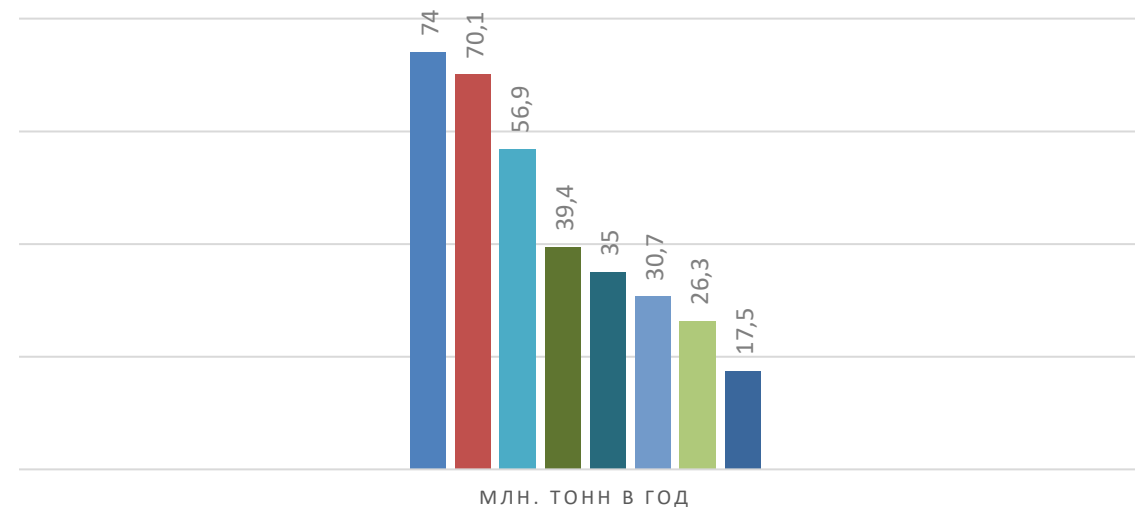


**Использование отходов
полиэтилена, загрязнённого
нефтепродуктами, в
производстве асфальтобетона**

- Ежегодно в мире образуется около 291 миллионов тонн пластика (по данным ЮНЕП, 2019 г.), большую часть которого составляют полипропилен и полиэтилен.
- Ежегодное производство в РФ тары из полиэтилена низкого давления (ПНД), используемой для временного хранения и транспортировки нефтепродуктов (моторного масла), других смазочных материалов по данным Росстата составляет около 500 млн. штук (2020 г.).
- Основные методы утилизации: захоронение, сжигание, пиролиз, рециклинг.

ЦЕЛЬ: поиск путей утилизации тары ПНД в составе асфальтобетонов без ухудшения физ.-мех. характеристик с дальнейшим снижением техногенной нагрузки на ОС.



Объемы ежегодного образования различных видов пластиков в мире



Объемно-массовая характеристика тары

Показатель	Тара				
	1	4	10	20	30
Вместимость, дм ³	1	4	10	20	30
Длина, мм	80	241	233	272	285
Ширина, мм	83	102	185	272	280
Высота, мм	220	306	308	371	527
Площадь внутренней поверхности тары, мм ²	85·10 ³	259·10 ³	343·10 ³	552·10 ³	755·10 ³
Масса пустой тары, г	70	240	460	805	1100



Тара из ПНД используемая для моторного масла

Моторные масла
80w-90
15w-40
5w-40

Измельченная тара из ПНД





Расчетная величина толщины слоя масла (мм), при +20 °С

Масло	Кинематическая вязкость при +40 °С, (Сст)	Угол наклона 60°	Угол наклона 90°
80w-90	144	0,090	0,072
15w-40	106	0,065	0,034
5w-40	79	0,045	0,022

Расчетная величина толщины слоя масла (мм), при +40 °С

Масло	Кинематическая вязкость, при +20 °С, (Сст)	Угол наклона 60°	Угол наклона 90°
80w-90	280	0,125	0,093
15w-40	168	0,095	0,055
5w-40	115	0,068	0,038

Условия проведения эксперимента:

Температура – 20 °С, 40 °С;

Угол стекания масла - от 60 до 90 ° к горизонту;
Количество повторностей - 6 (для каждого объема;

Кинематическую вязкость масел при температурах +20 °С и +40 °С определяли с помощью вискозиметра;

Толщину слоя масла (h) рассчитали по формуле:

$$h=V/S,$$

где

V – заданный объем масла (0,5 дм³),

S – площадь, которую занял данный объём при стекании по наклонной поверхности

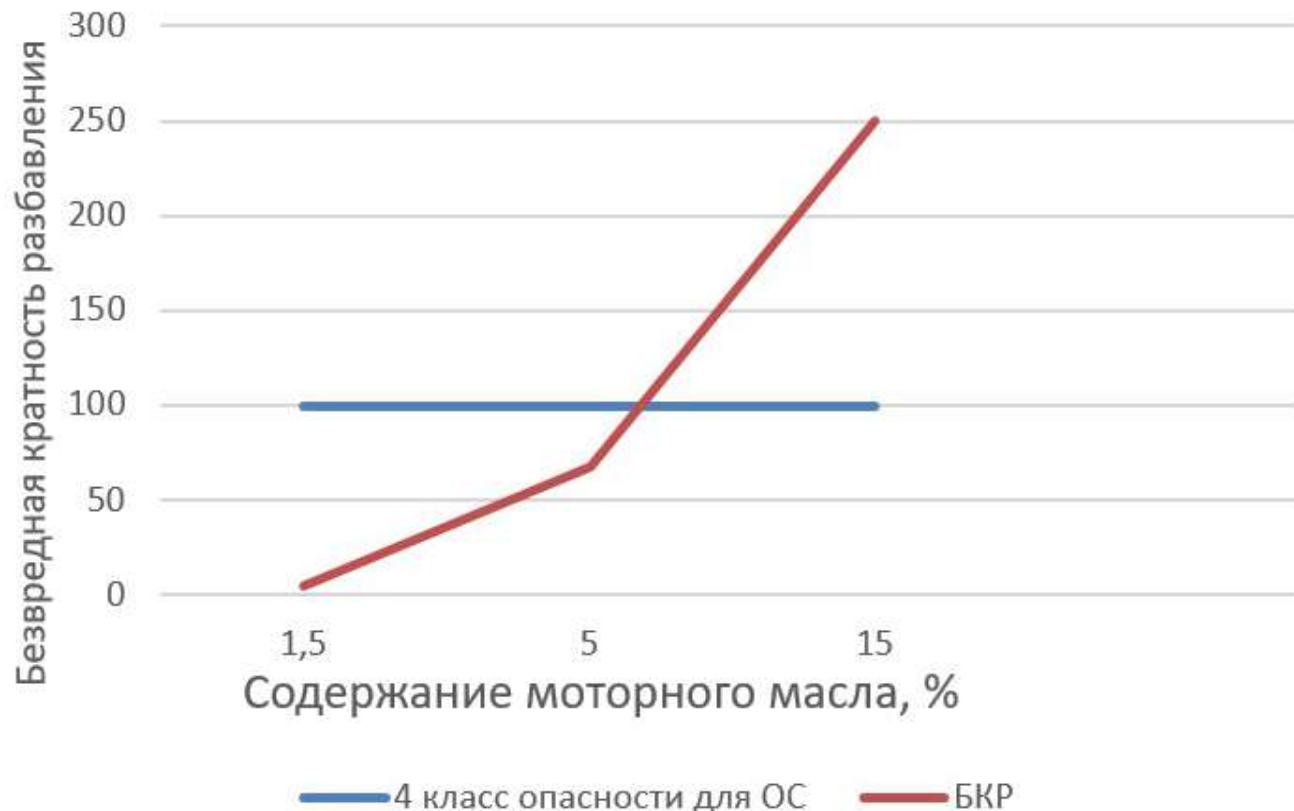




Объем моторного масла в таре после опорожнения

Показатель	Тара				
	1	4	10	20	30
Объем, дм ³	1	4	10	20	30
Масса пустой тары, г	70	240	460	805	1100
Количество тары в 1000 кг, шт.	14285	4166	2174	1242	909
Объем моторного масла в таре после опорожнения при +20°С, при угле 60° (на 1000кг тары), %	15,1	13,3	9,3	8,5	8,5
Объем моторного масла в таре после опорожнения при +40°С, при угле 90° (на 1000 кг тары), %	2,7	2,4	1,6	1,5	1,5





Зависимость БКР от процентного содержания моторного масла

Неизмельченная тара, содержащая моторное масло, имеет 4 класс опасности для ОС.

Измельченная тара при содержании моторного масла до 7,5 % имеет IV класс опасности для ОС, при увеличении содержания моторного масла возрастает безвредная кратность разбавления, что приведет к повышению класса опасности (до III).

Это указывает на то что измельченная тара обладает большей опасностью для геосферных оболочек Земли.





Условия проведения эксперимента:

Синхронный термический анализ
проводится на установке STA449 Jupiter.

Начальная температура	35°C
Динамический сегмент нагрева	1000°C
Скорость нагрева	10град/мин
Скорость газового потока в печи	40мл/мин (воздух)
Материал тигеля	корунд

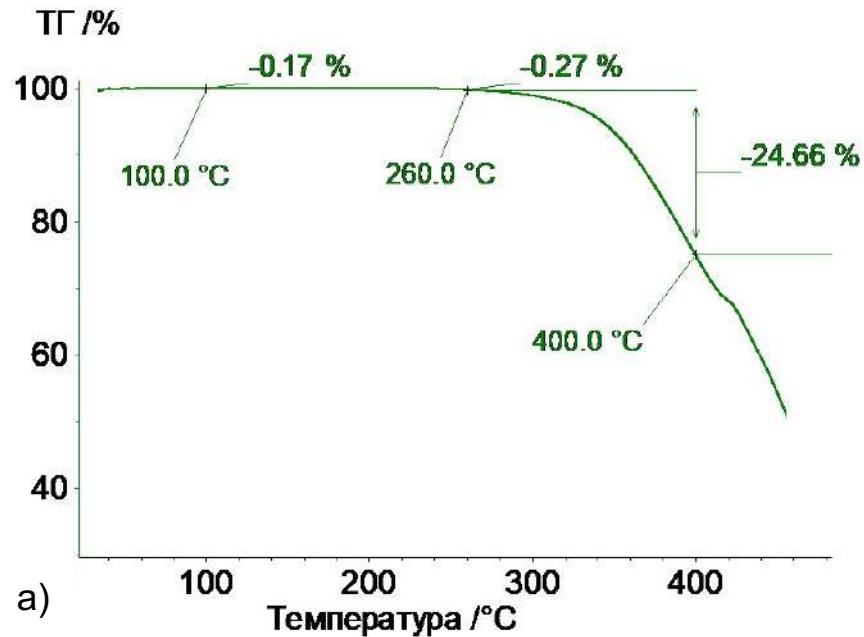


Установка STA449 Jupiter

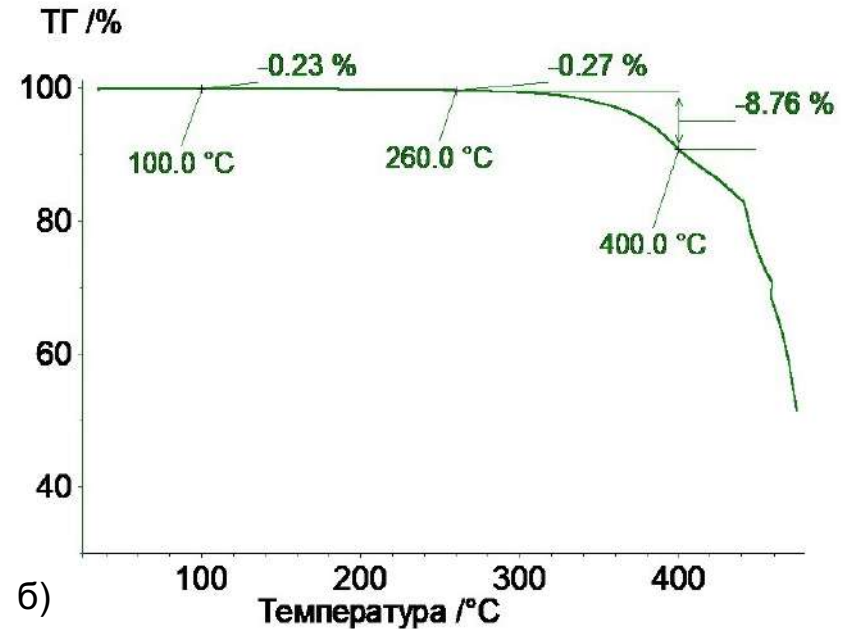




Фрагменты термограмм: а) битума, б) смеси битума с ПНД



1. в интервале температур 35-260 °C образец практически стабилен, потеря массы составляет 1,91 %;
2. в интервале температур 260-400 °C начинается окисление образца с потерей 24,66 % массы;

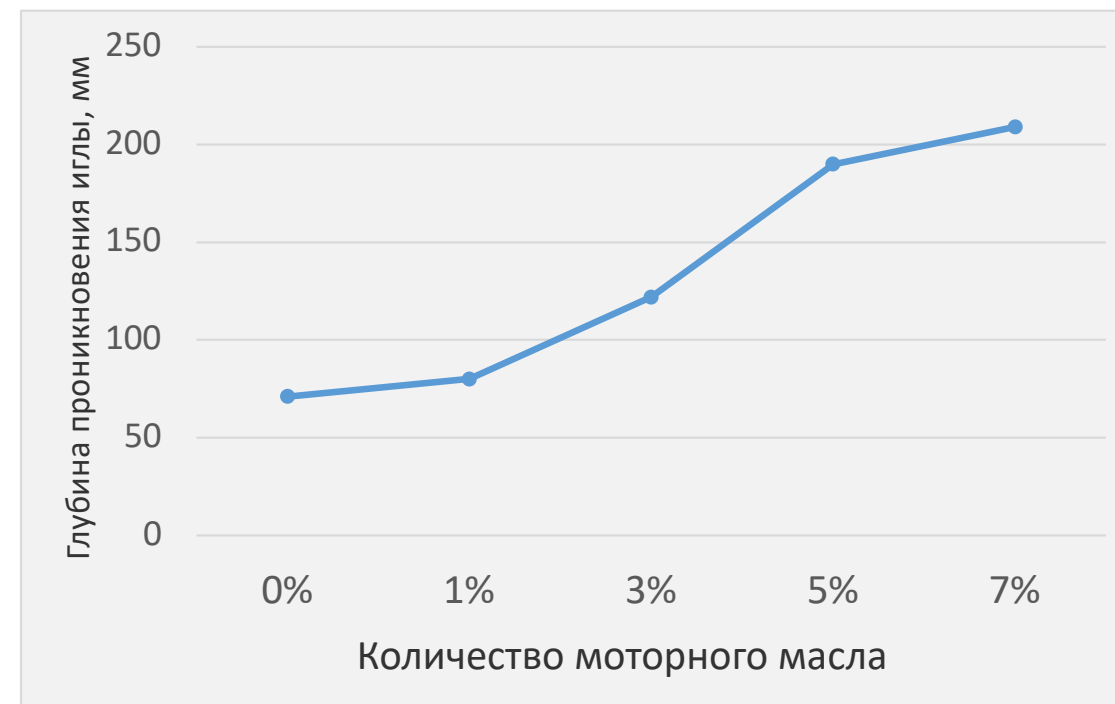


1. в интервале температур 35-260 °C образец практически стабилен, потеря массы составляет 0,17 %;
2. в интервале температур 276-417 °C начинается окисление образца с потерей 8,76 % массы



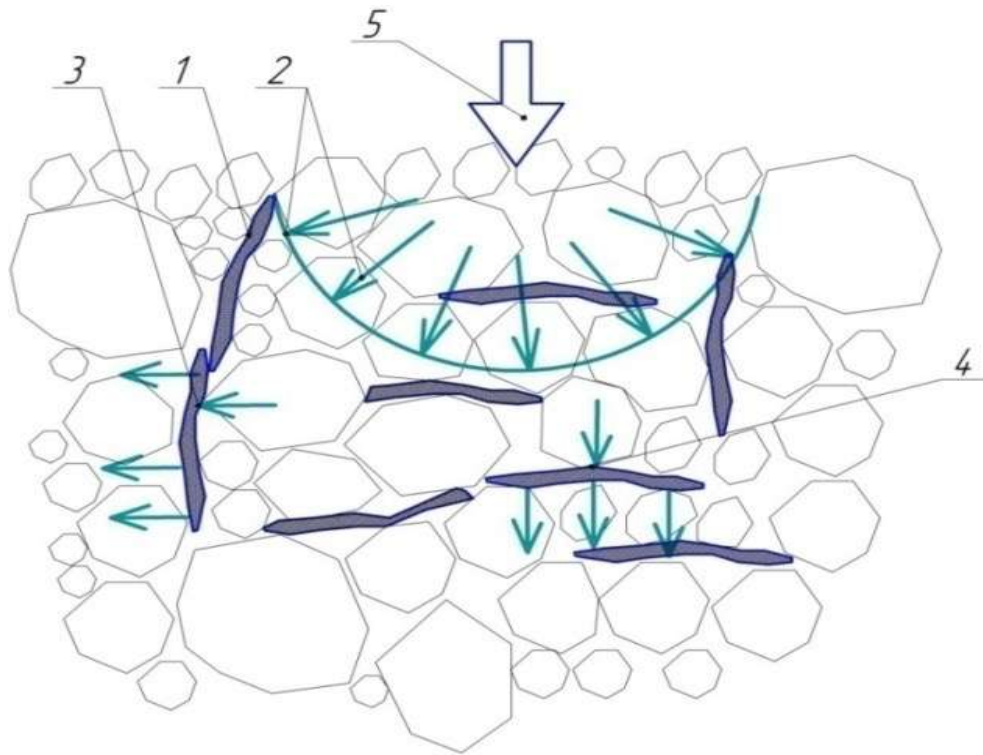
Физико-механические свойства исходного битума (БНД 70/100) и с различным содержанием моторного масла 5w-30

№ п/п	Наименование показателей (ГОСТ 33133-2014)	Фактические результаты				
		Содержание моторного масла, %				
		0	1	3	5	7
1.	Глубина проникания иглы (пенетрация), 0,1 мм, при температуре 0°C	29,0	30,7	35,3	41,0	45,0
2.	Глубина проникания иглы (пенетрация), 0,1 мм, при температуре 25 °C	73	79,2	109	188	207
3.	Температура размягчения по кольцу и шару (КИШ), °C	52	51	51	50	50
4.	Растяжимость (дуктильность), см, при 25 °C	115	137	134	128	127
5.	Температура хрупкости по Фраасу, °C	-27	-27	-27	-27	-28
6.	Динамическая вязкость при 60 °C, Па·с (м ² /с)	138	115	82,0	70,5	62,0
7.	Соответствие показателям битума	БНД 70/100			БНД 130/200; 200/300	



Изменение глубины проникновения иглы в битум при различном добавлении моторного масла





Перераспределение действия сил в структуре АБ: 1 – ПНД, 2 – Распределение сил в структуре асфальтобетона при действии вертикальной внешней силы, 3 – распределения боковых сил через ПНД, 4 – распределение вертикальных сил через ПНД, 5- внешняя сила от воздействия колес автотранспорта на асфальтобетон.



Частицы ПНД после экстрагирования





Показатели	Требования ГОСТ 9128	Без ПНД	ПНД 5%	ПНД 17,5 %	ПНД 30 %
Пористость минеральной части, %	14-19	15,39	15,4	14,5	13,1
Средняя плотность, г/см ³	-	2,55	2,47	2,45	2,43
Остаточная пористость, %	2,5-5,0	3,57	3,2	3,01	2,02
Трещиностойкость (при расколе)	3,0-6,5	5,01	5,08	5,15	5,18
Водонасыщение, %	1,5-4,0	1,88	1,55	1,38	1,19
Сдвигоустойчивость по: коэф. внутрен. трения	>0,81	0,91	0,91	0,93	0,92
Сдвигоустойчивость по сцеплению	>0,35	0,38	0,38	0,40	0,39
Водостойкость,	>0,85	0,90	0,96	0,98	0,96
Предел прочности (МПа):					
R сж. при 20°C,	>2,20	3,75	4,38	4,26	3,56
R сж. при 50°C,	>1,00	1,47	1,31	1,45	1,34
R сж. при 0°C.	<12,00	9,93	9,80	8,53	8,26



Содержание нефтепродуктов в водной среде, мг/дм³

Образец	10 суток	20 суток	30 суток	60 суток	ПДК*
Асфальтобетон без ПНД, рН=6,9	<0,02	0,04	0,05	0,05	0,3
Асфальтобетон с ПНД, рН=6,9	<0,03	0,05	0,06	0,06	
Асфальтобетон без ПНД, рН=4,8	<0,03	0,06	0,08	0,08	
Асфальтобетон с ПНД, рН=4,8	<0,04	0,07	0,09	0,09	

ПДК* для нефтепродуктов (СанПиН 1.2.3685-21) и ПДК качества воды водных объектов рыбохозяйственного назначения



- ПНД загрязненный моторным маслом используется в структуре асфальтобетона в качестве комплексного модификатора, который позволяет повысить физико-механические показатели асфальтобетона и снизить эмиссию углеводородов битума в атмосферный воздух.
- Разработанный способ утилизации отходов тары из ПНД, загрязненной моторным маслом, позволяет: вовлечь отходы в ресурсный цикл производства геоэкологически устойчивого, способного к рециркулированию продукта; реализовать ресурсосберегающую технологию производства асфальтобетона, отвечающую принципам экономики замкнутого цикла; снизить техногенное воздействие на ОС за счет снижения формирования вторичного потока загрязняющих веществ.
- Приступить к исследованиям реологических свойств битума после модификации продуктами полиэтиленов низкого давления. Выполнить расчет углеродного следа для полного жизненного цикла от производства тары ПНД до вторичного использования RAP, в составе которого предполагается использовать тару ПНД.





пермский
политех

ПРИШЛО ВРЕМЯ ОТВЕТИТЬ НА ВОПРОСЫ

**Пугин Константин Георгиевич, д.т.н., профессор Пермский ГАТУ,
123zzz@rambler.ru, +79128829188**

Салахова Вероника Константиновна, к.т.н.

**Тюрюханов Кирилл Юрьевич, к.т.н., доцент каф. «Автомобильные дороги и
мосты» ФГАОУ ВО ПНИПУ, г. Пермь, Turuchanov.k.u@list.ru**

Моб. тел. +7 (982) 490-50-02





**Объем моторного масла в таре после опорожнения,
при угле наклона 60 °, дм³**

Масло		Тара				
		1 дм ³	4 дм ³	10 дм ³	20 дм ³	30 дм ³
80w-90	+20 °C	10,6±0,8	32,4±2,5	42,9±3,4	69,0±5,5	94,4±7,5
	+40 °C	7,7±0,6	23,3±1,8	30,8±2,5	49,7±4,0	67,9±5,4
15w-40	+20 °C	8,1±0,6	24,6±1,8	32,6±2,5	52,4±4,1	71,7±5,7
	+40 °C	5,5±0,4	16,8±1,3	22,3±1,7	35,9±0,8	49,1±4,0
5w-40	+20 °C	5,8±0,4	17,6±1,3	23,3±1,7	37,5±2,9	51,3±4,0
	+40 °C	3,8±0,2	11,7±0,8	15,4±1,2	24,8±2,0	34,0±2,8

**Объем моторного масла в таре после опорожнения,
при угле наклона 90 °, дм³**

Масло		Тара				
		1 дм ³	4 дм ³	10 дм ³	20 дм ³	30 дм ³
80w-90	+20 °C	7,9±0,6	24,0±1,9	31,9±2,5	51,3±4,0	70,2±5,6
	+40 °C	6,1±0,5	18,6±1,4	24,7±2,0	39,7±3,2	54,4±4,3
15w-40	+20 °C	4,6±0,3	14,2±1,1	18,9±1,5	30,4±2,4	41,5±3,3
	+40 °C	2,8±0,2	8,8±0,7	11,7±0,9	18,8±1,5	25,7±2,0
10w-40	+20 °C	3,2±0,2	9,8±0,8	13,0±1,0	20,9±1,7	28,7±2,3
	+40 °C	1,9±0,1	5,7±0,4	7,5±0,6	12,1±0,9	16,6±1,3





Объем моторного масла в таре после опорожнения

Показатель	Тара				
	1	4	10	20	30
Объем, дм ³	1	4	10	20	30
Масса пустой тары, г	70	240	460	805	1100
Количество тары в 1000 кг, шт.	14285	4166	2174	1242	909
Объем моторного масла в таре после опорожнения при +20°С, при угле 60° (на 1000кг тары), дм ³ / %	151,4/15,1	133,3/13,3	93,3/9,3	85,7/8,5	85,8/8,5
Объем моторного масла в таре после опорожнения при +40°С, при угле 90° (на 1000 кг тары), дм ³ / %	27,1/2,7	23,7/2,4	16,3/1,6	15,0/1,5	15,1/1,5

