

<p>СОГЛАСОВАНО</p> <p>Директор ИПНГ СО РАН</p> <p>Чл.-корр. РАН _____ А.Ф. Сафронов</p> <p>«__» _____ 2014 г.</p> <p>М.П.</p>	<p>УТВЕРЖДАЮ</p> <p>Директор ООО «Арктик Инжиниринг»</p> <p>_____ Т.Г. Цырендашиева</p> <p>«__» _____ 2014г.</p> <p>М.П.</p>
---	--

**Отчет
(аннотационный)**

по договору №1/13/ЗТМ от 27 октября 2013 г.
 На НИР «Анализ перспективных полимерных и эластомерных материалов с
 повышенными техническими характеристиками»

Исполнитель:

Институт проблем нефти и газа СО РАН
 Зав.лаб., д.т.н. _____ М.Д. Соколова

М.П.

Якутск 2014

Состав исполнителей:

1. Соколова Марина Дмитриевна – зав. лаб. материаловедения, д.т.н., руководитель
2. Петрова Павлина Николаевна – в.н.с. лаборатории материаловедения, к.т.н., ответственный исполнитель
3. Давыдова Мария Ларионовна - с.н.с. лаборатории материаловедения, к.т.н., исполнитель
4. Гоголева Ольга Владимировна – н.с. лаборатории материаловедения, к.т.н., исполнитель
5. Аргунова Анастасия Гавриловна – н.с. лаб. материаловедения, к.т.н., исполнитель
6. Федоров Андрей Леонидович – н.с. лаб. материаловедения, к.т.н., исполнитель
7. Шадрин Николай Викторович – н.с. лаб. материаловедения, к.т.н., исполнитель
8. Васильев Спиридон Васильевич – м.н.с. лаб. материаловедения, исполнитель
9. Майер Андрей Федорович – аспирант, исполнитель

Адрес организации-исполнителя: 677007, г. Якутск, ул. Автодорожная, 20,
8(4112)357293, 357916, факс 8(4112)357333,
электронные адреса контактных лиц:
Соколова Марина Дмитриевна – marsokol@mail.ru
Петрова Павлина Николаевна – ppavlina@yandex.ru

Целью работы является анализ перспективных полимерных и эластомерных материалов с целью оценки возможности их применения в узлах вездеходов «Терраника» для повышения их эксплуатационных характеристик в экстремальных климатических условиях.

Выполненный этап:

1. Исследование физико-механических свойств (прочности, эластичности, ударопрочности, сопротивления раздиру, износо- и морозостойкости) порошков СВМПЭ марки GUR 4150 и изделий из него, а также резиновых деталей, представленных фирмой «Терраника».

1. Исследование физико-механических свойств (прочности, эластичности, ударопрочности, сопротивления раздиру, износо- и морозостойкости) порошков СВМПЭ марки GUR 4150 и изделий из него, представленных фирмой «Терраника»

Среди полимерных материалов, создаваемых на основе полиолефинов, большое внимание технологов привлекает сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) и материалы на его основе, обладающие высокими морозостойкостью, ударной прочностью, химической стойкостью и износостойкостью, а также низким коэффициентом трения. У подшипников из таких материалов отсутствуют явления схватывания и заедания, поэтому даже после длительного бездействия пусковой момент трения незначительно увеличивается, что важно при эксплуатации техники в условиях Севера.

Образцы для исследований эксплуатационных характеристик СВМПЭ получали методом горячего прессования при 10 МПа, 175°С с предварительной подпрессовкой при 3 МПа, для удаления воздуха. Образцы из изделий СВМПЭ марки GUR 4150, представленных фирмой «Терраника» выпиливали (распиливали) по требованиям ГОСТ.

Физико-механические (относительное удлинение при растяжении, предел прочности при разрыве) исследования проводили на испытательной машине Shimadzu AGS-J по ГОСТ 11262-80 при комнатной температуре (количество образцов на одно испытание - 5).

Триботехнические характеристики (коэффициент трения, скорость линейного и массового изнашивания ПКМ) определяли по ГОСТ 26614-85 на машине для испытания материалов на трение и износ SETR (схема "палец-диск", контртело - сталь с твердостью 45-50 HRC и шероховатостью Ra=0,06-0,07 мкм, нагрузка – 150 Н, скорость скольжения – 200 об/мин, время испытания – 3ч). Сопротивление абразивному изнашиванию определяли на машине трения МИ-2 в соответствии с ГОСТ 426-77 при нагрузке 26 Н и скорости скольжения вала 17 м/мин в течение 30 мин. Использовали абразив Р 600.

Определение ударопрочности (ударной вязкости по Изоду) определяли на маятниковом копре GT-7045-НМН (L) по ГОСТ 19109-84 при скорости маятника в момент удара 3,5 м/с и энергии удара маятника 5 Дж. Ударную вязкость по Шарпи определяли на копре Амслер RKP450 при максимальной энергии удара маятника 300 Дж и скорости маятника в момент удара 5 м/с по ГОСТ 9454-78. Ударная вязкость – характеризует ударную прочность, т.е. сопротивление ударным нагрузкам - способность материала сопротивляться разрушению при приложении механической нагрузки с высокой скоростью.

В табл.1 приведены результаты исследования эксплуатационных характеристик GUR 4150 порошка и изделия, представленных фирмой «Терраника». Для сравнения приведены свойства СВМПЭ производства Томского нефтехимического комбината (ТНХК).

Таблица 1

Эксплуатационные характеристики образцов из СВМПЭ марки GUR 4150 из порошка и изделия, представленных фирмой «Терраника»

Свойства	Метод испытания	GUR 4150(порошок)	GUR 4150 (заготовка)	СВМПЭ производства ТНХК
Плотность, кг/м ³	ГОСТ 15139-69	922,3	930,0	926
Относительное удлинение, %	ГОСТ 11262-80	310-325	290-300	250-270
Предел прочности, МПа	ГОСТ 11262-80	39-40	43-44	30-31
Модуль упругости, МПа	ГОСТ 11262-80	630-650	750-760	800-810
Износостойкость, мг/ч	ГОСТ 26614-85	0,05	-	0,86
Сопротивление абразивному истиранию при скольжении, мм ³ /мин	ГОСТ 426-77	0,68	0,28	0,78
Ударная вязкость на образцах с надрезом, кДж/м ²	ГОСТ 19109-84	Не разрушается	Не разрушается	-
	ГОСТ 9454-78	122,89	121,19	51,95

Показано, что физико-механические характеристики (относительное удлинение, предел прочности) СВМПЭ марки GUR 4150 как изделий, так и образцов, полученных из порошка, превосходят характеристики СВМПЭ производства Томского нефтехимического комбината СВМПЭ на 30-45%.

Установлено, что СВМПЭ марки GUR 4150 обладает высокими физико-механическими показателями, которые необходимы для деталей узлов трения, работающих при высоких давлениях и скоростях скольжения.

На основании результатов трибологических испытаний установлено, что образцы СВМПЭ марки GUR 4150 обладают достаточно стабильными трибологическими свойствами в условиях исследованных нагрузок и скоростей, что объясняется в основном образованием на поверхностях трения пленок фрикционного переноса. Износостойкость СВМПЭ марки GUR 4150 превосходит износостойкость СВМПЭ производства ТНХК на 15%.

Результаты испытания образцов на ударную прочность показали, что СВМПЭ марки GUR 4150 не разрушается при условиях испытаний ГОСТ 19109-84, т.е. при скорости маятника в момент удара 3,5 м/с и энергии удара маятника 5 Дж (условия испытаний полимерных композиционных материалов). Ударная прочность СВМПЭ марки GUR 4150 выше в 2,4 раза по сравнению с томским СВМПЭ (условия испытаний металлических образцов).

Таким образом, установлено, что СВМПЭ марки GUR 4150, представленные фирмой «Терраника» обладает повышенной жесткостью, ударной прочностью и повышенным сопротивлением к абразивному воздействию (высокой износостойкостью). Перечисленные свойства позволяют рекомендовать применение СВМПЭ марки GUR 4150 в механизмах подверженных высокой степени истирания, например для изготовления рычагов подвески, опорных катков, осей качения подшипников скольжения, и других деталей подвески, для обеспечения этим деталям длительной износостойкости и ударопрочности, высокой теплоустойчивости, низкого веса, стойкости к агрессивным средам и не подверженность коррозии, что важно при эксплуатации вездеходов на воде.

2. Исследование резиновых деталей, представленных фирмой «Терраника»

Качественный состав резинового трака, представленного фирмой «Терраника» определяли методом ИК-спектроскопии на приборе Varian 7000 FT-IR с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения. Для идентификации резиновой основы вышеуказанным методом был вырезан образец трака, и произведена тщательная его пробоподготовка с получением продуктов пиролиза (пиролизаты) из образца резинового изделия.

Износостойкость резинового изделия (трака) определяли по ГОСТ 426-77, твердость по ГОСТ 263-75.

Условия эксплуатации в значительной мере определяют выбор типа полимера для протекторных резин шин различного назначения, а также траков. В протекторных резинах автомобильных шин используются следующие синтетические каучуки:

- изопреновый (СКИ),

- бутадиеновый (СКД),
- бутадиен-стирольный (БСК),
- дивинилметилстирольные (СКМС),
- этиленпропи-лендиеновые (СКЭПТ),
- хлоропреновый каучук (наи-рит),
- хлорсульфированный полиэтилен (ХСПЭ, или Хайполон) и
- уретановые (СКУ).

Однако, в целях использования ценных свойств, присущих определенным типам полимеров, в рецептуре резин широко используются комбинации каучуков, позволяющие не только компенсировать недостатки того или иного полимера, но и в ряде случаев обеспечить более высокие свойства, чем у резин с применением индивидуальных полимеров.

На рис. 1 представлен ИК-спектр пиролизата исследуемого образца резинового трака.

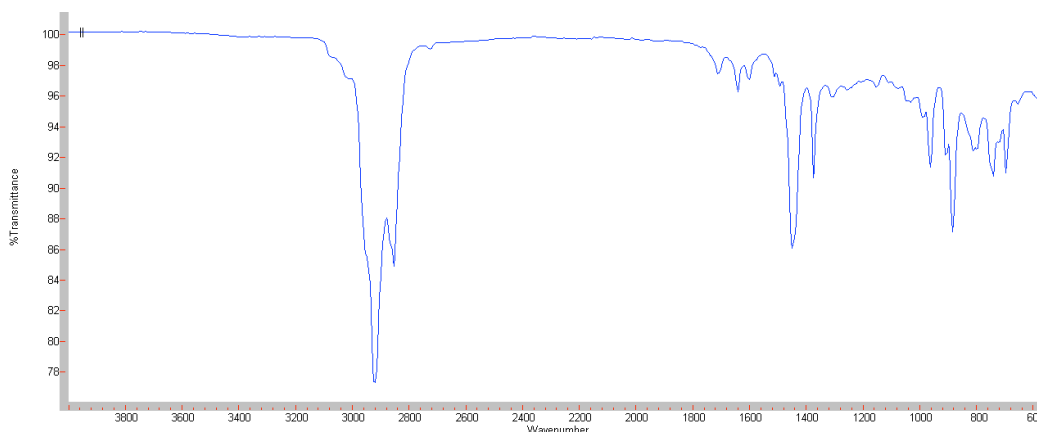
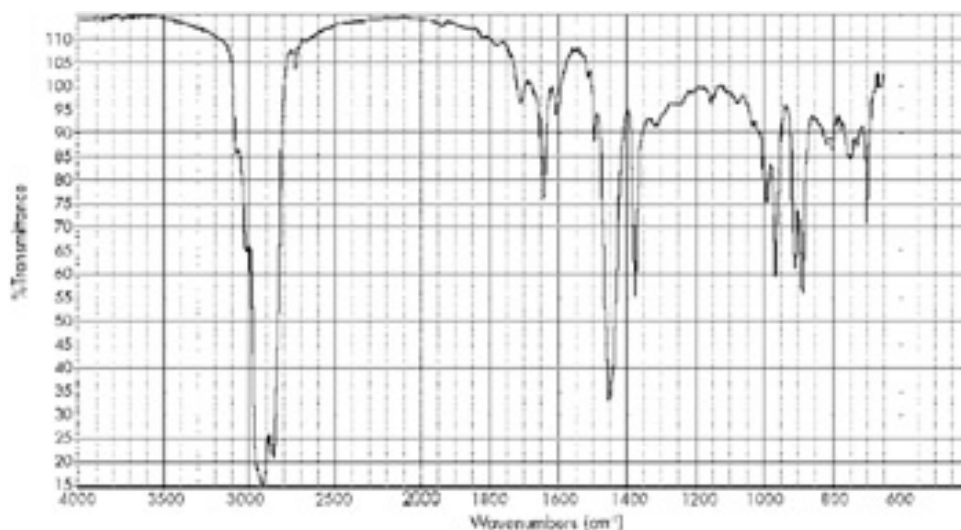
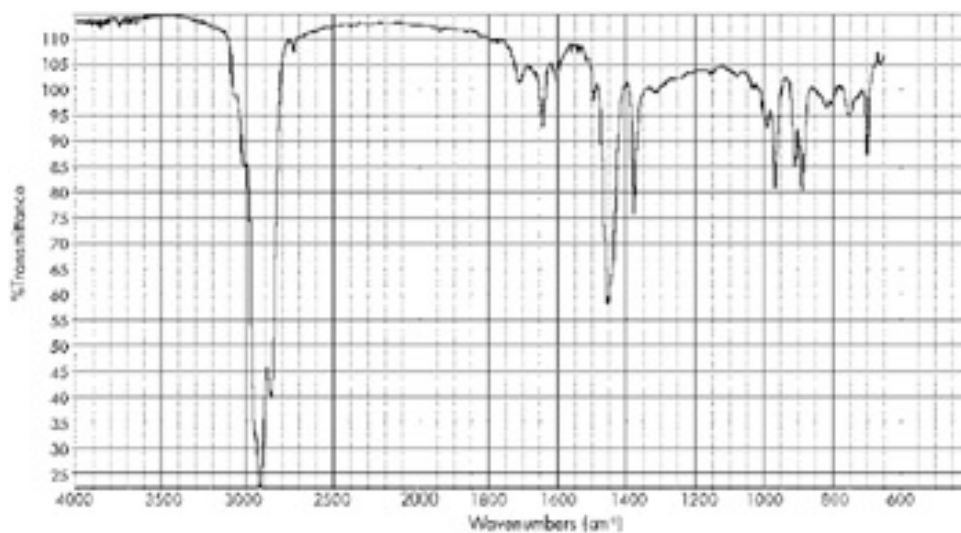


Рис. 1 ИК-спектр пиролизата резинового трака

Сравнение полученного ИК-спектра со спектрами в библиотеке спектров (<http://www.globalspec.com/reference/50761/203279/rp18-01-fluoroelastomer-kalrez-rp20-10-natural-rubber-styrene-butadiene-rubber-blend-90-10>) показало идентичность расположения пиков ИК-спектра исследуемого образца с пиками ИК-спектров, представленных на рис. 2 *а* и *б*, которые представляют собой спектры смеси натурального, бутадиенового и бутадиен-стирольного каучуков с разным соотношением каучуков. Существует различие в соотношениях интенсивностей пиков, что зависит от соотношения этих каучуков в резине.



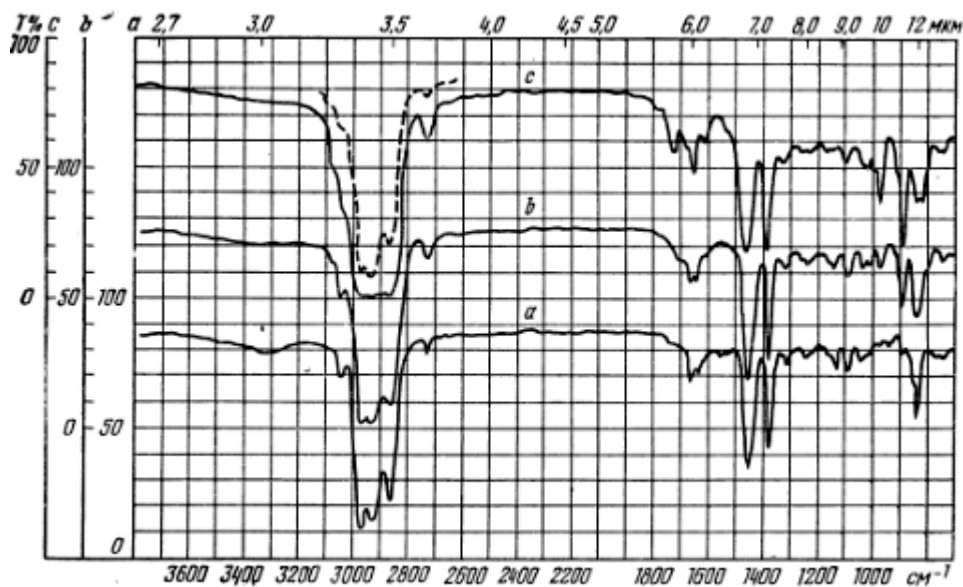
а - смесь натурального каучука, бутадиенового каучука и бутадиен-стирольного каучука (50:40:20)



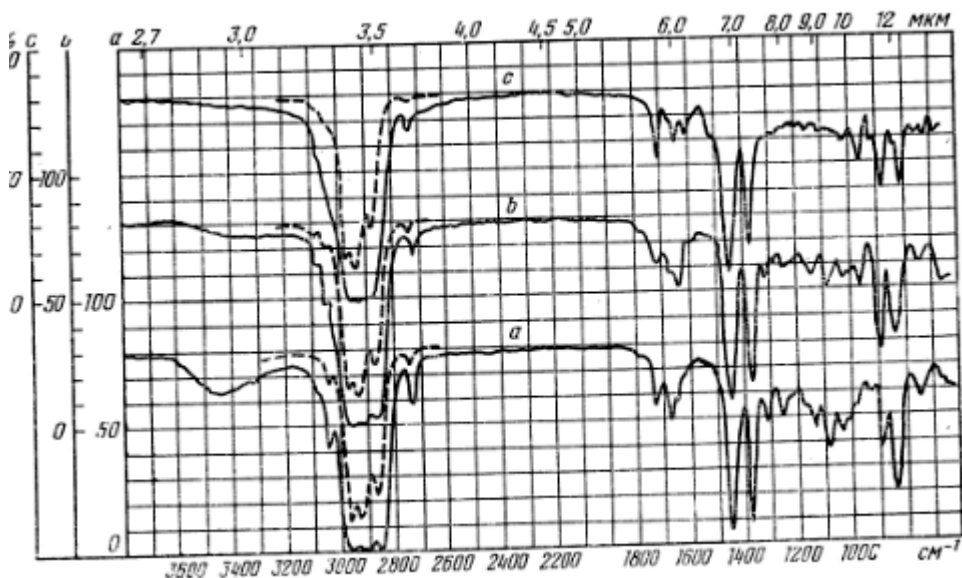
б - смесь натурального каучука, бутадиенового каучука и бутадиен-стирольного каучука (50:30:20).

Рис. 2 Сравнительный ИК-спектр: а) смеси натурального каучука, бутадиенового каучука и бутадиен-стирольного каучука (50:40:20); б) смеси натурального каучука, бутадиенового каучука и бутадиен-стирольного каучука (50:30:20).

Однако, представленные ИК-спектры получены из зарубежной базы данных, поэтому можно предположить, что резиновый трак, предоставленный фирмой «Терраника», состоит из смеси изопренового, бутадиенового и бутадиен-стирольного каучуков. Дело в том, что в области рецептуростроения в отечественных протекторных резинах используют синтетический изопреновый каучук, в то время как зарубежные фирмы используют для этих целей натуральный каучук. Представленные ИК-спектры натурального и изопренового каучуков (рис. 3) показывают идентичность в расположении их пиков.



а - натуральный каучук



б - изопреновый каучук

Рис. 3 ИК-спектры пиролизатов

Таким образом, резиновый трак, представленный фирмой «Терраника» изготовлен на основе смеси каучуков - изопренового каучука, бутадиенового каучука и бутадиен-стирольного каучука. О соотношении каучуков четкую оценку дать сложно, по причине отсутствия в атласе спектров для других соотношений этой смеси.

В таблице 2 представлены результаты исследования износостойкости и твердости образцов резинового трака. Для сравнения свойств резины трака в таблице также приведены данные резины В-14 на основе бутадиен-нитрильного каучука и резин на основе СКИ-3 и СКД (Пичугин А.М. Материаловедческие аспекты создания шин. - Научное издание: Москва, 2008. - 383 с.).

Таблица 2

Результаты исследования износостойкости и твердости образцов из резинового трака

Свойства	Метод испытания	Образец трака	В-14	Резина на основе СКИ-3+СКД+БСК 50:30:20	СКИ-3	СКД
Объемный износ, см ³	ГОСТ 426-77	0,072	0,21	-	-	-
Массовый износ, гр	ГОСТ 426-77	0,081	-	-	-	-
Твердость по Шору	ГОСТ 263-75	60-63	76	64	63	60

Показано, что резина трака на основе смесей каучуков характеризуется низкими значениями объемного и массового износа, что говорит о высокой ее износостойкости. Показано, что износостойкость резины трака в 3 раза лучше по сравнению с износостойкостью резины В-14 на основе бутадиен-нитрильного каучука. Твердость резины трака сопоставима с твердостью резин на основе СКИ-3 и СКД, однако несколько уступает твердости резины на основе смеси каучуков (СКИ-3+СКД+БСК), что можно объяснить различием соотношения компонентов каучуков в резине трака.

Таким образом, резиновый трак, представленный фирмой «Терраника» изготовлен из смеси каучуков – изопренового, бутадиенового и бутадиен-стирольного. Обладает высокой износостойкостью и достаточной твердостью.