

Как видно из таблицы содержание основных компонентов эфирного масла сосны  $\alpha$ -пинена и 3-карена показателя относительного жизненного состояния древостоя ( $L_n$ ) хорошо коррелируют между собой. С увеличением численного значения показателя относительного жизненного состояния древостоя возрастает содержание карена и уменьшается количество пинена.

Таким образом проведенные исследования показали, что количественные характеристики эфирного масла сосны (общее содержание, количество пинена и карена) могут использоваться для оценки относительного жизненного состояния древостоя сосновых лесов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Данчева А.В., Залесов С.В. Использование комплексного оценочного показателя при оценке состояния сосняков государственного лесного природного резервата «Семей Орманы» // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 215. С. 41–54.

2. Малашевич, Д. Г. Лесное хозяйство Республики Беларусь: современное состояние и стратегические направления развития / Д. Г. Малашевич, Е. А. Дашкевич // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2016. – № 46. – С. 31–35

3. Гончарова, Н. В. Растения и антропогенные стрессоры / Н. В. Гончарова. – Минск: Триолета, 2005. – 112 с.

4. Алексеев В. А. Диагностика повреждений деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 38–53.

5. Алешичев А. Н. Оценка жизненного состояния и поврежденности искусственных насаждений на Райчихинском бурoughольном месторождении // Вестник КрасГАУ. 2011. № 6. С. 74–78.

УДК 665.75, 637.073

О. А. Сергиевич, канд. техн. наук, доц.,  
С. А. Ламоткин, зав. каф. ФХМиОК, канд. хим. наук, доц.,  
Е. П. Богданчик, студ. (БГТУ, г. Минск)

#### **КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА БЕНЗИНА ОПТИЧЕСКИМИ И ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

Бензин – горючая смесь легких углеводородов с температурой кипения от 33 до 205 °С (в зависимости от примесей), плотностью около 0,71 г/см<sup>3</sup>), а также может содержать различные присадки для улучшения эксплуатационных характеристик. Бензины используются в качестве моторного топлива и сырья в промышленном органическом

синтезе. Автомобильный бензин по своему компонентному составу – один из наиболее сложных из всех нефтепродуктов. К качеству современных автомобильных бензинов предъявляются высокие требования, включающие в себя порядка 20 показателей качества [1]. В настоящее время для контроля качества бензина используются все известные физико-химические методы [2].

Целью настоящей работы являлось оценка ряда показателей качества бензинов различными методами: газовой хроматографии, ЯМР-спектроскопии и спектрофотометрическими.

Объектом исследования являлись бензины автомобильные марки АИ-92-К5-Евро.

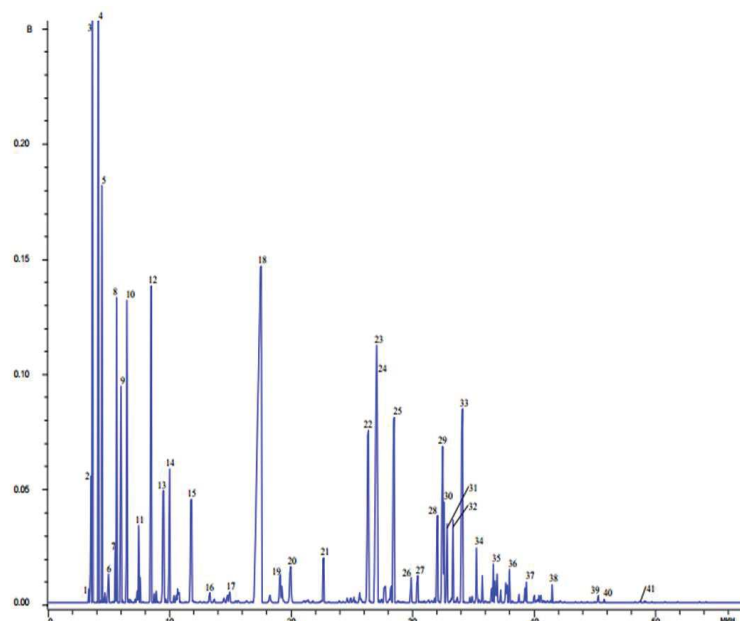
Разделение бензинов на отдельные компоненты было проведено на газовом хроматографе «Кристалл 5000.1», на кварцевой капиллярной хроматографической колонке длиной 60 м, внешним диаметром 0,2 мм и неподвижной фазой на основе 100 % полисилоксана. Хроматограмма распределения органических соединений исследуемого образца приведена на рисунке 1. В качестве газа-носителя использовался азот. Для обнаружения выходящих из колонки в потоке газа-носителя компонентов анализируемой смеси использовался пламенно-ионизационный детектор. Температура колонки задавалась с помощью программы и изменялась от 70 до 200 °С. Величина анализируемой пробы составила 0,2 мкл. Идентификация отдельных компонентов осуществлялась с использованием эталонных веществ [3].

На типичной хроматограмме бензина было обнаружено порядка 290 пиков соединений. Содержание ряда идентифицированных компонентов хорошо согласуется с литературными данными: бутан + 2-метилбутан + МТБЭ 11,6, Пентан 3,5, Гексан 4,0, Бензол 5,6, Тoluол 15,4, 2-метилгептан 0,6, Октан 0,7, этилбензол 2,7, о-ксилол 3,4, м-ксилол 2,7, р-ксилол 0,4, неидентифицированные пики 49,4.

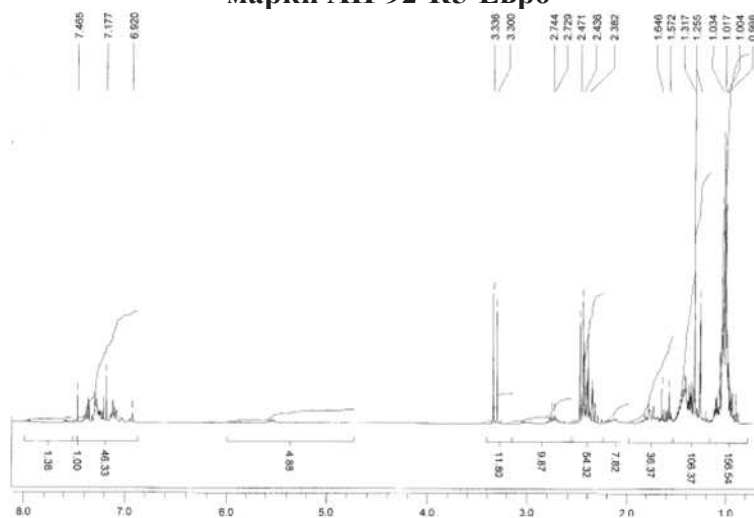
Для идентификации отдельных групп соединений в бензине в настоящее время часто используется спектроскопия ЯМР [4]. Запись спектров проводилась в количественном режиме на спектрометре *AVANCE-500* с рабочей частотой 500 МГц для ядер  $^1\text{H}$  и 125 МГц для ядер  $^{13}\text{C}$ . Для приготовления растворов исследуемых бензинов использовался стандартный растворитель – дейтерохлороформ ( $\text{CDCl}_3$ ). В качестве стандарта для измерения химических сдвигов использовали октаметилциклотетрасилоксан.

Спектр ЯМР исследуемой пробы образца представлен на рисунке 2. Подготовленные исследуемые растворы помещали в стандартные ампулы, представляющие собой калиброванные стеклянные цилиндры длиной 15 см и внешним диаметром 5 мм. Перед регистраци-

ей спектра ампула заполняется исследуемым раствором до уровня 30 мм и закрывается плотной тефлоновой крышкой, после чего вставляется в зонд.



**Рисунок 1 – Хроматограмма анализируемой пробы автомобильного бензина марки АИ-92-К5-Евро**



**Рисунок 2 – Спектр ЯМР анализируемой пробы бензина марки АИ-92-К5-Евро**

В спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  четко прослеживаются диапазоны химических сдвигов ядер водорода, входящих в определенные группировки: 0,5–1,0 →  $\text{CH}_3$ -группы насыщенных соединений,  $\text{CH}_3$ -группы в  $\beta$ -положении к ароматическому кольцу; 1,00–1,45 →  $\text{CH}_2$ -группы парафиновых цепей,  $\text{CH}_3$ -группы в  $\gamma$ -положении к ароматическому кольцу; 1,45–2,00 →  $\text{CH}$ -группы изо-парафиновых и нафтеновых фрагментов; 2,0–2,3 →  $\text{CH}_3$ -группы при моноароматических и олефи-

новых фрагментах; 2,3–2,5 →  $\text{CH}_3$ -группы при полициклических ароматических фрагментах; 2,5–4,0 →  $\text{CH}$ - и  $\text{CH}_2$ -группы при ароматических фрагментах; 4,5–6,3 → атомы водорода олефиновых групп; 6,3–7,2 → атомы водорода моноароматических соединений; 7,2–7,5 → атомы водорода бициклических ароматических фрагментов; 7,5–8,2 → атомы водорода конденсированных ароматических колец, 8,2–9,0 → атомы водорода гетероатомных ароматических колец. Весьма характерны сигналы высокооктановых кислородсодержащих добавок – метилтретбутилового эфира (МТБЭ) и третамиловометилового эфира, о чем свидетельствуют пики в области 3,34 и 3,30 м.д.

Для оценки соответствия бензинов требованиям [5] по содержанию красящих компонентов были использованы молекулярно-спектроскопические методы анализа, основанные на основном законе светопоглощения [6]. Определение оптической плотности красителей в нефтепродуктах осуществлялось по методике [7] на спектрофотометре марки ПЭ-5400УФ при длинах волн 510 и 600 нм (определяется природой красителя) и толщине слоя 3,0115 см, раствор сравнения – бензин марки АИ-92-К5-Евро без добавок. Полученные результаты измерений показывают, что усредненное значение оптической плотности изменяется в диапазоне от 0,040 до 0,201, что свидетельствует о наличии красителя в исследуемых образцах нефтепродуктов. Также по методике [7] можно производить расчет концентрации красителя ( $X$ , мг/кг) для получения нефтепродуктов с требуемой оптической плотностью.

Таким образом, используя хроматографические и оптические методы анализа, для различных марок выпускаемых промышленных бензинов можно идентифицировать и контролировать следующие качественные показатели: компонентный и вещественный состав, ЯМР-диапазоны химических сдвигов ядер отдельных групп соединений, а также величину оптической плотности бензинов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Капустин, В.М. Технология производства автомобильных бензинов / В.М. Капустин. – М.: Химия, 2015. – 256 с.
2. Карта входного контроля сырья, сырьевых компонентов, полуфабрикатов, присадок и другой продукции. – М.: Химия, 2016. – 30 с.
3. Бензины автомобильные и жидкие углеводородные смеси. Определение индивидуального и группового углеводородного состава методом капиллярной газовой хроматографии: ГОСТ 32507-2013. – Введ. 01.04.2016. – Минск: Госстандарт, 2016. – 32 с.

4. Кашаев, Р.С. Экспресс-анализ концентрации парафина и температуры застывания топлива методом ЯМР. / Р.С. Кашаев, Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 8. – С. 31–35.

5. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические условия: СТБ 1658-2015. – Введ. 01.03.2016. – Минск: Госстандарт, 2016. – 30 с.

6. Васильев, В.П. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа / В.П. Васильев. – М.: Дрофа, 2005. – 383 с.

7. Бензины автомобильные и авиационные. Метод определения интенсивности окраски: ГОСТ 20924-75. – Введ.01.01.1976. – М.: Издательство Стандартов, 1995. – 5 с.

УДК 665.5.06+674.87

А. А. Рогач, асп.,  
С. А. Ламоткин, зав. кафедрой, канд. хим. наук, доц.  
(БГТУ, г. Минск)

### **СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКСТРАКЦИИ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *PICEA***

Методы анализа статистических совокупностей служат для исследования информации, когда изменение анализируемого параметра носит случайный характер. Основными методами являются: регрессивный, дисперсионный и факторный виды анализа, метод сравнения средних, метод сравнения дисперсий и др. Эти методы позволяют установить зависимость изучаемых явлений от случайных факторов как качественную (дисперсионный анализ), так и количественную (корреляционный анализ); исследовать связи между случайными и неслучайными величинами (регрессивный анализ); выявить роль отдельных факторов в изменении анализируемого параметра (факторный анализ) [1].

Вариационное исчисление – это раздел функционального анализа, в котором изучаются вариации функционалов. Самая типичная задача вариационного исчисления состоит в том, чтобы найти функцию, на которой функционал достигает экстремального значения [2].

Задачей эксперимента является нахождение оптимальных условий экстрагирования, для получения максимального выхода экстрактивных веществ.

Для решения этой задачи был составлен и реализован в лабораторных условиях двухфакторный эксперимент с использованием матрицы планирования Коно, включающей вершины квадрата, середины