 3. Монтаж автоматизированного газово-эманационного прибора на контрольном пункте сети мониторинга

волновой локацией (время одного замера – 30 сек) с последующей заверкой аномалий газово-эманационным способом (фото 3). Сказанное подтверж-

дает перспективность использования комплекса радиоволнового и геохимического методов для регионального и локального прогноза внезапных акти-

визаций ОГП, особенно на подводных переходах, аналогичных объекту на р. Каме. Результаты применения такого комплекса приведены на рисунке 4, где показана карта оползневой опасности на правом берегу р. Камы, по данным РПЗ (красные участки) с выборочной заверкой геодинимических зон газово-эманационным способом (оранжевая штриховка).

Нами подготовлен проект комплексной автоматизированной системы (АСК-ГП) мониторинга НДС-грунтов, опасных геологических процессов, которая может лечь в основу модернизации действующей уже системы на р. Каме (рис. 5). Кроме приборов МТЗ-01, фиксирующих электромагнитное (радиоволновое) поле Земли, система снабжена газово-эманационными приборами, контролирующими геохимическое состояние грунтов в периоды начала активной фазы ОГП.

При выборе и обосновании оборудования основное внимание было уде-



**Фото 4. Комплекс технических средств автоматизированной системы раннего оповещения опасных геологических процессов (АСК-ГП):**

1. Радиоволновой зонд МТЗ-01
2. Газово-эманационный блок (Rn, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, He, H<sub>2</sub>)
3. Метеостанция (осадки), датчики влажности почвы
4. Солнечная батарея
5. Антивандальный бункер
6. Сервер диспетчера

лено надежности его работы в автоматическом режиме, бесперебойному питанию (кабельное сетевое, аккумуляторное, от солнечных батарей), каналам диспетчерской связи и простоте визуализации спокойной, а также тревожной информации (режим «светофора»).

Полный комплект оборудования для локального контрольного пункта системы мониторинга приведен на фото 4.

В заключение отметим, что эта система впервые в мировой практике организуется сейчас на оползневых проблемных участках газопровода «с. Дзуарикау – г. Цхинвал».

Предлагаемая технология, на наш взгляд, дает реальные шансы своевременно получить надежную прогнозную информацию об активизации ОГП и успеть своевременно принять взвешенные управленческие решения, существенно снизить техногенные риски при эксплуатации объектов ГТС в сложных геодинамических условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. – М.: Недра, 1972.
2. Terzaghi K. Soil Mechanics in engineering practice. – New York, 1948.
3. Дранников А.М. Особенности строительства в оползневой зоне. – Киев: Изд-во Академ. стр-ва УССР, 1964.
4. Задегидолова М.М. и др. К вопросу о применении геофизических и геохимических методов для прогноза выбросообразных зон в Донецком бассейне. Сб. докладов конференции к 250-летию Донбасса. – Лисичанск, 1971.
5. Селюков Е.И. Краткие очерки практической микрогеодинамики. – Изд-во «Питер», 2010.

#### Diagnosis

M.M. Zaderigolova, PhD in Technical Sciences, Chief Specialist, GEOTEK LLC, e-mail: mail@eitec-eco.ru

#### Decrease in technological hazards on underwater transitions of the gas pipeline with dangerous geodynamical processes

*It is proposed to perform survey works and monitoring of the hazardous geological processes (landslides, karst, holes, faults) along the Gazprom's gas pipeline routes using hi-tech technologies based on the radiowave method. Highly efficient automated geodynamical safety methods have already been implemented at several problem areas of the main gas pipeline routes of a number of Gazprom's subsidiaries.*

**Keywords:** hazardous geological processes, geodynamical safety, landslides, karst, holes, faults, radiowave method.

#### References:

1. Yemelyanova Ye.P. Osnovnye zakonomernosti opolznevykh protsessov (Principal Regularities of Soil Slips). – М.: Nedra, 1972.
2. Terzaghi K. Soil Mechanics in engineering practice. – New York, 1948.
3. Drannikov A.M. Osobennosti stroitel'stva v opolznevoi zone (Peculiarities of Construction in Earth Slide Areas). – Kyiv: USSR Academic Construction Publishing House, 1964.
4. Zaderigolova M.M. et al. K voprosu o primenenii geofizicheskikh i geokhimicheskikh metodov dlya prognoza vybrosobraznykh zon v Donetskoy basseine (To the Problem of Geophysical and Geochemical Methods Application for Outburst Zones Prediction in the Donets Basin). Collection of reports to the conference dedicated to 250th anniversary of the Donets Basin. – Lysychansk, 1971.
5. Selyukov Ye.I. Kratkie ocherki prakticheskoi mikrogeodinamiki (Profiles of Practical Microgeodynamics). – Piter Publishing House, 2010.

**СТАЦИОНАРНЫЕ И МОБИЛЬНЫЕ СКЛАДЫ ЦЕМЕНТА:**

- стационарные склады (напорные и безнапорные) любого объема
- мобильный склад ЗЦМ (адаптирован для перевозки вертолетной техникой)
- мобильные склады ЦТ-40
- мобильные комплексы МК
- цементовозы ЦТ-25
- автоцементовоз АЦТ-17

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА СКВАЖИН**

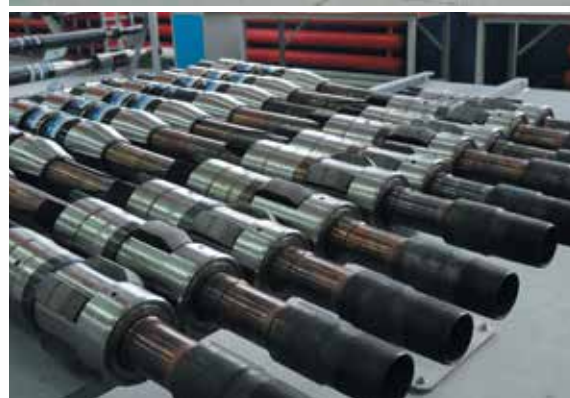
- технологические емкости ПТЕ
- вертикальные и горизонтальные гелевые емкости ВГЕ, ГГЕ
- бункеры для проппанта ПБ
- емкости долива ЕДК
- очистительные емкости ОЕК
- инструментальные мастерские с емкостью долива ПМД
- установка ПОТОК-40
- установки для намотки и размотки кабеля УНРК-2000

**ЕМКОСТИ И РЕЗЕРВУАРЫ:**

- емкости ЕП, ЕПП
- резервуары РГС, РГСТ, РГД

**ВНУТРИСКВАЖИННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ:**

- пакеры механические 2ПОМ, 4ПОМ, 5ПОМ и их модификации, 3ПОМ-Ф, 3ПОМ-У, 3ПОМ-П
- пакеры гидравлические 2ПД-ЯГ-2М
- якоря гидравлические 2ЯГМ
- клапаны циркуляционные КЦ
- устройства для очистки забоя скважины УОЗС
- клапаны обратные КО
- разъединители колонны РК



625511, Россия, Тюменская обл.,  
Тюменский район, 15-й км Тобольского тракта  
Тел./Факс: (3452) 762-319, 762-305, 762-306  
marketing@sibneftemash.ru  
www.sibneftemash.ru www.grouphms.ru