

УДК 543.429.23 : 581.192.2

Е.Д. Скаковский, канд. хим. наук, доц., вед. науч. сотр.;
Л.Ю. Тычинская, канд. хим. наук; Е.И. Гапанькова, асп., науч. сотр.;
О.А. Молчанова, науч. сотр.; И.А. Латышевич, науч. сотр.
(ИФОХ НАН Беларуси, г. Минск);
С.А. Ламоткин, канд. хим. наук, доц. (БГТУ, г. Минск)

СОСТАВ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ИССЛЕДОВАННЫЙ МЕТОДОМ ЯМР

Водные экстракты хвои сосны обыкновенной широко используются в лечебной практике для приготовления укрепляющих и лечебных ванн при ревматизме, нервных и сердечно-сосудистых заболеваниях [1]. В их состав входят сахара, органические кислоты, водорастворимые витамины, фитонциды и танины. Для установления максимальных потребительских свойств необходим анализ состава.

Анализ литературных данных показывает, что состав водных экстрактов хвои сосны, несмотря на широкое их применение, изучен недостаточно. В своем исследовании мы использовали метод ЯМР, поскольку он позволяет проанализировать одновременно все растворимые компоненты, находящиеся в экстракте в заметных количествах.

Цель настоящей работы – сравнительный анализ состава водных экстрактов хвои сосны обыкновенной, полученных из образцов, отобранных в феврале (период покоя) и мае (активный рост).

Образцы хвои собирали с нижних веток 40-летней сосны *Pinus silvestris L.*, растущей в Северном лесопарке г. Минска, 15 февраля и 15 мая 2022 года. Затем хвою высушивали до постоянного веса при комнатной температуре, измельчали и заливали дейтерированной водой (D₂O). Экстракцию проводили при комнатной температуре в течение 24 часов.

После фильтрования растворы вносили в ампулы ЯМР. Для определения содержания растворимых веществ экстракцию проводили с использованием H₂O. Количество растворимых в указанных условиях веществ в феврале составило 5,4%, а весной – 11,7%.

Спектры ЯМР были записаны на спектрометре AVANCE-500 (Bruker-Biospin, Германия) с рабочими частотами 500 и 125 МГц для ядер ¹H и ¹³C, соответственно, при температуре 20°C в «количественном» режиме.

Углеродные спектры накапливали в течение 12 ч. Для идентификации соединений в идентичных условиях предварительно были записаны ¹H и ¹³C спектры доступных сахаров и аминокислот.

В качестве внутреннего стандарта и для последующих количе-

ственных расчетов использовали добавленный в раствор трет-бутиловый спирт заданной концентрации. Химические сдвиги сигналов стандарта в протонном спектре $\delta_{\text{СНЗ}} = 1,24$ м.д., в углеродном – $\delta_{\text{СНЗ}} = 30,29$ м.д.

Анализ ^1H спектров ЯМР исследуемых экстрактов показал, что с их помощью можно идентифицировать присутствующие в незначительных количествах аминокислоты, но линии углеводов при этом перекрываются, что затрудняет их количественное определение. Спектры на ядрах ^{13}C для данных целей более приемлемы.

На рисунке приведены ^{13}C спектры ЯМР экстрактов в D_2O . Цифрами обозначены номера идентифицированных соединений, соответствующие описанию, представленному ниже в таблице.

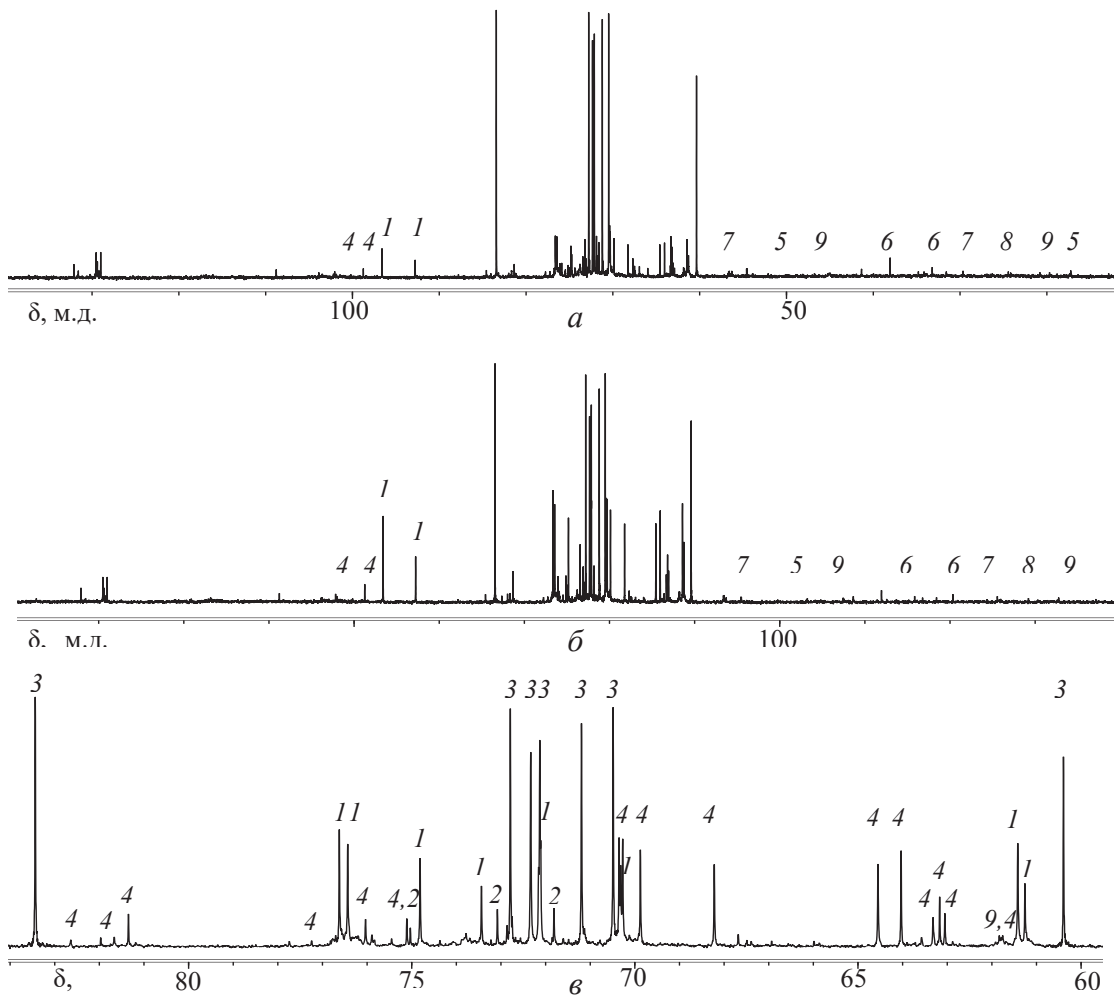


Рисунок – ^{13}C ЯМР спектры D_2O экстрактов хвои сосны: февраль (а), май(б), фрагмент спектра б (в)

Согласно спектральным данным установлено, что в экстрактах присутствуют четыре углевода: глюкоза (1), мио-инозитол (2), пинитол (3) и фруктоза (4).

Глюкоза в водном растворе существует в виде двух изомеров: α -глюкопиранозы и β -глюкопиранозы, а фруктоза – в виде пяти конформеров: α -фруктофуранозы, α -фруктопиранозы, β -фруктофуранозы, β -фруктопиранозы и кето-фруктозы. Подробное отнесение химических сдвигов этих соединений в ^1H и ^{13}C спектрах дано в работе [2].

Химические сдвиги ядер ^1H мио-инозитола приведены в [3], а ^{13}C – представлены в [4]. Наши результаты хорошо с ними коррелируют. Химические сдвиги монометилового эфира мио-инозитола приведены в базе данных [5] и соответствуют полученным результатам.

Из аминокислот в экстрактах были обнаружены: аланин (5), γ -аминомасляная кислота (6), аргинин (7), валин (8) и пролин (9). Химические сдвиги этих аминокислот подробно представлены в работе [6]. В следовых количествах присутствуют аскорбиновая и бензойная кислоты. Кроме того, в слабopольной области спектров регистрируются сигналы ароматических протонов фенольных соединений.

Содержание идентифицированных в экстрактах хвои сосны соединений представлено в таблице.

Таблица – Содержание соединений в D_2O экстрактах хвои сосны обыкновенной (мол. %)

№ п/п	Соединение	Месяц сбора образцов	
		февраль	май
1	глюкоза	11,8	19,6
2	мио-инозитол	4,1	3,1
3	пинитол	51,2	38,0
4	фруктоза	13,0	20,5
5	аланин	0,6	0,2
6	γ -аминомасляная кислота	1,0	0,8
7	аргинин	0,5	0,5
8	валин	0,6	0,5
9	пролин	2,2	1,8

Таким образом, содержание пинитола и мио-инозитола – важных с медицинской точки зрения компонентов – в зимнем образце больше, чем в экстракте весеннего образца. При этом общий выход экстрагированных водорастворимых соединений в мае выше, чем в феврале. Одновременно растет и содержание моносахаридов – глюкозы и фруктозы. Кроме того, присутствие свободных аминокислот в водных экстрактах хвои сосны обыкновенной расширяет возможности их применения для лечебных целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коноплева М. М., Дейненко И. Д. Поиск новых видов сырья сосны лесной // Вестник фармации. 2006. Т. 33, № 3. С. 38–42.
2. Скаковский Е. Д., Тычинская Л. Ю., Молчанова О. А., Колечкина А. И., Кухарчик Н. В., Капичникова Н. Г. Предварительная

оценка состава сока яблок с использованием метода ЯМР // Плодоводство. 2013. Т.25, № 1. С. 469–480.

3. Cerdan S., Hausen C. A., Johnson R., Inubushi T., Williamson J. R. Nuclear magnetic resonance spectroscopic analysis of myo-inositol phosphates including inositol 1,3,4,5-tetraphosphate // J. Biological chemistry. 1986. V. 261. № 31. P. 14676–14680.

4. Chemical book : [сайт]. URL: https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN_87-89-8_13CNMR.htm (дата обращения 23.01.2023).

5. BMRB – Biological Magnetic Resonance Bank : [сайт]. URL: https://bmr.io/metabolomics/mol_summary/show_data.php?id=bmse000103&whichTab=1 (дата обращения 23.01.2023).

6. Скаковский Е. Д., Тычинская Л. Ю., Матвейчук С. В., Каранкевич Е. Г., Агабалаева Е. Д., Решетников В. Н. ЯМР спектроскопия в исследовании водных экстрактов травы пажитника греческого (*Trigonella foenum graecum L.*) // Журнал прикладной спектроскопии. 2014. Т. 81, № 4. С 542–546.

УДК: 504.064.3

А.А. Шуба, доц., канд. хим. наук;
Т.А. Кучменко, зав. кафедрой, проф., д-р хим. наук;
Р.У. Умарханов, доц., канд. хим. наук (ВГУИТ, г. Воронеж)

ОЦЕНКА АДДИТИВНОСТИ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕНСОРОВ С ПОЛИКОМПОЗИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

При современном развитии технологических процессов для обеспечения высокой производительности работ необходима разработка новых устройств и подходов. Одним из перспективных направлений развития устройств для оценки показателей качества в биотехнологии, фармации, пищевом производстве является применение различных типов сенсоров и их массивов. Достаточно дешевыми, с высокой чувствительностью и быстрым временем отклика и регенерации являются пьезокварцевые газовые сенсоры. С их помощью можно быстро, недеструктивно получить информацию о качественном и количественном составе газовой фазы над пробой и по нему оценить свойства анализируемого объекта. При этом создание новых покрытий сенсоров является ключевым фактором, во многом определяющим аналитические характеристики сенсора. Традиционными аналитическими характеристиками пьезокварцевого сенсора являются максимальное изменение частоты его колебания за время сорбции, при использовании массива сенсоров они могут быть объединены в графические образы – «визуальные отпечатки», характеризующиеся