

**РАЗРАБОТКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ АНТИАДГЕЗИОННЫХ СМАЗОК ДЛЯ  
ОПАЛУБОК И ФОРМ С УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НА ОСНОВЕ  
ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ****В.В. Смирский, О.Е. Игнашева, Ю.Н. Луговик, Н.А. Вориводская, О.А. Ивашкевич***НИИ физико-химических проблем БГУ, Минск, Республика Беларусь,**УП «Унихимпром БГУ», Минск, Республика Беларусь**Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь***Введение**

В производстве железобетонных изделий различной конструкции применяют опалубки и формы, которые изготавливаются из дерева, металла, фанеры и стеклопластика. Опалубка, позволяющая придавать железобетонному изделию законченный вид, должна легко отделяться от бетонной поверхности, не загрязняя и не замасливая ее. Известно, что с поверхностями перечисленных материалов сцепление бетона может достигать величины нескольких кгс/см<sup>2</sup>, что будет затруднять распалубку конструкций, ухудшать качество бетонных поверхностей и приводить к преждевременному износу опалубочных щитов [1]. Для обеспечения высокого качества бетонных изделий на поверхности опалубок и форм наносят специальные антиадгезионные смазки. Смазки должны быть пожаробезопасными, однородными и устойчивыми при хранении, недефицитными и несложными по способам изготовления и нанесения, не вызывать коррозии бетона и материала опалубки, иметь соответствующую вязкость и хорошо удерживаться на вертикальных поверхностях форм, быть эффективными для различных конфигураций получаемых бетонных изделий.

Наиболее распространены гидрофобизирующие смазки на основе минеральных масел, эмульсола ЭКС или солей жирных кислот (мыл). Они формируют на поверхности опалубки гидрофобный слой, ухудшающий сцепление материала опалубки с бетоном. Недостатками таких смазок является то, что они оказывают определенное воздействие на поверхность бетона, могут ее загрязнять и замасливать, а также их высокая стоимость и эколого- и пожароопасность.

По результатам предварительного мониторинга потенциальными потребителями антиадгезионных смазок для производства монолитного бетона и железобетона в Беларуси являются более 70 крупных строительных организаций. В основном на этих предприятиях используют следующие смазки:

- ✓ «Эмульсол-ЭКС-А» ТУ 0258-049-23763315-2007, [Эмульсол «ЭКС-М»](#) ТУ 5893-010-23763315-00 (предназначены для приготовления водных эмульсий, применяемых для смазывания металлических форм в производстве железобетонных изделий) – ориентировочная стоимость тонны – 1,6 млн. рублей,
- ✓ «Бетанол-С» (Россия) - ориентировочная стоимость тонны – более 5 млн. рублей
- ✓ Addinol F10, ориентировочная стоимость тонны – до 15 млн. рублей
- ✓ СОЖ-76 - ориентировочная стоимость тонны – 1,9 млн. рублей
- ✓ «Бетол-01» - разработана сотрудниками ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси» совместно с ОАО «Завод горного воска» и применяется для смазывания металлической и деревянной опалубки в производстве изделий из ячеистого бетона, стоимость тонны около 3 млн. рублей
- ✓ ОПЛ-паста (Россия)- представляет собой концентрированный состав на основе минеральных технических масел и животных жиров (отходы шерсти овец), стоимость около 6 млн. рублей за тонну.

Несмотря на наличие на рынке РБ смазок отечественного и зарубежного производства, они не удовлетворяют все запросы потребляющих их предприятий и организаций.

Так, смазки «Эмульсол-ЭКС-А», [Эмульсол «ЭКС-М»](#), СОЖ-76 отличаются большим расходом при использовании и слабо удерживаются на вертикальных поверхностях опалубок и форм, на формах после процесса изготовления изделий монолитного бетона остаются так называемые «пригары» бетонов.

Смазка «Бетанол-С» достаточно дорогая, имеет высокую вязкость, что ограничивает способы ее нанесения и требует большого расхода смазки.

Смазка Addinol F10 также как и все импортные смазки, отличается высокой ценой. Все известные отечественные смазки производятся на основе минеральных масел.

Следует отметить, что в Европе уже отказываются от использования смазок на основе продуктов нефтепереработки и минеральных масел. Применение таких смазок небезопасно с точки зрения экологии и не подходит для современных опалубок с палубой из водостойкой ламинированной фанеры из-за разрушения защитных пленок фанеры. В последнее время сильный интерес появился к использованию в производстве смазок на основе растительных и природных жиров. Смазочная эффективность природных жиров обусловлена наличием в их составе таких полярных компонентов, как свободные жирные кислоты и спирты. Появилось много сведений о применении антиадгезионных смазок на основе биоразлагаемого сырья, то есть растительных масел, метиловых и этиловых эфиров жирных кислот. Смазка на основе биологически разлагаемых продуктов экологична в использовании, не требует смывания растворителями, так как при образовании каких-либо следов на бетонной поверхности уже через 2 недели происходит разложение остатков смазки.

В настоящее время УП «Унихимпром БГУ» совместно с НИИ ФХП БГУ и РУП «Институт БелНИИС» в рамках подпрограммы «Малотоннажная химия» ГНТП «Химические технологии и производства» выполняет проект по разработке отечественной смазки, удовлетворяющей всем современным требованиям на основе отечественного сырья.

Для получения исходных данных по разработке оптимального состава антиадгезионной смазки было проведено изучение химического состава импортных антиадгезионных смазок с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Хроматографическому анализу подверглись образцы импортных смазок Addinol F10, Peri Bio Clean и Pilozion.

Для идентификации пиков веществ использовался стандарт Supelco LB 24746 (Grain Fatty Acid Methyl Ester Mix). Для определения содержания сложных эфиров в образце по EN 14103 (Fat and oil derivatives. Fatty acid methyl esters (FAME). Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents), в качестве внутреннего стандарта использовался метилгептадеcanoат (99.7%, Fluka).

В качестве образца сравнения использовалась хроматограмма дистиллированных метиловых эфиров рапсового масла полученных в аккредитованной Лаборатории топлив, масел и кормов НИИ ФХП БГУ (рис. 1).

Условия газохроматографического анализа:

хроматографическая колонка	SupelcoWax-10 (60m, Ø 0.53mm);
тип детектора	пламенно-ионизационный;
газ-носитель	гелий;
расход газа-носителя	100 мл/мин;
делитель потока	1:20;
температура термостата	240°C;
температура испарителя	280°C;
температура детектора	280°C

На рисунке 2 приведена хроматограмма антиадгезионной смазки Peri Bio Clean. Сравнение типовой хроматограммы метиловых эфиров рапсового масла с хроматограммой смазки, позволило сделать вывод о том, что формовочная смесь Peri Bio Clean представляет собой смесь метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла. Причём, исходя из хроматограммы смазки, содержание метиловых эфиров составляет не менее 90%. Высокое

содержание метилового эфира эруковой кислот говорит о том, что для приготовления состава использовалось техническое рапсовое масло.

Таблица 1 — Хроматограмма калибровочной смеси Supelco LB 24746 при 240°C

Имя пика	Время выхода, мин	Площадь, мВ·мин	Концентрация, (%)
laurate C12:0	6.611	1.37035	7.31633
tridecanoate C13:0	7.109	0.69465	3.70878
myristate C14:0	7.767	0.70061	3.74060
myristoleic C14:1	8.145	0.37991	2.02836
pentadecanoate C15:0	8.630	0.38135	2.03604
palmitate C16:0	9.767	2.67225	14.26725
palmitoleic C16:1	10.253	1.27506	6.80760
heptadecanoate C17:0	11.254	0.64106	3.42262
stearate C18:0	13.207	1.29678	6.92354
cis-9-oleic +trans-9-elaidic C18:1	13.870	4.43860	23.69783
linoleate C18:2	15.170	2.37754	12.69376
linolenate C18:3	17.211	0.99033	5.28742
arachidate C20:0	19.113	0.34213	1.82663
eicosenoate C20:1	20.193	0.38548	2.05811
behenate C22:0	29.182	0.29173	1.55757
erucic C22:1	30.974	0.32830	1.75279

Из хроматографического и спектрального анализа антиадгезионной смазки Addiol F10 (рис. 3), следует, что эта смазка представляет собой примерно 2% раствор органических кислот в минеральном масле.

Выполненный анализ итальянской антиадгезионной смазки Pilozio (рис. 4) свидетельствует, что она содержит в своей основе ряд тяжёлых углеводородов, типа декана, ундекана, 2-фенилдодекана, 6-фенилтридекана, 3-фенилтридекан и т.п., то есть данный состав готовится из отходов нефтеперерабатывающей промышленности.

Из проанализированных образцов наиболее привлекательные характеристики продемонстрировала смазка Peri Bio Clean, полученная, как установлено проведенным анализом, метилированием технического рапсового масла. Как заявляет изготовитель (немецкая фирма "Peri GmbH"), смазка Bio Clean представляет собой биологически быстрорастворяющееся бетоноотделяющее средство для опалубок, безвредное для работающего персонала и для окружающей среды, и, кроме того, столь благотворно влияющее на финскую фанерную опалубку, что оборачиваемость последней увеличивается более чем вдвое [2].

Перед разработчиками УП «Унихимпром БГУ», НИИ ФХП БГУ, РУП «Институт БелНИИС» была поставлена цель - разработать технологию и организовать производство экологически безвредных антиадгезионных смазок на основе рапсового масла и метиловых эфиров жирных кислот, конкурентно-способных по своим эксплуатационным характеристикам с зарубежными аналогами.

Следует отметить, что в рамках подпрограммы «Малотоннажная химия» ГНТП «Химические технологии и производства» в 2007 году разработчиками НИИ ФХП БГУ была завершена разработка технологии и организовано промышленное производство смесового дизельного биотоплива из рапсового масла на ОАО «Гродно Азот». На этом предприятии введена в эксплуатацию установка непрерывного действия по производству биотоплива на основе метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла.



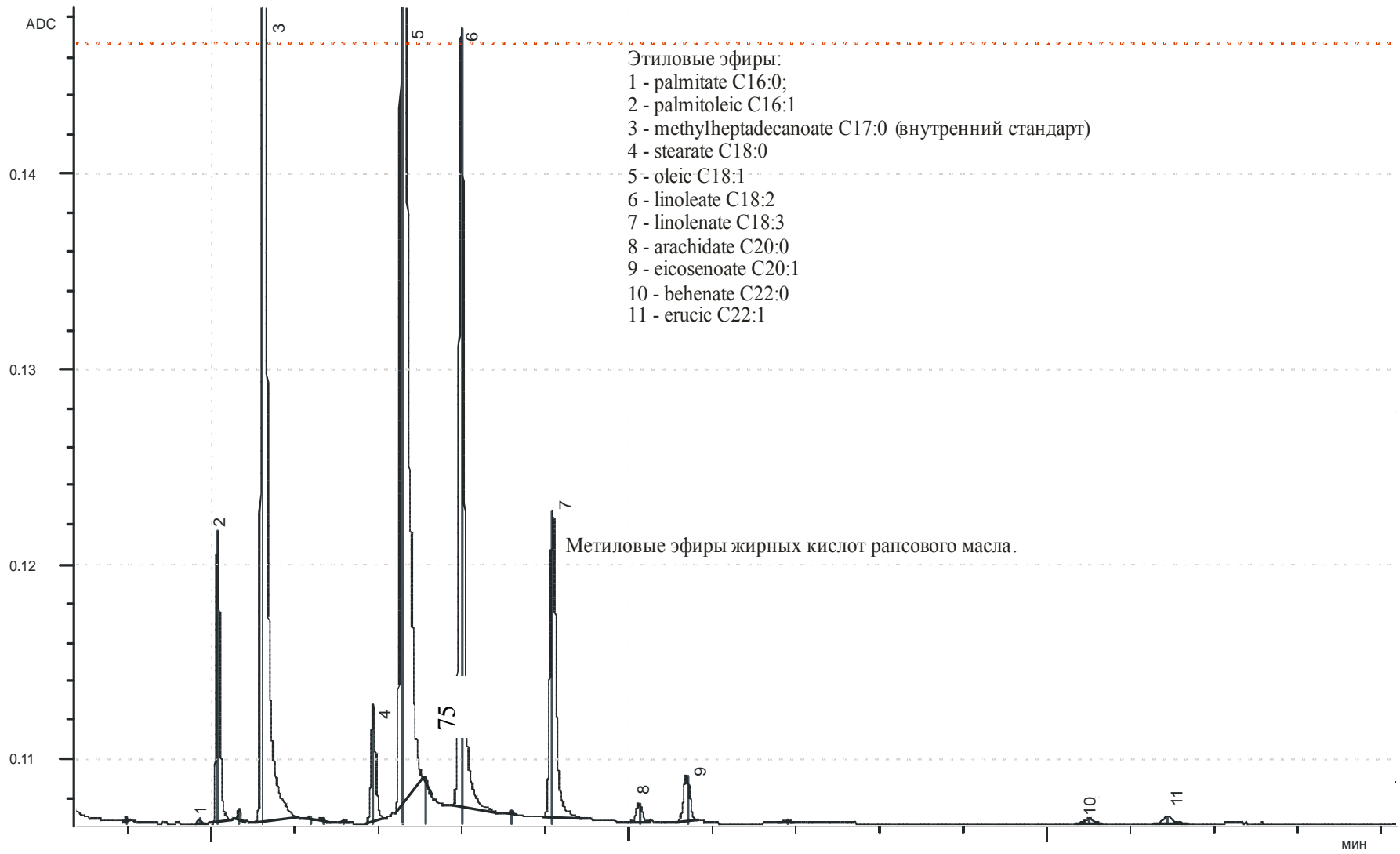


Рисунок 1 – Образец хроматограммы метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла (внутренний стандарт метилгептадодеканонат)

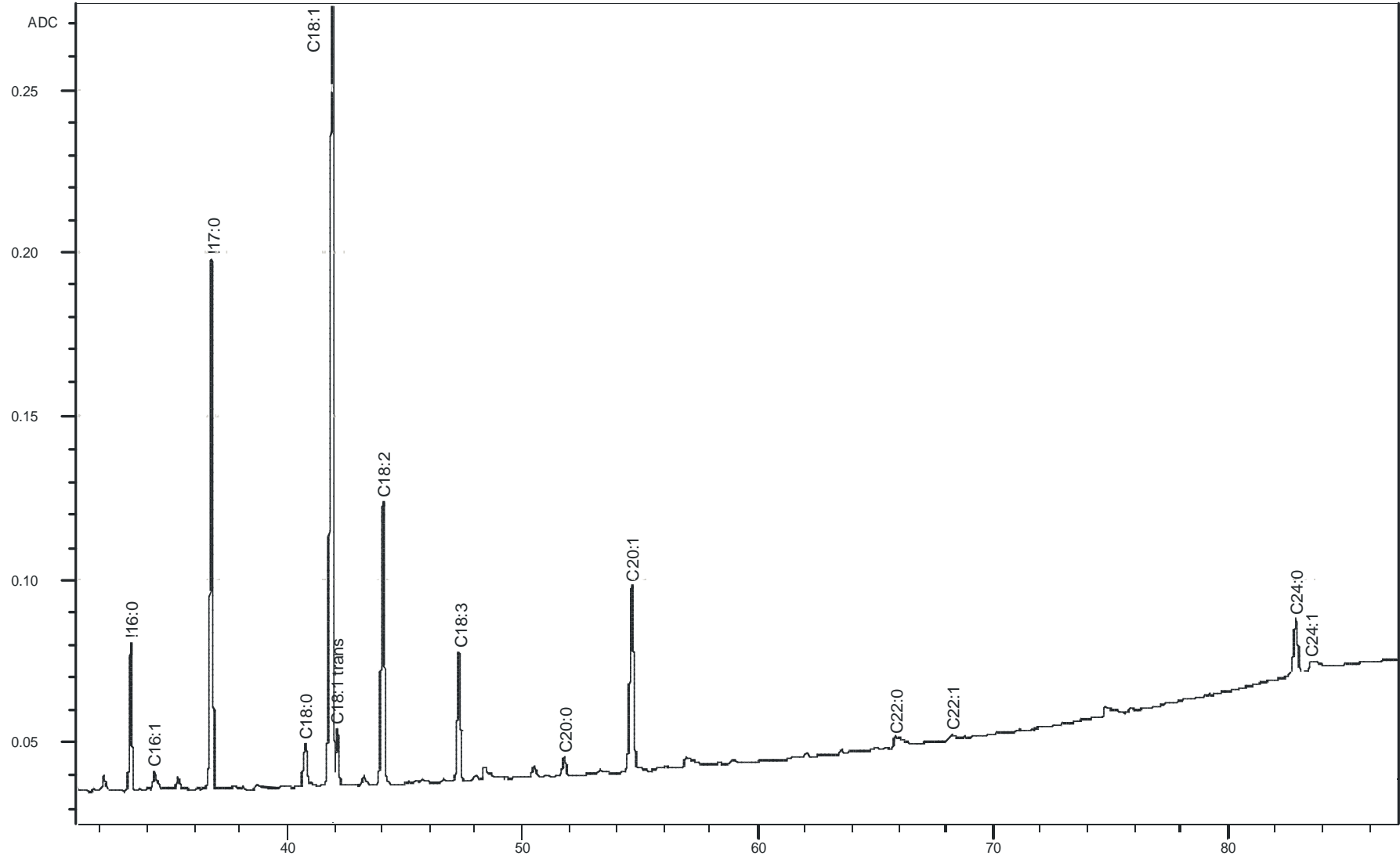


Рисунок 2 — Хроматограмма антиадгезионной смазки Perī Bio Clean

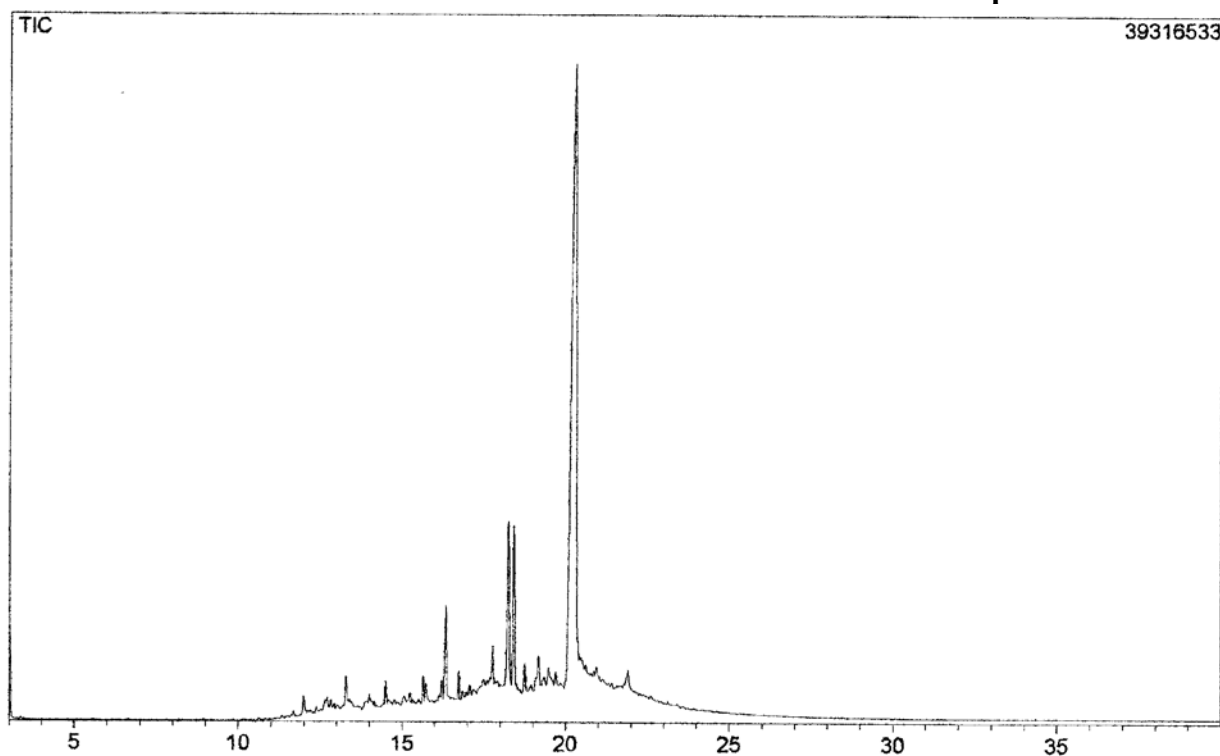


Рисунок 3 – Хроматограмма антиадгезионного состава Addinol F10.

Поэтому логично, что изготовителем разрабатываемой антиадгезионной смазки также выступил ОАО «Гродно Азот».

В ходе работы было установлено, что основным недостатком технического рапсового масла при использовании его в качестве смазки для опалубок является его высокая вязкость и появление на поверхности бетона достаточно крупных пор (Таблица 2).

Для определения оптимального состава смазки были опробованы различные композиции, состоящие из технического рапсового масла, метиловых эфиров жирных кислот (ОАО «Гродно Азот») с добавлением поверхностно-активных веществ, промышленных минеральных масел, небольших количеств неорганических кислот и соды. Были изучены физико-химические и технологические свойства образцов смазок, определены совместимость добавок в композициях с рапсовым маслом, метиловыми эфирами жирных кислот, минеральными маслами, проведены лабораторные и производственные испытания составленных композиций антиадгезионных смазок.

Композиции смазок готовились при комнатной температуре путем постепенного смешения, причем для каждой композиции был определен оптимальный порядок смешивания компонентов. Отобранные однородные устойчивые при хранении составы испытывались в РУП «Институт БелНИИС», ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», НИИ ФХП БГУ по ряду параметров:

- Кинематическая вязкость смазки при 20 °С;
- Плотность, кг/м<sup>3</sup>;
- Кислотное число, мг КОН/г;
- Коррозионная агрессивность смазки на стальную форму, изменение цвета поверхности, площадь, %;
- Коррозионное воздействие смазок на бетон, чистота поверхности бетона по ГОСТ 1707-2006, изменение цвета поверхности бетона в %;
- Температура застывания смазки, °С;
- Толщина слоя смазки, соответствующая расходу смазки 20 г/м<sup>2</sup>;
- Относительная величина снижения адгезии бетона к стали, ламинированной фанере, дереву при использовании смазки по СТБ 17087-2006, %;

- Устойчивость смазки при нагреве до 70 °С и выше;
- Определение возможности нанесения смазок на поверхность опалубок и форм при отрицательных температурах;
- Категория поверхности бетона по ГОСТ 13015.0-83;
- Определение способности смазки удерживаться на вертикальной поверхности стали, ламинированной фанеры и дерева, %;
- Расчет среднего расхода смазки на единицу поверхности различных опалубок и форм;
- Удельная эффективная активность естественных радионуклидов образцов смазки, Бк/кг.

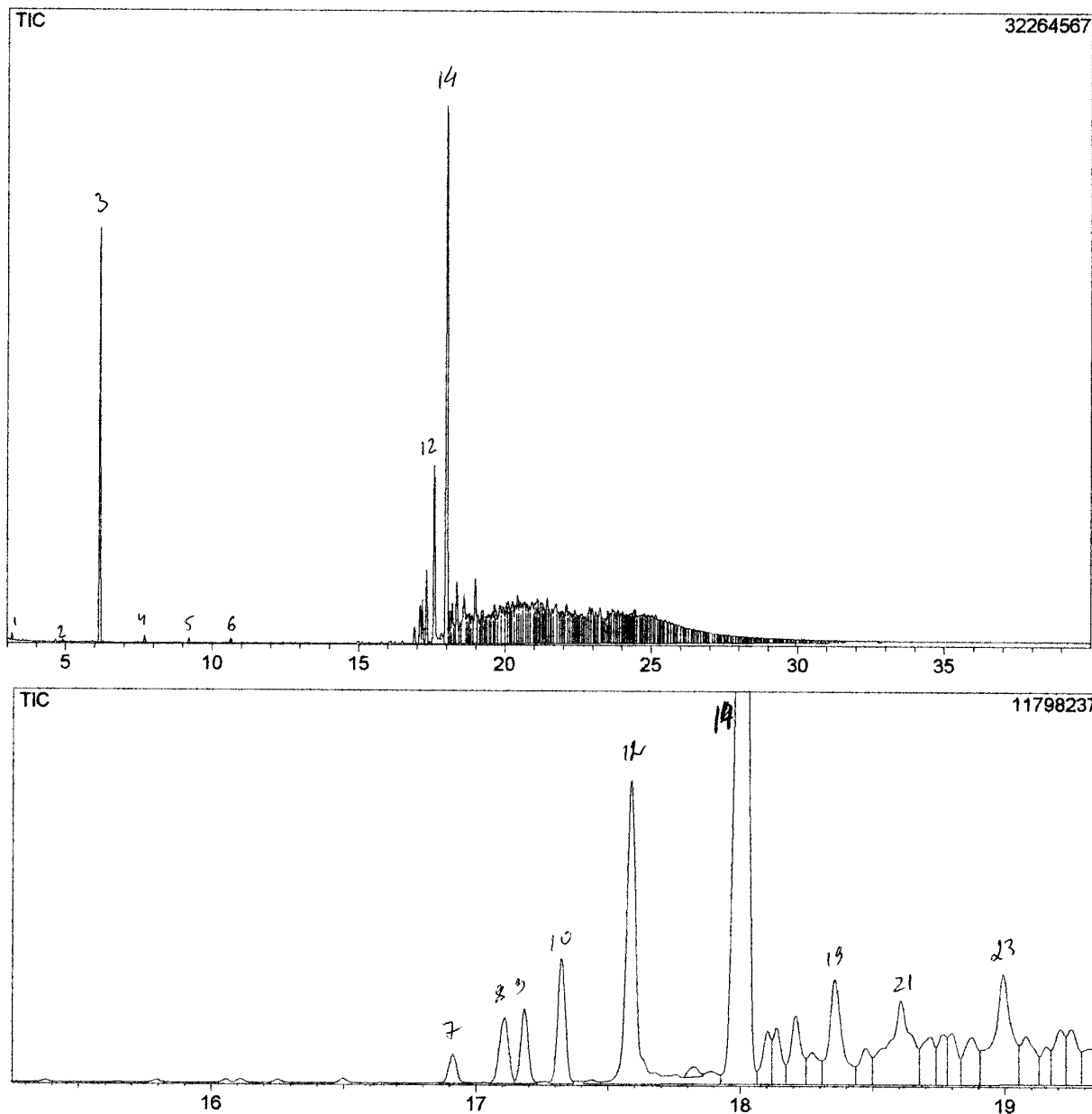


Рисунок 4 – Хроматограмма антиадгезионного состава Pilozio.

Производственные испытания образцов были проведены в условиях ОАО «Гроднопромстрой», ОАО «Гродненский КСМ», ОАО «Сморгоньсиликатобетон», ЖБК ОАО «Гроднопромстрой», ДП «Гродненский завод ЖБИ», СУ № 188 ОАО «Гроднопромстрой».



Наилучшие эксплуатационные качества продемонстрировали составы Миксбиоформ-15, Миксбиоформ-17, Миксбиоформ-18, представляющие собой композиции на основе технического рапсового масла, метиловых эфиров жирных кислот с внесенными добавками

Таблица 2 - Основные параметры разработанных антиадгезионных смазок по сравнению с показателями технического рапсового масла и метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла

Контролируемый параметр	Миксбиоформ-15	Миксбиоформ-17	Миксбиоформ-18	Рапсовое масло марки «Г»	Метиловые эфиры жирных кислот
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с при 20 °С	15	17	18	60	6,7
Абсолютное значение величины адгезии бетона к стали гс/см <sup>2</sup> /Па	1/95	1/95	1/95	0,3/30	5,9/578
Относительная величина снижения адгезии по СТБ 1707-2006, %	99,9-100	99,9	99,9	99,9	99,3
Категория поверхности бетона по ГОСТ 13015.0- 83, размер раковин, мм	A2-A3 Ø 1	A2-A3 Ø 1,0-1,5	A2-A3 Ø 1,0- 1,5	A3-A7 Ø 4,0	A3 Ø 1,2-2,0
Характеристика поверхности бетона	Поверхность бетона однородная, чистая, без маслянистых пятен	Поверхность бетона однородная, чистая, без маслянистых пятен	Поверхность бетона однородная, чистая, без маслянистых пятен	Поверхность бетона однородная	На поверхности бетона формируется тонкая пылевидная пленка неизвестного вещества
Коррозионная агрессивность смазки на стальную форму	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	Присутствует На поверхности стали образуется тонкая пылевидная пленка
Расход смазки, г/м <sup>2</sup>	18-20	18-20	20-22	18	20
Температура застывания, °С	минус 11	минус 11	минус 10-11	до минус 10	минус 10

соды в количестве 0,5-3 % по массе. В таблице 2 сведены основные характеристики полученных композиций по сравнению с техническим рапсовым маслом и метиловыми эфирами жирных кислот рапсового масла. Как видно, для разработки смазок удачным решением было добавление в техническое рапсовое масло метиловых эфиров жирных кислот, которые образуют однородную устойчивую композицию с маслом и позволяют регулировать вязкость состава. Полученные составы не вызывают коррозию бетона и стали и обеспечивают получение бетонной поверхности категории А2-А3.

Следует отметить, что разработанные смазки опробованы также на опалубках из дерева и фанеры. При этом расход смазок при нанесении на деревянные поверхности возрастал примерно в 2,5 раза. Относительная величина снижения адгезии при использовании смазок на деревянной поверхности и поверхности из ламинированной фанеры составляла практически 100 %. Во всех случаях была достигнута легкая распалубка, хорошее качество поверхности бетона и опалубки. Смазки могут наноситься как на горизонтальную, так и на вертикальную поверхности, возможно использовать как метод нанесения с помощью кисти или валика, так и распылением (смазка Миксбиоформ-15). Смазки могут наноситься на поверхность опалубок при отрицательных температурах. Согласно таблице 2, а также в соответствии с результатами испытаний в условиях потребителя можно заключить, что разработанные композиции удовлетворяют всем современным требованиям к антиадгезионным смазкам для опалубок и форм. Положительным моментом для разработанных смазок является доступность отечественного сырья и возможность использования для получения состава смазок не кондицию метиловых эфиров жирных кислот, выпускаемых на ОАО «Гродно Азот», что повышает рентабельность производства и конкурентноспособность смазок. Планируется, что промышленные выпуски разработанных смазок Миксбиоформ будут производиться на ОАО «Гродно Азот» с 2010 года.

#### **Список литературы**

1 [LifeBy.net/meryscebetsop.html](http://LifeBy.net/meryscebetsop.html) - «Меры по снижению сцепления бетона с опалубкой»

2 [www.nestor.minsk.by/sn/1997/39/sn73920.htm](http://www.nestor.minsk.by/sn/1997/39/sn73920.htm) - Строительство и недвижимость «Опалубка Peri для белорусских строителей»